

31. COMMISSION DE L'HEURE

PRÉSIDENT: Mr H. M. Smith, Royal Greenwich Observatory, Herstmonceux Castle, Hailsham, Sussex, England.

VICE-PRÉSIDENT: Professor Dr N. N. Pavlov, Pulkovo Observatory, Leningrad, U.S.S.R.

COMITÉ D'ORGANISATION: L. Essen, W. Markowitz, N. Stoyko, M. Torao, F. Zagar.

MEMBRES: Abraham, Arbey, Bakulin, Belotserkovski, Billaud, Blaser, Bonanomi, Brkié, Danjon†, Decaux, Delhayé, Demetrescu, Dingle, Drâmbă, Dubois-Chevallier, Enslin, Fernandez de la Puente†, Fuchs, Gama, Gökmen, Gougenheim, Guinot, Hall (R. G.), Hers, Iijima, Koebecke, Lacombe, Lederle, Lorón, Madwar, Melchior, Mikhailov, Miyadi, Opalski, Orte Lledó, Postoiev, Randić, Sandig, Shcheglov, Shirjaev, Sternberk, Stoyko (A.), Tagaki, Tardi, Thomson (M. M.), Tsac, Verbaandert, von der Heide.

CO-ORDINATED TIME SIGNALS

The recommendations of the Xth Plenary Assembly of the International Radio Consultative Committee, Geneva 1963 (Rec. 374) were further modified at the Study Group VII Interim meeting (Monte Carlo 1965) and the XIth Plenary Assembly (Oslo 1966). The effect of the modifications has been to clarify the recommended system U.T.C. (annual offset, plus time adjustments when necessary) and to place responsibility for co-ordination on the Bureau International de l'Heure. In addition, the Oslo recommendation (Doc. VII/1012) makes formal provision for emissions with zero carrier offset but with the rate of the time signals offset, and co-ordinated with those mentioned above; also for experimental emissions in which both the carrier and the rate of the time signals is not offset. In the latter case time adjustments should also be co-ordinated by the BIH.

At the XVth General Assembly of the International Scientific Radio Union (Munich 1966) Commission 1 expressed the opinion that all the methods of operating Standard Frequency services which have been proposed contain defects which will cause increasing difficulties as the use of the services extends; and that these services must inevitably develop towards a system of uniform atomic time and constant frequency.

On the other hand, astronomers concerned with the needs of navigation consider it essential that:

- (a) the navigational ephemerides continue to use GMT (U.T.) as the time argument.
- (b) time signals, deviating by not more than 0^s.1 from U.T.2 continue to be available to navigators, preferably in the present form of U.T.C.

If radio time signals gave only A.T., it would be necessary to communicate, at least every two months, predicted values of U.T. — A.T. by radio broadcast to navigators. This procedure is far less convenient and dependable than the communication of corrections to laboratory-borne physicists. Separate emissions of U.T. and A.T. would provide a possible solution, but might prove impracticable for economic reasons.

Some dozen countries now conform to the U.T.C. co-ordination scheme, and this has led to a drastic reduction in the number of individual corrections to radio time signals published each month by the Bureau International de l'Heure. Moreover it has proved possible to reduce significantly the delay in publishing definitive corrections.

A report prepared by Professor Belotserkovsky (see page 670) describes a parallel scheme, operating in the U.S.S.R., adjacent countries and China, and co-ordinated by the Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques (IMPR). It is hoped that the two co-ordinating authorities, BIH and IMPR, may be able to come to some mutual understanding leading to the adoption of a single system in all radio time signal emissions.

CO-OPERATION WITH OTHER INTERNATIONAL UNIONS

The CCIR meetings at Oslo, 1966 were attended by H. M. Smith (representing the IAU) and B. Guinot (representing the BIH). In addition to the resolutions on the U.T.C. system of time signal emissions, co-operation between CCIR, URSI, IUGG and IUPAP was proposed in pursuing studies and experiments relative to the following problems:

- (i) how to provide both the epoch of U.T. and the international unit of time interval in the same emission;
- (ii) how the various essential requirements could be met by the emission of a single uniform time scale.

Reference was also made to the continuing problem of interference, both mutual and from other emissions, experienced on standard frequency and time signal services, particularly in the European area. This matter also received attention at the URSI meetings at Munich, 1966 and it is hoped that the various authorities concerned will be able to come to a satisfactory solution.

The CCIR recommended that emitted frequencies should now be maintained constant to $\pm 1 \times 10^{-10}$, which corresponds to a uniformity in the rate of the time signals of about 10 microseconds per day. The tabulated data on standard frequency and time signal emissions was brought up-to-date and the assistance of all authorities responsible is requested in ensuring that all changes in emission schedules are notified.

DEFINITION OF THE SECOND

A further step was taken by the Twelfth General Conference of Weights and Measures (October 1964) towards the definition of the second in terms of an atomic resonance. In recent years, it has been increasingly realized that the second of U.T.2 is unsuitable, owing to its inherent variability, as the basic unit of time interval. The second of E.T., though by definition invariable, is not readily accessible, and is therefore equally unacceptable. Progress in the development of atomic standards of frequency has demonstrated that these may now be used to make available an accurate and convenient unit of time interval. Continuously running atomic standards of frequency may also be used for the establishment of a uniform time scale.

The Twelfth General Conference of Weights and Measures considering the urgency of arriving at an atomic or molecular standard of time interval for the needs of precise metrology and that, in spite of the results obtained in the use of caesium as an atomic frequency standard, the moment has not yet come for the General Conference to adopt a new definition of the second because of new and important progress which may arise from current researches, authorised the International Committee of Weights and Measures to designate atomic or molecular standards of frequency to be employed temporarily. The committee declared that the standard to be so employed is the transition between the hyperfine levels $F = 4, M_F = 0$ and $F = 3, M_F = 0$ of the fundamental state $^2S_{1/2}$ of the atom of caesium 133, not perturbed by external fields, and that the value of 9 192 631 770 hertz is assigned to the frequency of this transition.

It will be noted that the caesium frequency adopted is that determined in 1958, (Markowitz, Hall, Essen and Parry. *Phys. Rev. Lett.*, **1**, 105, 1958), and now in general use. Recent redeterminations which take account of the effects of the adoption of the revised system of astronomical constants have shown that there is no practical need to revise this value (e.g. Nicholson and Sadler, *Nature*, **210**, 187, 1966). At this stage the choice of caesium as an interim standard is favoured on practical grounds: there are many caesium standards in use in many different countries; comparisons between caesium standards of slightly different construction exhibit no significant frequency deviations.

It is not certain that caesium may be the best final choice, as the stabilities now believed to be obtainable under laboratory conditions (month long samples) are quoted by R. F. C. Vessot (Varian Associates) as

Rubidium gas cell	5×10^{-11}
Caesium beam	3×10^{-12}
Hydrogen maser	3×10^{-14}

On the astronomical side it is anticipated that a more accurate relationship between atomic frequencies and the second of E.T. may be possible within the next few years. There are various complications: it has been suggested that relativistic gravitational effects on quantum transitions may produce a periodic term between A.T. and E.T. with an amplitude of 3×10^{-10} and a period of one year, (S. Aoki, *Astr. J.*, **69**, 221, 1964): there are reasons to suppose that there may be an acceleration between A.T. and E.T. On the other hand, the linking of A.T. and E.T., both in the unit of time interval and in epoch, might be a useful simplification and, as the astronomer only requires E.T. to an accuracy of about 0.1 seconds, tolerable mutual departures should be achieved without further adjustment for many decades.

THE EPOCH OF EPHEMERIS TIME

The formal definition of the epoch of Ephemeris Time, as adopted by the General Assembly in 1958 (*Trans. IAU*, **10**, 72, 1960, Resolution No. 2) on the recommendation of Commissions 4 and 31, specifies the measure of E.T. at the instant at which the geometric mean longitude of the Sun was $279^{\circ} 41' 48''.04$. However, as subsequently pointed out by Professor Danjon and incorporated in the report of the meetings of Commission 4 (*loc. cit.* p. 97), this definition depends on the adopted value of the constant of aberration. The IAU system of Astronomical Constants (*Trans. IAU*, **12**, 593, 1966), which was adopted by the Twelfth General Assembly in Hamburg (*loc. cit.*, p. 95, Resolution No. 4), introduces a change in the adopted value of the constant of aberration from $20''.47$ to $20''.496$.

It would appear that, to accord strictly with the formal definition, it is necessary to increase the measure of E.T. at any instant by $+ 0''.63$, to apply a correction of $- 0''.346$ to the mean longitude of the Moon, and to apply smaller (but more complicated) corrections to the ephemerides of the planets.

Pending consideration of the possibility of revising the definition these corrections have not been incorporated into the national and international ephemerides for 1968.

There are several alternative possibilities, one of which is, of course, to adhere strictly to the present definition; these possibilities are being examined by Commission 4 and its considered recommendation will certainly be the subject of discussion with Commission 31 in Prague. If a revised form of definition is recommended, it may be possible and desirable to specify the numerical constants in the definitions of the epochs of *both* Ephemeris Time and Atomic Time in such a way that the two scales can be linked as precisely as their characteristics allow.

TRAVELLING CLOCK EXPERIMENTS

The feasibility of transporting clocks by air in order to make microsecond comparisons between standard clocks in widely separated locations was first demonstrated by Reder and Winkler in 1959.

Since then, a number of quartz and caesium clocks have been used to make precise comparisons between selected pairs of establishments. In addition, the Hewlett Packard Co. have made tours which have included a number of establishments in the U.S.A. and in Europe. In 1964 comparisons were made between U.S.A. and Switzerland. In February–March 1965, a similar experiment included comparisons at 21 establishments in 11 different countries.

The synchronization between California and Japan was also verified by a U.S. Navy experiment employing artificial satellite Relay II. In May–June 1966 a further tour by Hewlett Packard caesium standards embraced 25 establishments in 12 different countries. Comparisons with local standards were made to accuracies of the order of 0.1 microseconds, and the closing error, after one month, was less than one microsecond.

TRAVEL TIME OF RADIO TIME SIGNALS

Direct comparisons between clocks at distant stations, established to microsecond accuracy by means of flying clocks, permit the measurement of travel times of radio time signals and hence the determination of the effective speed of propagation, assuming a great-circle route. In this way trans-Atlantic speeds have been determined at 15 MHz (using WWV) and for VLF radio time signals. Great care must be taken to measure all lags associated with reception and measurement. In general the results for HF emissions (Band 7) confirm the extensive series of tests carried out by the Tokyo Astronomical Observatory. An attempt to measure LF travel times between European stations which had been linked by the 1966 Hewlett Packard flying clock programme proved disappointing, owing to the errors of reception and measurement which are of overriding importance in view of the short radio paths involved. For VLF signals useful supplementary information has been obtained from an extensive study undertaken by the Royal Aircraft Establishment, Farnborough, England, in connection with VLF aircraft navigational aids. For this purpose, phase velocity is of interest, whereas for time service applications it is the group velocity which is important. Results in the 10–14 kHz band are scheduled for publication by Burgess and Rawles in *Radio Science*. From results so far available, it appears that for a path over the sea, the effective propagation speed at 16 kHz is 298 km/ms.

REPORTS OF OBSERVATORIES AND LABORATORIES

Australia. Canberra

The Mt Stromlo Observatory clock equipment has been rebuilt so that linear phase comparators continuously record the minor differences between co-ordinated systems. New crystals, VLF tracking receivers, steerable antenna and emergency power plant have been installed. A caesium beam frequency standard is on order. Continuous comparisons by landline are made with a rubidium frequency standard at the tracking station D.S.I.F. 42.

Mention should be made of recent progress by independent collaborating organizations. This was discussed at a Symposium on Time and Frequency that was held at the Observatory on 7 and 8 October 1965. The Postmaster-General's Department now maintains continuous time signal transmissions from VNG, Lyndhurst, Victoria. The Weapons Research Establishment, Salisbury, South Australia makes comparisons of VNG, VHP and WWVH, which are sent to the BIH. The National Standards Laboratory, Sydney, is building two hydrogen masers.

Belgium. Uccle

(1) *Instruments:*

Les observations à l'astrolabe Danjon, en service depuis juillet 1962, sont intensifiées depuis janvier 1965. Les enregistrements des observations astronomiques se font sur des chronographes électroniques perforateurs ATEA (de construction belge) qui assurent le millièème de seconde. Nous disposons depuis 1960 de 2 oscillateurs à quartz, 1 MHz, Rohde et Schwarz. Les réceptions horaires se font sur oscilloscope au 0.0001 depuis le 15 février 1965. Un récepteur 'Racal' de 10 kHz à 30 MHz est en service depuis 1965.

(2) *Publications:*

(i) L'installation de l'astrolabe Danjon à Uccle, par P. Sanders, *Communication de l'Observatoire Royal de Belgique*, no. 230, 1964.

(ii) Dédution du phénomène de précession-nutation à partir de la marée terrestre, par P. Melchior, *Académie Royale de Belgique, Bulletin de la Classe des Sciences*, 5^{ème} Série, 51, no. 1, 24, 1965.

Brazil. São Paulo

Observations are made with a Danjon astrolabe (OPL 33). The equipment in use includes two Sulzer-Hewlett-Packard quartz clocks, printing chronograph Belin, radio-receiver Collins, integrating chronograph by Ebauches, a Rubidium Frequency Standard (General Technology) and a Dymec VLF receiver. The last three instruments are not yet in regular use. The reductions are performed on an IBM 1620 computer owned by the S.P. University. Observational programme contains 11 groups with 26-28 passages each. The list of stars contains 279 FK4 and 13 FK4 Sup. stars. Regular reporting to the BIH is delayed by acute shortage of observing and auxiliary personnel.

Canada. Ottawa

The former transit and meridian circle rooms have been combined into a thermally controlled time laboratory. A commercially built caesium clock provides a frequency reference to a part in 10^{11} . Its performance is compared daily with the long beam at the National Research Council. Time signal emissions CHU have remained unchanged except for a rubidium vapour atomic standard for direct control of frequency. Voice announcement of time each minute is made in both French and English. Time and Latitude bulletins are published quarterly.

Czechoslovakia. Prague

A new method for the microsecond clock comparison was developed by the Institute of the Radioelectronics and the Astronomical Institute (both of the Czechoslovak Academy of Sciences) and verified in November, 1965 between Prague and Potsdam. Being fully compatible with the ordinary TV transmission the method is based on the use of TV frame-synchronizing pulses. The regular comparisons of the main clocks in Prague and Potsdam are made weekly since January 1966.

France. Besançon

Modification dans l'équipement du service:

On a installé deux nouveaux étalons de fréquence; une horloge Sulzer (2, 5 MHz); un garde-temps Hewlett Packard (5 MHz); un chronographe totalisateur Ebauches; utilisation d'un oscilloscope bi-courbe permettant la mesure des signaux horaires à l'aide d'un signal de référence.

Recherches et expériences:

Mesure des températures à la surface du prisme de l'astrolabe à l'aide de thermistances; étude spéciale du signal HBG émis par l'Observatoire de Neuchâtel; étude de l'évolution du T.U.2 mesuré à Besançon; établissement d'une échelle de temps atomique locale à l'aide du maser à NH_3 du Laboratoire de l'Horloge Atomique de Besançon et tentative d'emploi d'un tube à césium.

Publications:

Etablissement d'une échelle de temps atomique à l'aide du maser M_4 du Laboratoire de l'Horloge Atomique, par P. Benevides (*Annales Françaises de Chronométrie*, 3^{ème} trimestre, 1964).

France. Paris

En 1965, l'Observatoire de Paris a été pourvu d'un étalon atomique commercial à jet de césium (Pickard and Burns). Cet étalon sert d'une manière discontinue, pour le contrôle journalier d'une horloge à rubidium. Les phases de 3 stations VLF sont enregistrées en permanence; les résultats, rapportés à l'étalon au césium, sont diffusés auprès des laboratoires intéressés.

Depuis le 1^{er} avril 1966, les signaux horaires de l'Observatoire de Paris (FTH42, FTK77, FTN87, FTA91) sont émis en temps coordonné dérivé de l'échelle de temps associée à notre étalon à césium. Ils seront réajustés par de petits sauts si nécessaire.

Un nouveau type de chronographe imprimant et totalisateur a été mis au point par Monsieur Parcelier.

Monsieur N. Stoyko et Madame A. Stoyko

Depuis le dernier rapport M. N. Stoyko et Mme A. Stoyko ont déterminé pour le Service International Rapide des Latitudes (SIR) la polhodie interpolée du 17 octobre 1963 au 9 avril 1965 et la polhodie extrapolée du 5 janvier 1964 au 28 juin 1965 (*Circulaires du SIR*, nos. 92-109). De plus, ils ont extrapolé les variations saisonnières de rotation de la Terre pour les années 1964 et 1965 (*Bulletin Horaire*, Série 6, nos. 3 et 8) qui sont nécessaires pour le calcul de T.U.2.

M. et Mme Stoyko ont étudié la variation aléatoire et la variation progressive de la rotation de la Terre en utilisant les étalons atomiques pour la période de 1955 à 1965 inclus. Ils ont trouvé qu'en plus des variations aléatoires à courte durée il existe les variations séculaires et à longue période dans la rotation de la Terre. Ainsi, pour l'étude des influences météorologiques et solaires sur la rotation de la Terre, il faut éliminer préalablement ces variations à longue durée.

M. et Mme Stoyko ont étudié la précision de l'intégration du temps atomique depuis 1955. En comparant les différentes échelles atomiques de temps on constate les variations des différences systématiques de 1 à 3 ms pour un intervalle de 5 dernières années, soit de 0.6 à 2×10^{-11} pour la fréquence. Par conséquent, d'après M. L. Essen, la précision du temps atomique intégré est meilleure que celle avec laquelle on peut se repérer individuellement à la raie de césium.

M. et Mme Stoyko ont étudié les variations séculaires des longitudes dont les résultats ont été présentés au Symposium sur les Mouvements Récents de l'Ecorce Terrestre à Aulanco. Ils ont trouvé un accord avec les résultats de trois Opérations Internationales des Longitudes.

M. N. Stoyko a rédigé le *Bulletin Horaire*, Série 6, les numéros de 3 à 9 en donnant les résultats de l'heure demi-définitive (Observatoire de Paris) jusqu'à juin 1964 inclus. Il a introduit l'utilisation du temps coordonné à l'Observatoire de Paris depuis le 1^{er} novembre 1963.

Il s'occupait jusqu'à octobre 1964 du développement de l'utilisation du temps atomique à l'Observatoire de Paris. Il a tracé un bref historique du Bureau International de l'Heure (40 dernières années de l'activité de cet organisme) en insistant surtout sur le progrès effectué dans la précision de la conservation et de la distribution de l'heure.

Madame Stoyko a comparé l'échelle du temps atomique intégré avec celle du temps des Ephémérides en utilisant les derniers résultats des réductions d'occultations d'étoiles par la Lune pour la période de 1958.5 à 1961.5 qui ont été aimablement communiqués par Mrs Sadler. Ces résultats ont été calculés dans le système d' 'Improved Lunar Ephemeris'. Elle a trouvé pour la fréquence correspondante de césium la valeur de 9 192 631 799 Hz qui est en bon accord avec les résultats publiés par les astronomes japonais (Sh. Iijima, Sh. Aoki et d'autres). Cette valeur diffère presque de 30 Hz de la valeur conventionnelle adoptée (9 192 631 770 Hz).

En utilisant les corrections de la théorie de la Lune de Brown déterminées par M. W. Eckert, Madame Stoyko, aidée par M. N. Stoyko, a trouvé pour la fréquence de l'étalon de césium la valeur de 9 192 631 771 Hz, en utilisant les occultations mondiales de la Lune calculées par l'Observatoire de Greenwich, les observations méridiennes de la Lune à Washington, ainsi que les occultations d'étoiles et les observations méridiennes de la Lune observées au Japon. Cette valeur de fréquence de l'étalon à césium est en bon accord avec la valeur conventionnelle. De plus, Mme Stoyko a calculé les corrections nouvelles du temps des Ephémérides à partir de 1881.

Si le terme qui dépend de $\sin 2(\pi_1 - \Omega)$ existe réellement, il doit apparaître dans les valeurs brutes de ΔT de la réduction du temps universel au temps des Ephémérides. En prenant les valeurs brutes annuelles de ΔT depuis 1881, Madame Stoyko a trouvé pour le coefficient de ce terme qui a la période de 3 ans la valeur de 0.113. Cette valeur est en bon accord avec la valeur d'Eckert.

Ainsi, se pose la question du tableau de ΔT qu'on publie dans les grands Annuaires astronomiques (American Ephemeris and Nautical Almanac, Connaissance des Temps, etc.). Il faut qu'on le remplace par un tableau amélioré.

Madame A. Stoyko a tiré des conclusions sur la précision de l'heure définitive en 1962 et 1963. Elle a donné les corrections pour la réduction des heures définitives dans un système uniforme et au pôle moyen de l'époque depuis 1931. De plus, elle a montré le progrès accompli dans la conservation internationale de l'heure (heure définitive) au cours de 42 ans. La précision a augmenté, en moyenne, de 9 fois.

Elle a déterminé la réduction de temps atomique intégré à l'échelle conventionnelle absolue depuis 1961 en utilisant les résultats des étalons atomiques des laboratoires de Boulder, Neuchâtel et Teddington.

Madame Stoyko a fait la discussion des résultats des longitudes pendant l'AGI et la CIG (1957.5-1960.5). Ce mémoire (371 pages) est publié dans les *Annales de l'Année Géophysique Internationale*. Pour cette discussion elle a utilisé le temps atomique intégré et différents systèmes de coordonnées du pôle instantané. Elle a calculé les longitudes en utilisant, en plus des coordonnées du pôle d'après le SIR, les coordonnées du pôle instantané ramenées au pôle moyen de l'époque et les coordonnées du SIL ramenées au pôle nouveau '1900-05'. Toutes les longitudes ont été réduites au catalogue FK4.

En utilisant les résultats de trois Opérations Internationales des Longitudes ramenés tous au catalogue FK4 et au pôle moyen de l'époque, Madame Stoyko a trouvé les variations séculaires des longitudes qui sont d'accord avec les derniers résultats:

- (1) Une augmentation de la différence des longitudes entre le Japon et l'Amérique du Nord;
- (2) Une diminution de la différence des longitudes entre l'Amérique du Nord et l'Europe.

Madame Stoyko a rédigé le *Bulletin Horaire*, Série G (nos. 23 et 24) et Série H (nos. 1 à 6) qui contiennent les heures définitives pour la période de septembre 1962 jusqu'à décembre 1963.

Germany. Dresden

Coordinated time signals, DIZ (4525 kHz) are controlled by the Geodetic Institute, Potsdam, Department of Astronomy where, in 1964, was installed a new system of three crystal clocks (Normalzeitanlage) by Rohde and Schwarz, Munich. Additional ancilliary equipment and part automation has also been installed.

The astronomical determinations of time have been made at Potsdam. During the period under review 567 observations have been secured with the three available transit instruments and 506 with the Danjon astrolabe. The latter instrument was used in conjunction with an Ebauches automatic printing chronograph presenting mean values.

Forty-three visual observations of occultations were received, reduced and published to assist in the establishment of ephemeris time. Oscillographic measurements of signals received from some 20 transmitting stations are published in the monthly bulletins of the institute. During former years (1957-62) such results were published in a supplement.

A comparison of the standard clocks at Potsdam and Prague has been effected using the television net of directed ultrashort waves. Accuracy attained is of the order $1 \mu\text{s}$. Subsequently, similar accuracy was obtained by a simple method of comparison using the normal television programme received at the two stations.

Experiments have been made upon the behaviour of quartz crystals subjected to artificial ageing processes.

Analyses of the time observations have been made to ascertain the effects of systematic influences associated with the type of instrument used, atmospheric effects, etc. Corrections to the places of the stars observed have also been determined.

A series of observations was undertaken in May 1966 for the determination of the longitude differences of the Latitude station Borowiec of the Polish Academy, the Geodetic Institute, Potsdam and the Lohrmann-Institute, Dresden. These observations, which involved the interchange of observers, have been completed.

Germany, Hamburg

Determinations of Universal Time with the PZT were continued. The observed Universal Time was referred to the DHI quartz clocks and to the atomic time system of the Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig.

The DHI time signals give Co-ordinated Time since the beginning of 1965. The reference frequency is derived from registrations of LF and VLF standard frequency transmissions. Since 1965, a time signal of the English type has been transmitted at 0^{h} and 12^{h} U.T. after the Onogo time signal by the station DAN, 2614 kHz.

At the transmitting station of DCF77 a rubidium gas cell is to be installed by the Physikalisch-Technische Bundesanstalt.

Hewlett-Packard flying clock experiments included time comparisons at the DHI. From measurements of WWV HF transmissions there resulted an effective surface speed of 285 km/ms and 283 km/ms, for the March 1965 and June 1966 experiments, respectively. A speed of 291 km/ms was obtained from super-propagation receptions of DAM 16980 kHz transmissions during the northern winter.

Japan, Tokyo

In order to determine the values of ΔT , occultation observations were made by the Hydrographic Office of Japan at the head office in Tokyo and three branch observatories in Japan. The results obtained by the observations with photoelectric registration are as follows,

Epoch	ΔT_0	n	p.e.	limb corr.
1958.5	31.03	28	± 0.12	Weimer's
59.5	32.12	36	0.15	"
60.5	32.04	47	0.15	"
61.5	32.07	30	0.24	"
62.5	32.35	25	0.21	"
63.5	33.03	15	0.14	Watts'
64.5	33.85	43	0.18	"

The observations were all referred to the NZC catalogue.

Utilizing the various data of $\Delta T = (\text{E.T.} - \text{U.T.2})$ as compared with those of $(\text{A.T.} - \text{U.T.2})$, the value of the caesium frequency was examined in Tokyo. Data of ΔT from 1955 to 1959 (To. Occ., Wld., Occ., To. Mer., Wa. Mer., and Wa. M.C.) and those from 1955 to 1962 (To. Occ. and To. Mer.) gave the values of $9\,192\,631\,799 \pm 17$ Hz and $9\,192\,631\,794 \pm 10$ Hz respectively. Moreover, the recent calculation by the use of ΔT from 1955 to 1964 (same series of material) also gave the result of $9\,192\,631\,797 \pm 5$ Hz (S. Iijima, 1965).

With the introduction of the new astronomical constants it became necessary to apply a correction to the values of ΔT so far obtained (W. Nicholson, 1966). The average rate of $\Delta(\Delta T)$ from 1955 to 1964 amounts to -29 Hz in a correction to the caesium frequency. Thus the conventional value of $9\,192\,631\,770$ Hz was proved appropriate, the error being, by chance, just cancelled by the new astronomical constants.

The time signal JJY on HF standard frequencies have been emitted continuously under the international co-ordination of transmission. Besides these, a LF standard frequency transmission on 40 kHz was commenced in January 1966 with the call sign JAG2AS. These standard frequencies have been monitored by the NH_3 maser type frequency standard operated in the Radio Research Laboratories (R.R.L.). The time signal JAS22 on 16 170 kHz has been emitted exclusively to Europe every day around 12^h00^m U.T., being monitored directly by the Tokyo Astronomical Observatory (T.A.O.).

A clock synchronization experiment was carried out between the U.S.A. and Japan via the artificial satellite Relay II in February 1965. Another synchronization experiment using the flying clock (Hewlett Packard Inc.) was made in parallel in February 1965 and again in June 1966.

Measurements of the apparent velocity of radio time signals have been effected since 1957 between Prague and Tokyo. The available signals are OMA (18 985 kHz) from Prague and JAS22 (16 170 kHz) from Tokyo. From 374 pairs of data so far obtained, a close relationship between the apparent velocity, v_a , and the Wolf sunspot number, r , has been found. (S. Iijima and G. Shibutani, T.A.O., and V. Ptáček, Czechoslovak Academy Astronomical Observatory). The result is given below,

$$v_a = 284.9 - 0.055 (r - 100) \text{ km/ms} \\ \pm 0.1 \pm 0.002$$

The standard deviation of $(O - C)$ for a single datum was ± 2.4 km/ms.

Frequency of GBR (16 kHz) or GBZ (19.6 kHz) has been measured in the T.A.O. with reference to the standard frequency furnished by the R.R.L., since August 1964. The diurnal phase variation of the signal as received was studied. Day to day fluctuation in time of arrival showed a standard deviation of about ± 5 micro-seconds which corresponds to a standard deviation in the derived frequency of about $\pm 6 \times 10^{-11}$. The amplitude and phase relations in the diurnal phase variation have been satisfactorily explained by the distribution of day and night-time zone on the propagation route.

South Africa. Johannesburg

Throughout this period time signals and standard frequencies, as broadcast by station ZUO, were derived from a 100 kHz ring crystal oscillator, supplemented by five GT crystal oscillators. The frequency was regularly adjusted on the basis of daily phase comparisons with the VLF transmissions from GBR and NBA. This was found entirely adequate until the end of 1965, but became unsatisfactory at the beginning of 1966 when GBR transmissions ceased. The diurnal variation of NBA as received at Johannesburg is very nearly two cycles of the present carrier frequency of 24 kHz (as compared to approximately one cycle for GBR) and, as good reception from NBA can be obtained for only part of the day, it is often difficult

to determine whether a cycle has been gained or lost during the preceding 24 hours. The stability achieved in 1965 was therefore not maintained in 1966, and time signal deviations have occasionally exceeded 2 milliseconds.

The absolute difference between local and overseas time standards remains in doubt, and while several methods have been proposed for determining this difference, no finality has yet been reached.

To overcome the above difficulties, a caesium beam frequency standard (Hewlett-Packard) was acquired in October 1966, and immediately put into use. It is too early to report on its performance, but results so far have been in every way satisfactory. A more versatile VLF comparison receiver is to be installed shortly. Other changes of a minor nature have been mainly connected with the transfer of time apparatus from the old to the new building.

It would seem desirable that the IAU should once again stress, to the authorities responsible for the transmission of VLF signals, the great value of these signals for frequency and time interval determination throughout the world, and the undesirability of frequent changes in carrier frequencies or transmission periods.

Spain. San Fernando

During the interval 1963–66.5 continued observations of various time signals, made in order to select the most convenient for long distance time synchronization of our crystal clocks, revealed a very good stability for MSF 10 MHz signals during certain intervals in the morning hours. Accuracy obtained was only comparable with that of the LF signals from the HBG new emitter.

To complete synchronization a knowledge of the time of propagation is necessary. To secure this information an experiment in collaboration with the Smithsonian Institution using a portable clock has just been carried out.

The calculations of travel time, based independently on two measurements made at Rugby, resulted in the same value.

$$\text{MSF 10 MHz Rugby-San Fernando} = 0^{\circ}0074$$

Assuming that MSF, HBG and WWV were synchronized to each other with an accuracy better than $0^{\circ}0001$, it may be deduced that

$$\begin{array}{lll} \text{HBG Prangins-San Fernando} & = & 0^{\circ}0058 \\ \text{WWV Greenbelt-San Fernando} & = & 0^{\circ}0215 \end{array}$$

The propagation time of WWV was also determined by the Astrophysical Observing Station which used the same portable clock. Their values agreed with our result based on indirect methods. It is hoped that synchronization between San Fernando and both MSF and HBG will, in future, be maintained to an accuracy of $\pm 0^{\circ}0001$.

Switzerland. Neuchâtel

Time determinations have been continued with the PZT. The observations at the Vuedes-Alpes station with the Danjon astrolabe were discontinued in 1965.

Time signal and standard frequency transmission from HBN, based on caesium and thallium beam standards, continued till the end of 1966 when HBN was definitely replaced by HBG.

Since 1 January 1966, a new standard frequency and time signal service has been transmitted by the LF-transmitter HBG on 75 kHz, located at Prangins on the lake of Geneva. The power of 20 kW enables the uninterrupted transmissions to be received throughout Europe, without interference and independent of ionospheric disturbances. Carrier and time

signals are based on a rubidium frequency standard having a day to day stability of better than $\pm 10^{-11}$. It is regularly calibrated against caesium frequency standards via VLF and flying clocks, to retain an absolute accuracy of $\pm 2 \times 10^{-11}$.

Taiwan. Professor Tsao

The methods and instrumentation of the time service have continued unchanged.

Turkey. Istanbul

Preliminary observations for time are being made with a Bamberg-Askania transit instrument using an Omega printing chronograph. A second quartz clock by Rhode and Schwarz has been installed.

A Danjon astrolabe will be installed in 1967.

An oscilloscope has been used for the reception of time signals. Continuous frequency comparisons with the 75 kHz transmission of HBG will commence early in 1967.

The time signals transmitted by station TAO₃ on 7615 kHz were kept within ± 5 milliseconds of those of FTK77.

U.K. National Physical Laboratory, Teddington

The long caesium beam tube has continued to operate as the standard and the accuracy has been doubled, to one part in 10^{11} , by careful attention to the field conditions. Its precision should enable it to be used with an accuracy of one part in 10^{12} , and a commercial equipment has been purchased so that more extensive experimental work with this object in view can be carried out on the beam standard. Two commercial rubidium gas cells are used as working standards at the NPL and similar standards are being installed to control the MSF standard frequency transmissions. The 60 kHz transmissions have operated 24 hours per day since May 1966. When atomic control is installed in the latter part of 1966 the carrier frequency will be maintained at its nominal value and the offset will be applied to the time signals by means of a continuously operating phase shifter. Experimental work is in progress on a hydrogen maser and a second model is in course of construction.

U.K. Royal Greenwich Observatory

The Greenwich Atomic Time Scale has been published quarterly. Although it has previously been published under other names, e.g. Cs (EB) and Cs (H 12), the G.A. time scale is continuous from June 1955 and has been based on the summations of the rates of quartz clocks calibrated in terms of the caesium atomic frequency standard at the National Physical Laboratory. A commercial caesium beam frequency standard was installed at the Royal Greenwich Observatory in May 1966.

The Royal Greenwich Observatory has continued to participate in the co-ordinated radio transmissions. The GBR 16 kHz transmitter was out of operation for modernization from 1 January 1966 until 30 November 1966. During this period the service of VLF radio time signals was provided by the reserve transmitter Criggion GBZ on a frequency of 19.6 kHz. The MSF standard frequency and time signal service radiated from Rugby on a frequency of 60 kHz was extended from one hour to 24 hours per day from 1 June 1966.

The weekly circulars published jointly by the Royal Greenwich Observatory and the U.S. Naval Observatory give provisional corrections to the time signals in terms of U.T.I., U.T.2 and A.T.

In order to attain co-ordination of radio time signals to 1/10th of a millisecond the Royal Greenwich Observatory has taken part in several experiments using travelling quartz crystal or atomic clocks. VLF phase comparisons have also been used to maintain co-ordination.

U.S. Naval Observatory

The determination of Universal, Ephemeris and Atomic times was continued at Washington, D.C., and Richmond, Florida, utilizing the PZT, Danjon Astrolabe, Dual-Rate Moon-Position camera, and atomic clocks.

The time transmissions of U.S. Naval radio stations and the frequency of 5 VLF stations were controlled to 1×10^{-10} . The maximum accumulation of time difference due to frequency deviations of the VLF transmission is 50 microseconds. The carrier frequency of NSS, Annapolis, Maryland, on 21.4 kHz is derived directly from a caesium beam standard. The East Coast Loran-C chain of the U.S. Coast Guard is controlled in time to 25 microseconds and frequency to 3×10^{-11} .

The carrier frequencies of Omega VLF stations are controlled to 1×10^{-11} . These stations are located in Norway, New York (U.S.A.), Trinidad and Hawaii (U.S.A.). They time-share the frequencies 10.2 and 13.6 kHz. Trinidad also transmits on 12 kHz. Forestport (New York) is scheduled to commence experimental transmissions on 12.4 and 12.5 kHz in June 1967. These frequencies are derived directly from caesium-beam frequency standards.

Relay II satellite was used in clock synchronization experiments made jointly with the Radio Research Laboratories, Tokyo, Japan. An accuracy of 0.1 microsecond was achieved for the satellite ground stations at Mojave and Kashima.

The Naval Observatory has installed a Precise Time Synchronization Service whose mission is to carry time and frequency to remote locations with an accuracy of one microsecond in time and one part of 10^{12} in frequency. Caesium-beam portable clocks are used.

Two PZT's are being constructed in our shop. One is for the Dominion Observatory to be used at Ottawa, Canada. The other will be tested in Washington for about one year and then sent to Punta Indio, Argentina, where it will be operated by the Hydrographic Office of Argentina and the La Plata Observatory.

U.S.S.R.

En U.R.S.S. 12 observatoires et laboratoires spécialisés ont effectué les déterminations astronomiques du temps.

Ce sont essentiellement les instruments photoélectriques de passage et les astrolabes à prisme Danjon qui ont été utilisés. Une attention particulière a été portée sur le perfectionnement de la méthode photoélectrique de l'enregistrement des passages des étoiles.

Les observations de tous les services horaires de l'U.R.S.S., de deux services horaires de la République de Tchécoslovaquie, du service horaire de la République Démocratique Allemande, de deux services horaires de la République Populaire de Chine et de celui de la République Populaire de Pologne (à partir d'août 1965) participant au travail du Service Horaire d'Etat de l'U.R.S.S. au titre de la coopération libre ont été utilisés pour calculer l'heure définitive.

L'heure définitive des radiosignaux a été publiée dans les bulletins mensuels 'L'heure étalon aux moments moyens des émissions des radiosignaux'. Jusqu'à 1966 le calcul de l'heure étalon s'est effectué dans le système T.U.2, à partir de 1966 le calcul se fait dans le système T.U.1. A partir de 1965 les différences entre le temps universel uniforme provisoire T.U.2, déterminé au cours du calcul de l'heure étalon, et le temps atomique T.A.1, basé sur l'Etalon d'Etat de temps et de fréquence de l'U.R.S.S. ont été publiées.

Les transmissions des signaux de l'heure ont été effectuées dans le système du temps atomique uniforme. Les décalages de fréquences introduits pour rapprocher le système du temps atomique au système du temps uniforme provisoire ont été déterminés sur la base des études du changement de la vitesse de la Terre, effectuées régulièrement à l'Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques (IMPR).

Pour les années 1964 et 1965 la valeur du décalage de fréquence a été admise égale $+ 200 \times 10^{-10}$ (au lieu de $+ 150 \times 10^{-10}$, recommandée par le BIH). La valeur du décalage de fréquence, admise par les services horaires de l'U.R.S.S., répondait mieux à la vitesse réelle de rotation de la Terre. En 1964 et 1965 les services horaires de l'U.R.S.S. n'ont introduit que trois fois les corrections dans les moments des émissions des signaux soit en tout 200 ms, les services horaires coordonnés ont effectué pour cette période six corrections par 100 ms.

Pour l'année 1966 la valeur du décalage de fréquence ($+ 300 \times 10^{-10}$) d'après les déterminations de l'IMPR a coïncidé avec la valeur recommandée le BIH.

Le lien existant entre les changements de la vitesse de rotation de la Terre, les déformations de l'écorce terrestre et l'activité solaire a été étudié à l'Observatoire de Poulkovo. Les variations saisonnières de la longitude de l'Eurasie relativement à l'Amérique, découvertes par N. Stoyko, sont dues à la circulation saisonnière de l'atmosphère. N. N. Pavlov a découvert que la vitesse de rotation de la Terre varie avec une période égale à celle de l'activité solaire. Ces variations sont dues à l'influence de la circulation atmosphérique. Sur la base des comparaisons des résultats des observations de Poulkovo, de Moscou et de Zi-Ka-Wei ont été découverts des déplacements irréguliers et assez rapides de l'écorce terrestre. Ces déplacements sont également liés aux cycles de courtes périodes de la circulation atmosphérique. La vitesse de ces déplacements est bien plus grande que le terme annuel saisonnier.

Le catalogue de base des ascensions droites de 512 des étoiles de la liste des services horaires de l'U.R.S.S. est achevé. Il est basé sur les trois derniers catalogues du service horaire de Poulkovo, obtenus à l'aide d'instruments photoélectriques de haute qualité et contenant plus de 6000 observations individuelles. La comparaison de ce catalogue avec le FK4, le N30 et les autres catalogues a montré que sa précision est bien supérieure surtout en ce qui concerne les erreurs systématiques.

RAPPORT DU BUREAU INTERNATIONAL DE L'HEURE

Statuts du BIH

Conformément au vœu de FAGS, le BIH a été réorganisé et il a été créé un Comité de Direction comprenant des représentants de l'UAI, de l'UGGI et de l'URSI. Ce comité est ainsi composé en 1966.

H. M. Smith, représentant l'UAI, président
 N. N. Pavlov, représentant l'UAI
 W. Markowitz, représentant l'UGGI
 B. Decaux, représentant l'URSI
 B. Guinot, Directeur du Service.

Les buts du service ont été redéfinis. Ils sont :

- (a) centraliser toutes les déterminations astronomiques ou physiques du temps,
- (b) discuter ces déterminations et publier la meilleure valeur de l'heure d'émission des signaux horaires dans les échelles de temps astronomiques ou physiques en usage,
- (c) contribuer à la coordination des émissions de temps en diffusant tous les avis et données nécessaires à cet effet,
- (d) diffuser tous les renseignements utiles aux usagers du temps et fournir sur demande toutes les données sur le temps.

Activités du BIH de 1964 à 1966

1. *Temps coordonné*

Le BIH a attaché une importance particulière à la coordination des émissions de signaux horaires. Il a introduit en 1964 la notion du *temps coordonné*, T.U.C., qui est une variante du

temps atomique. C'est dans l'échelle T.U.C. que sont émis les *signaux coordonnés*. L'UAI et le CCIR ont chargé le BIH du maintien de l'échelle T.U.C., qui doit être proche de T.U.2. Le BIH a diffusé les avis de sauts et de décalage de l'échelle T.U.C.; il doit, de plus, suggérer les petits ajustements à faire pour ramener dans l'échelle T.U.C. les signaux horaires qui s'en écarteraient.

L'adoption de l'échelle T.U.C. a permis une simplification du Bulletin Horaire qui ne donne plus que de 5 jours en 5 jours les différences T.U.2 — T.U.C., et pour chaque mois l'écart entre T.U.C. et le temps d'émission de chaque signal. Il est remarquable que cet écart a diminué considérablement en 2 ans grâce à des ajustements de nombreux signaux et que maintenant, il est le plus souvent inférieur à 1 ms.

2. Temps atomique

L'échelle de temps atomique A.3 a été régulièrement établie. L'intercomparaison des étalons, par l'intermédiaire des fréquences radiodiffusées, est maintenant faite sur ordinateur, ainsi que la formation des échelles de temps associées, en tenant compte de toutes les équations de condition liant les fréquences des étalons et des signaux. L'échelle A.3 a été redéfinie en 1966, comme une échelle moyenne de tous les étalons primaires. Ceci n'a pas affecté sa continuité.

T.U.C. est déduit de l'échelle A.3. On est en train d'étudier le maintien de la coordination des signaux lorsqu'elle a été précédemment établie par une expérience telle que celle des 'horloges volantes' par des liaisons par satellites. Ce maintien est, en principe, assuré par la comparaison des fréquences porteuses des signaux. Si les résultats de cette étude sont satisfaisants, les écarts T.U.C — signaux seront ainsi calculés. Pour l'instant, ces écarts sont encore déterminés en appliquant des corrections de durée de propagation.

Le Bulletin Horaire publie de 5 jours en 5 jours les valeurs de T.U.2 — A.3 et A.3 — T.U.C., ainsi que les écarts avec A.3 des échelles associées à chaque étalon.

3. Temps universel

Jusqu'à l'année 1965 inclus, l'heure définitive a été calculée en 3 étapes:

- (a) calcul par le BIH des coordonnées du pôle et des corrections de longitude, à partir des mesures de latitude,
- (b) formation, par les stations, des heures demi-définitives, par lissage,
- (c) calcul par le BIH de l'heure définitive, comme la moyenne des heures demi-définitives

Bien que certaines parties de ces calculs aient été automatisées, il est clair qu'aucun gain de temps sérieux ne peut être espéré sans une modification profonde de ce schéma de calcul.

Nous avons mis au point une méthode pour obtenir en un seul passage en machine, à partir des mesures de latitude et de temps T.U.O, les coordonnées du pôle et la valeur de T.U.I — T.U.C. Le but que nous nous proposons est d'obtenir l'heure définitive T.U.I — T.U.C. dans les mêmes délais que ceux que nous utilisons actuellement pour publier les coordonnées du pôle et les corrections de longitude. Pour atteindre ce but, nous avons demandé aux observatoires participants d'envoyer leurs valeurs individuelles de T.U.O — T.U.C. et de latitude, dans les délais très brefs, en utilisant des formulaires établis conjointement par le SIMP et le BIH. Dans cette nouvelle méthode, les lissages au niveau des stations sont évités autant que possible.

Les coordonnées du pôle et l'heure définitive ont été recalculées par cette méthode, pour 1964 et 1965, à titre d'essai. Voici comme exemple les résultats de ces calculs à partir de 20 stations, dont 13 de latitude et 7 de temps et latitude, avec et sans terme z en latitude. Dans les calculs complets, effectués pour chaque 1/20 d'année, entrent une soixantaine de stations.

Exemple de calcul simultané des coordonnées du pôle et de T.U.2 – T.U.C. à partir des données de 20 stations (20 en latitude, 7 en temps).

Date	avec terme z en latitude				sans terme z en latitude		
	x 0"001	y 0"001	z 0"001	T.U.2 – T.U.C. 0 ^s 0001	x 0"001	y 0"001	T.U.2 – T.U.C. 0 ^s 0001
1964, 0	– 200	– 138	+ 003	9039	– 199	– 139	9040
1	– 242	– 24	+ 8	<u>8865</u>	– 238	– 27	<u>8866</u>
2	– 225	+ 127	+ 13	9647	– 219	+ 123	9650
3	– 115	+ 227	– 1	9442	– 115	+ 228	9442
4	+ 18	+ 262	– 20	9214	+ 9	+ 269	9210
5	+ 156	+ 214	– 26	9014	+ 145	+ 223	9010
6	+ 228	+ 93	– 13	<u>8816</u>	+ 222	+ 98	<u>8814</u>
7	+ 237	– 37	+ 13	9577	+ 243	– 41	9579
8	+ 181	– 150	+ 17	9244	+ 188	– 156	9247
9	+ 58	– 208	+ 15	<u>8989</u>	+ 65	– 214	<u>8991</u>
1965, 0	– 62	– 210	+ 18	9726	– 54	– 217	9729
1	– 166	– 143	+ 19	<u>9517</u>	– 158	– 149	<u>9520</u>
2	– 217	– 33	+ 16	0239	– 210	– 39	0241
3	– 197	+ 93	– 6	9898	– 200	+ 95	9897
4	– 143	+ 184	– 28	<u>9612</u>	– 156	+ 193	<u>9607</u>
5	– 40	+ 236	– 21	0253	– 49	+ 243	0249
6	+ 105	+ 196	– 6	9906	+ 102	+ 198	9905
7	+ 185	+ 101	+ 14	<u>9497</u>	+ 192	+ 97	<u>9500</u>
8	+ 226	– 12	+ 18	0085	+ 234	– 18	0088
9	+ 195	– 105	+ 6	9691	+ 197	– 107	9692

Pour l'année 1966, la nouvelle méthode est employée en reconstituant les valeurs de T.U.0 – T.U.C. d'après les heures demi-définitives des stations.

Pour l'année 1967, les valeurs individuelles de T.U.0 – T.U.C. seront reçues directement.

Publication du Bulletin Horaire

Les modifications signalées dans les paragraphes précédents ont permis de réduire le volume du Bulletin Horaire, malgré l'addition d'un tableau récapitulatif des principales émissions de signaux horaires. Ce tableau paraît chaque année et il est tenu à jour par des corrections paraissant dans chaque Bulletin.

Le Bulletin qui était consacré à l'heure demi-définitive de Paris a été supprimé. Il est provisoirement remplacé par un encart rose qui disparaîtra à son tour quand la publication de l'heure définitive sera suffisamment accélérée.

Personnel

Le personnel participant aux travaux du BIH est, à la fin de 1966:

M. B. Guinot, Directeur	} à plein temps
Melle A. M. Desprats, Assistante	
M. E. Eisop, Calculeur	
Melle R. Barthalot, Calculatrice	

M. R. Forga, Aide Astronome, Melle M. Feissel, assistante, Mme C. Mulhauser, secrétaire et M. R. Thomas, comptable, ont travaillé à temps partiel ou occasionnellement pour le BIH.

B. GUINOT*
Directeur du BIH