

# IL SERVIZIO DELL'ORA ALL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI BRERA - MILANO

---

Nota di EDOARDO PROVERBIO  
(*Osservatorio di Brera - Milano*)

RIASSUNTO. — Dopo un accenno all'importanza che il servizio dell'ora riveste attualmente per la soluzione di numerosi problemi astronomici e geodetici, vengono analizzati, dal punto di vista della precisione dei risultati le più importanti operazioni di cui si compone il servizio stesso:

- a) determinazione astronomica dell'ora,
- b) conservazione dell'ora,
- c) servizio orario.

Lo studio dei vari errori a carattere accidentale, caratteristici di ciascuna operazione, e il confronto con i risultati raggiunti da alcuni tra i più quotati servizi orari (Parigi, Uccle) permette di trarre conclusioni positive sul servizio stesso.

RESUME. — Après avoir montré l'importance du service de l'heure pour la solution de nombreux problèmes astronomiques et géodésiques, on analyse, du point de vue de la précision des résultats, les opérations plus importantes dont le service même se compose :

- a) détermination astronomique de l'heure,
- b) conservation de l'heure,
- c) service horaire.

L'étude des nombreux erreurs accidentales caractéristiques de chaque opération et la comparaison avec les résultats atteints par quelqu'un entre les meilleurs services horaires (Paris, Uccle) permette de tirer des conclusions positives sur le service même.

1. — Dal luglio 1957, inizio dell'Anno Geofisico Internazionale, sono iniziate all'Osservatorio di Brera le osservazioni astronomiche e i lavori inerenti alla determinazione ed alla conservazione del tempo.

Questi lavori hanno avuto durante l'A.G.I., come è noto, lo scopo di determinare con grande precisione la longitudine geografica degli Osservatori e delle Stazioni partecipanti alla terza Operazione Mondiale delle Longitudini.

L'importanza di questa campagna può essere messa in evidenza dal fatto che ad essa partecipano ufficialmente 49 servizi orari, tra i quali quello di Milano-Brera, che inviano periodicamente i risultati delle osservazioni e dei confronti di tempo al Bureau International de l'Heure di Parigi.

---

(\*) Pervenuta il 30 dicembre 1959.

Oltre alle conclusioni che saranno tratte dall'analisi dei risultati relativi alle longitudini ed alle loro variazioni, di grande interesse astronomico e geofisico, l'attività dei servizi orari assume attualmente eccezionale importanza per l'apporto che essi forniscono alla soluzione di problemi interessanti diverse branche della ricerca astronomica e geofisica, tra cui quello importante del miglioramento dei cataloghi stellari. I dati forniti, sempre più precisi, permettono inoltre di migliorare continuamente la conoscenza delle irregolarità di velocità di rotazione della Terra e di mettere in evidenza eventuali disimmetrie di velocità nei due emisferi (<sup>1</sup>). Attualmente poi, l'introduzione di campioni a risonanza molecolare o atomica dà la possibilità di determinare con notevole precisione anche le variazioni secolari di detta velocità.

L'utilizzazione dei segnali orari trasmessi e ricevuti dai vari servizi consente poi uno studio sempre più accurato del difficile e annoso problema della propagazione dei segnali stessi, che fornisce importanti notizie sulla dinamica e sulla fisica della ionosfera terrestre, e porta a determinare la velocità di propagazione apparente delle radioonde.

Inoltre le osservazioni astronomiche effettuate nei servizi orari, fornendo con grande precisione il Tempo Uniforme Provvisorio (TU2), danno la possibilità di ottenere, per mezzo di osservazioni lunari effettuate con la camera di Markowitz, il Tempo delle Effemeridi, che è il tempo rispetto al quale sono attualmente riferite tutte le effemeridi dei corpi celesti.

Infine il notevole perfezionamento tecnico raggiunto sia nella determinazione, sia soprattutto nella conservazione del tempo apre la via all'utilizzazione tecnico-scientifica delle ricerche condotte in diversi servizi orari, in collaborazione con altri Istituti, soprattutto nel campo della metrologia relativa alle misure del tempo e delle frequenze; una collaborazione di questo genere ha permesso, ad esempio, di ottenere, con elevata precisione, la frequenza di risonanza dell'orologio al cesio, costruito da L. Essen al National Physical Laboratory di Teddington, in unità di tempo delle Effemeridi, utilizzando le osservazioni effettuate al U.S. Naval Observatory.

L'organizzazione di un servizio del tempo presenta inoltre attualmente anche importanti applicazioni e utilizzazioni pratiche, che devono essere seriamente considerate, in modo speciale nel campo della cronometria scientifica e nella trasmissione e utilizzazione di frequenze campioni e di segnali di tempo.

2. — Per poter essere utilizzate nel campo scientifico e in quello tecnico-scientifico, sia le osservazioni astronomiche che le misure relative al confronto di segnali diversi devono essere eseguite con una precisione molto elevata.

Lo studio e l'analisi degli errori e della precisione raggiunta in

Ogni singola operazione riveste quindi notevole importanza anche per un ulteriore miglioramento del servizio stesso.

Nel servizio del tempo e nella determinazione della longitudine le principali cause di errore sono date da :

- a) Errori delle osservazioni astronomiche,
  - $e_1$  = errori strumentali,
  - $e_2$  = errori dei cataloghi stellari,
  - $e_3$  = errori dovuti alla deviazione apparente della verticale,
  - $e_4$  = errori personali di osservazione,
  - $e_5$  = errori di registrazione e di lettura.
- b) Errori dipendenti dalla conservazione dell'ora,
  - $e_6$  = errori strumentali a breve e lungo periodo,
  - $e_7$  = errori di interpolazione.
- c) Errori dipendenti dal confronto dei segnali orari e locali,
  - $e_8$  = errori di registrazione e di lettura,
  - $e_9$  = errori strumentali.

Ciascuno di questi errori, la cui specificazione è sufficientemente chiara, ad eccezione forse dell'errore  $e_7$ , il cui significato sarà meglio chiarito in seguito, con maggiore o minore probabilità può manifestarsi, oltre che con carattere accidentale, anche con caratteristiche sistematiche, spesso difficili ad individuare e separare. L'analisi e la correzione di questi ultimi errori deve essere fatta spesso a posteriori sulla base dei risultati definitivi delle osservazioni.

#### LA DETERMINAZIONE DELL'ORA

3. — Nella determinazione astronomica del tempo intervengono i più temibili errori sistematici sia reali ( $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_4$ ) sia di tipo apparente ( $e_3$ ), ed è quindi giustificata la grande cura con la quale, i primi in particolare, vengono studiati e corretti.

Soprattutto gli errori strumentali sono stati studiati all'Osservatorio di Brera e vari accorgimenti sono stati adottati per eliminare la loro deleteria influenza (scelta di un particolare programma di osservazione per migliorare la determinazione del tempo <sup>(2)</sup>, duplice determinazione dell'azimut strumentale durante una serie di osservazioni).

Nella tabella I sono dati, mese per mese dal luglio 1957 al dicembre 1958 ed espressi in millesimi di secondo, la media degli errori medi di osservazione  $\epsilon$  relativi ad una sola stella, e quelli  $\Sigma$  relativi a un gruppo medio comprendente 14 stele orarie e zenitali, delle osservazioni astronomiche effettuate all'Osservatorio di Brera in detto periodo, utiliz-

zando uno strumento dei passaggi Askania Ap 100 nuovo modello. (\*)

L'andamento di questi errori, oltre ad una rapida discesa iniziale dovuta a progressiva diminuzione degli errori strumentali e personali, sembra presentare una apparente variazione periodica con un minimo in inverno-primavera ed un massimo in estate-autunno, che dovrà comunque essere verificata con le future osservazioni.

E' da tenere inoltre presente che i valori relativi al mese di dicembre 1958, non possono entrare nella presente analisi, poichè durante questo mese le osservazioni vennero condotte con uno strumento dei passaggi diverso e di vecchio tipo (Piccolo Meridiano di Arcetri di 89 mm. di apertura).

Ponendo

$$\Sigma_1^2 = e_4^2 + e_5^2 ,$$

$$\Sigma_2^2 = e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 ,$$

si deve avere,

$$(1) \quad \Sigma^2 = \Sigma_1^2 + \Sigma_2^2 .$$

TABELLA I

Mese	$\varepsilon$	$\Sigma$	$(e_n)$	$(e)$	N
VII.1957	37,1	9,9	24	0	10
VIII	33,4	8,9	16	+ 3	10
IX	31,0	8,2	11	0	16
X	27,7	7,4	12	+ 3	22
XI	26,7	7,1	14	- 4	10
XII	22,7	6,0	17	- 1	11
I.1958	24,9	6,6	14	- 2	13
II	22,2	6,1	7	+ 5	8
III	22,3	5,9	12	- 1	18
IV	22,9	6,1	11	+ 2	16
V	20,8	5,5	7	+ 2	17
VI	24,1	6,4	14	- 7	16
VII	26,1	7,0	11	+ 4	21
VIII	25,2	6,7	9	+ 2	20
IX	26,1	7,0	9	+ 1	19
X	25,3	6,7	9	0	22
XI	26,5	7,0	11	+ 5	9
XII	30,2	8,0	22	- 4	8

(\*) Nel calcolo di riduzione delle osservazioni, effettuato utilizzando la formula di Mayer, la posizione delle stelle osservate è ridotta al sistema FK3 fino al mese di marzo compreso, dal mese di aprile in poi la posizione delle stelle è riportata al sistema FK3 R, ad eccezione di pochissime stelle tratte dal GC e riportate al FK3 utilizzando le correzioni fornite dalle effemeridi russe.

Gli  $\Sigma_1$  rappresentano unicamente gli errori personali di osservazione e di lettura della striscia cronografica, e possono essere ricavati dall'accordo interno dei segnali relativi ad ogni singola stella osservata.

Nella tabella II sono successivamente date le medie semestrali, oltre che di  $\Sigma$  anche di  $\Sigma_1$ , calcolate sulla base degli scarti di ogni singolo appulso e relativamente a gruppi di un centinaio di stelle per ciascun semestre in esame.

Dalla (1) sono stati inoltre calcolati, per mezzo dei dati di tabella II, i valori di  $\Sigma_2$ , come risultano dalla tabella stessa.

Il confronto di  $\Sigma_1$  e di  $\Sigma_2$  mostra l'influenza preponderante che rivestono gli errori non personali di osservazione.

TABELLA II

	1957 VII-XII	1958 I-VI	1958 VII-XII
$\Sigma$	7,9	6,1	6,9
$\Sigma_1$	2,5	2,1	2,2
$\Sigma_2$	7,5	5,7	6,5
$e'$	15,3	11,4	9,7
$e_6$	(0,8)	0,8	0,7
(e)	0,1	0,1	1,3
$\Sigma'$	15,3	11,4	9,6

Gli errori strumentali  $e_1$  sono determinati, in misura più o meno grande, da variazioni accidentali dell'inclinazione e dell'azimut strumentali.

Nella tabella III sono riportati, semestralmente, la variazione media dell'azimut strumentale in una serata di osservazione ( $\Delta a$ ), il numero medio di azimut determinati nello stesso periodo ( $n$ ) e la variazione media dell'azimut per ciascun gruppo di stelle con cui è stato determinato ogni singolo azimut ( $\Delta'a$ ). Se chiamiamo  $|K|_m$  la media dei valori assoluti dei coefficienti di azimut di tutti i gruppi osservati si ha che l'errore massimo  $\epsilon_{aM}$  per ogni singola stella, imputabile a variazioni di azimut, è dato da

$$\epsilon_{aM} = \Delta'a \cdot |K|_m \quad ,$$

Ammettendo che  $\epsilon_n$  vari linearmente in ogni singolo gruppo il valor medio di  $\epsilon_a$  può perciò porsi eguale a  $\epsilon_{aM}/2$ .

Quest'ultimo valore permette di ricavare facilmente l'errore medio  $\Sigma_a$  di ogni singolo gruppo (14 stelle),

$$\Sigma_a = \frac{\epsilon_{aM}}{2 \sqrt{14}} \quad .$$

Allo stesso modo, ammettendo un errore medio  $\Delta i = 0^p,1$ , attribuibile sia a variazione dell'inclinazione durante l'osservazione che a errori di lettura della livella, e avendosi  $0^p,1 = 0^s,0057$ , si può calcolare l'errore medio  $\varepsilon_i$  dovuto a variazione reale o apparente dell'inclinazione strumentale.

Gli errori  $\varepsilon_i$  ed  $\Sigma_i$ , così come i coefficienti medi di inclinazione  $I_m$  relativi a tutti i gruppi osservati necessari per il calcolo di  $\varepsilon_i$ , sono indicati nella tabella III (\*).

TABELLA III

	1957 VII-XII	1958 I-VI	1958 VII-XII
$\Delta a$	<sup>s</sup> 0,28	<sup>s</sup> 0,10	<sup>s</sup> 0,09
$n$	3,5	1,8	1,8
$\Delta' a$	<sup>s</sup> 0,080	<sup>s</sup> 0,056	<sup>s</sup> 0,050
$ K _m$	0,355	0,133	0,133
$\varepsilon_{aM}$	<sup>s</sup> 0,028	<sup>s</sup> 0,007	<sup>s</sup> 0,007
$\Sigma_a$	<sup>s</sup> 0,003 <sub>7</sub>	<sup>s</sup> 0,000 <sub>9</sub>	<sup>s</sup> 0,000 <sub>9</sub>
$I_m$	<sup>s</sup> 1,421	<sup>s</sup> 1,422	<sup>s</sup> 1,422
$\varepsilon_i$	0,008 <sub>1</sub>	0,008 <sub>1</sub>	0,008 <sub>1</sub>
$\Sigma_i$	<sup>s</sup> 0,002 <sub>2</sub>	<sup>s</sup> 0,002 <sub>2</sub>	<sup>s</sup> 0,002 <sub>2</sub>
$\Sigma_x$	0,006 <sub>0</sub>	0,005 <sub>2</sub>	0,005 <sub>2</sub>

Se ora poniamo

$$\Sigma_2^2 = \Sigma_a^2 + \Sigma_i^2 + \Sigma_x^2 \quad ,$$

questa relazione ci permette di ricavare  $\Sigma_x$ , che rappresenta la somma degli errori residui strumentali (effetto di temperatura sul sistema ottico, effetto *tubo*, ecc.), degli errori del catalogo fondamentale e degli errori dovuti alla deviazione apparente della verticale (rifrazione laterale a corto periodo). I valori di  $\Sigma_x$ , calcolati dalla precedente relazione, e riportati in tabella III, mettono in evidenza la notevole importanza di questi ultimi errori, che per il loro carattere sono quelli più difficilmente riducibili.

(\*) Dal 19 febbraio 1958 è stato utilizzato un nuovo programma stellare formato da 12 gruppi di stelle, comprendenti da 15 a 20 stelle quasi zenitali (distanza zenitale massima  $10^\circ - 12^\circ$ ).

## LA CONSERVAZIONE DELL'ORA

4. — Con l'introduzione nella pratica astronomica degli orologi a quarzo la precisione della conservazione dell'ora ha subito un sensibile miglioramento. Questi ultimi hanno una stabilità in frequenza che va da  $10^{-7}$  per orologi di media stabilità a  $10^{-8}$  -  $10^{-10}$  per orologi di elevata stabilità, il che corrisponde a una marcia giornaliera di 10 ms e di 100 - 10  $\mu$ s rispettivamente. A tale stabilità si aggiunge una regolarità di marcia a breve e a lungo periodo di gran lunga maggiore di quella fornita dai pendoli astronomici.

Data la grande stabilità di questi orologi è possibile esprimere il loro andamento in funzione del tempo per mezzo di una funzione razionale o esponenziale. In genere per campioni di elevata stabilità le correzioni osservate soddisfano un'equazione di tipo parabolico della forma

$$\Delta t = a + bt + ct^2 \quad ,$$

dove  $a$  è la correzione all'istante  $t = 0$ ;  $b$  è legata alla marcia giornaliera  $m$  dalla relazione

$$m = \frac{d \Delta t}{dt} = b + 2ct \quad ,$$

e  $2c$  rappresenta l'accelerazione caratteristica del quarzo (invecchiamento). Per campioni di media precisione, come quelli in funzione all'Osservatorio di Brera, per i quali non è possibile esprimere l'andamento con una funzione del tipo precedente su un lungo periodo di tempo, ma in generale anche per campioni di più grande precisione data la comodità del metodo, viene utilizzato il metodo grafico che presenta il vantaggio di una maggiore speditezza nei calcoli.

Con questo metodo viene determinata mensilmente all'Osservatorio di Brera la curva delle correzioni dell'orologio fondamentale.

La nuova correzione  $C$ , semidefinitiva, dell'orologio fondamentale dedotta dalla curva regolarizzata delle osservazioni astronomiche al tempo medio  $t$ , sarà data da

$$C = \Delta t + e \quad ,$$

dove  $\Delta t$  è la correzione osservata allo stesso tempo  $t$ , ridotta al Tempo Universale Uniforme Provvisorio (TU2).

Lo scarto  $e$  tra la correzione osservata e interpolata è molto importante, esso è un indice della precisione esterna delle osservazioni, e gli errori di osservazione che in esso si possono rappresentare derivano dalla variazione di ciascuno degli errori  $e_1, e_2, e_3, e_4, e_5$  in una stessa sera e da una sera all'altra. Inoltre in esso si sommano anche gli errori di tipo  $e_6$  (variazione a periodo diurno della marcia del quarzo), ed  $e_7$ , da attribuirsi all'imprecisione con cui è stata tracciata la curva regolarizzata.

Considerando in prima approssimazione la correzione  $e$  coincidente con l'errore esterno  $e'$ , si può scrivere

$$e^2 = e'^2 = \Sigma_3^2 + \Sigma'^2 \quad , \quad (2)$$

dove

$$\Sigma_3^2 = e_6^2 + e_7^2 \quad , \quad (3)$$

mentre  $\Sigma'$  rappresenta gli errori delle osservazioni astronomiche e le loro variazioni da una sera all'altra.

Nella tabella I e II sono riportate rispettivamente le medie mensili ( $e_A$ ) dei valori assoluti di  $e$ , ricavati sperimentalmente, e l'errore medio  $e'$ , calcolato con la formula di Gauss considerando le medie mensili ( $e_A$ ) pesate, come errori veri e propri. Il peso di ciascun ( $e_A$ ), eguale al numero delle serie di osservazioni effettuate in ogni singolo mese è dato nella colonna N di tabella I. La costante diminuzione di  $e'$  indica un corrispondente progressivo miglioramento delle osservazioni stesse.

Il calcolo di  $e_6$  è possibile invece conoscendo gli scarti a periodo diurno delle correzioni medie dell'orologio a quarzo fondamentale usato nelle osservazioni. Questi dati si possono ottenere confrontando più volte al giorno, o disponendo di comparatori continui di frequenza o di fase, gruppi di orologi a quarzo. Poichè l'Osservatorio di Brera non dispone attualmente che di due oscillatori di media qualità, il confronto è stato effettuato comparando l'orologio fondamentale sia direttamente con segnali orari di elevata stabilità (MSF, WWV, HBN, IBF), sia con la frequenza portante di 899 kHz della R.A.I. <sup>(3)</sup>.

L'errore medio diurno  $e_6$ , le cui medie semestrali sono riportate in tabella II, è stato ottenuto dalla correzione media diurna o ricavato indirettamente dalla variazione diurna della marcia istantanea.

La determinazione degli errori di tipo  $e_7$  è stata effettuata invece empiricamente considerando questi errori eguali alle somme algebriche ( $e$ ), mese per mese o semestralmente, degli scarti  $e$ .

Dalla conoscenza di  $e'$ , e ricavandosi  $\Sigma_3$  dalla (3), la relazione (2) permette di calcolare il valore di  $\Sigma'$ .

La differenza tra l'errore interno  $\Sigma$  e gli errori  $\Sigma'$ , riportati nella tabella II, mostrano la presenza di importanti cause, individuabili prevalentemente in fenomeni meteorologici locali (effetto *tubo*, effetto *cupola*, e variazioni di temperatura in genere) e con sede nell'atmosfera circostante (rifrazione laterale), suscettibili di alterare apparentemente la direzione del meridiano da una sera all'altra.

La ricerca di queste cause assume un'importanza notevole e ad esse sarà indirizzata tutta l'attenzione necessaria.

## IL SERVIZIO ORARIO

5. — Il compito principale cui assolve il B.I.H., i cui risultati sono alla base di tutte le successive ricerche di carattere speciale o generale, è la determinazione in TU2 dell'ora definitiva di emissione di tutti i



Segnali orari trasmessi dalle stazioni trasmettenti, conformemente alla decisione dell'Assemblea Generale dell'UAI a Dublino. I calcoli sono condotti sulla base delle ore semidefinitive di ricezione relative ad ogni singola stazione partecipante al servizio (').

Se indichiamo con  $t_i$  l'istante di ricezione dei segnali orari di una stazione trasmettente, si ha che nel tempo locale del servizio orario che effettua la ricezione, e a meno del tempo di propagazione, l'istante semidefinitivo di emissione è dato da

$$t_i + C',$$

dove  $C'$  è la correzione interpolata dell'orologio fondamentale utilizzato nel confronto.

E' evidente che la precisione della correzione  $C'$  risulta proporzionale agli errori accidentali da cui sono affette le operazioni di determinazione o conservazione del tempo. Inoltre in  $C'$  si riversano anche tutti gli errori a carattere sistematico, dovuti a fenomeni di rifrazione laterale a lungo periodo di variabilità ed a variazione delle costanti strumentali e personali. Questi ultimi errori non possono essere messi in evidenza che dal confronto dei risultati delle osservazioni di più Osservatori.

Attualmente il B.I.H. confronta tutti i risultati dei vari servizi con quelli di un Osservatorio Medio, costituito dalla media pesata dei dati di 23 Osservatori. I diagrammi di figura 1 rappresentano, sulla base dei dati calcolati al B.I.H. per il 1957, l'andamento degli scarti

$$P - [P] ,$$

tra la correzione  $P$  dell'ora locale di ciascun Osservatorio indicato rispetto all'Osservatorio Medio e la correzione annuale della longitudine convenzionale  $[P]$  (media annuale delle singole correzioni  $P$ ).

L'andamento dei diagrammi mette in evidenza per l'osservatorio di Brera una variazione iniziale di media ampiezza, attribuibile sia a influenze di carattere refrazionale sia a stabilizzazione delle costanti strumentali, tenendo conto che l'inclinazione è stata perfettamente rettificata solamente agli inizi del mese di settembre 1957.

Come ordine di grandezza degli errori sono riportati in figura 1 anche i diagrammi relativi ai servizi orari di Belgrado, Parigi e Uccle, dei quali, gli ultimi due fanno parte dell'Osservatorio Medio per il 1957 e 1958.

La tabella IV riporta infine, relativamente ai quattro servizi orari in questione, i valori, calcolati dal B.I.H. ed espressi in millesimi di secondo, della correzione annuale  $K_i = [P_i]$  della longitudine convenzionale per il 1957 rispetto all'Osservatorio Medio, nonché gli errori

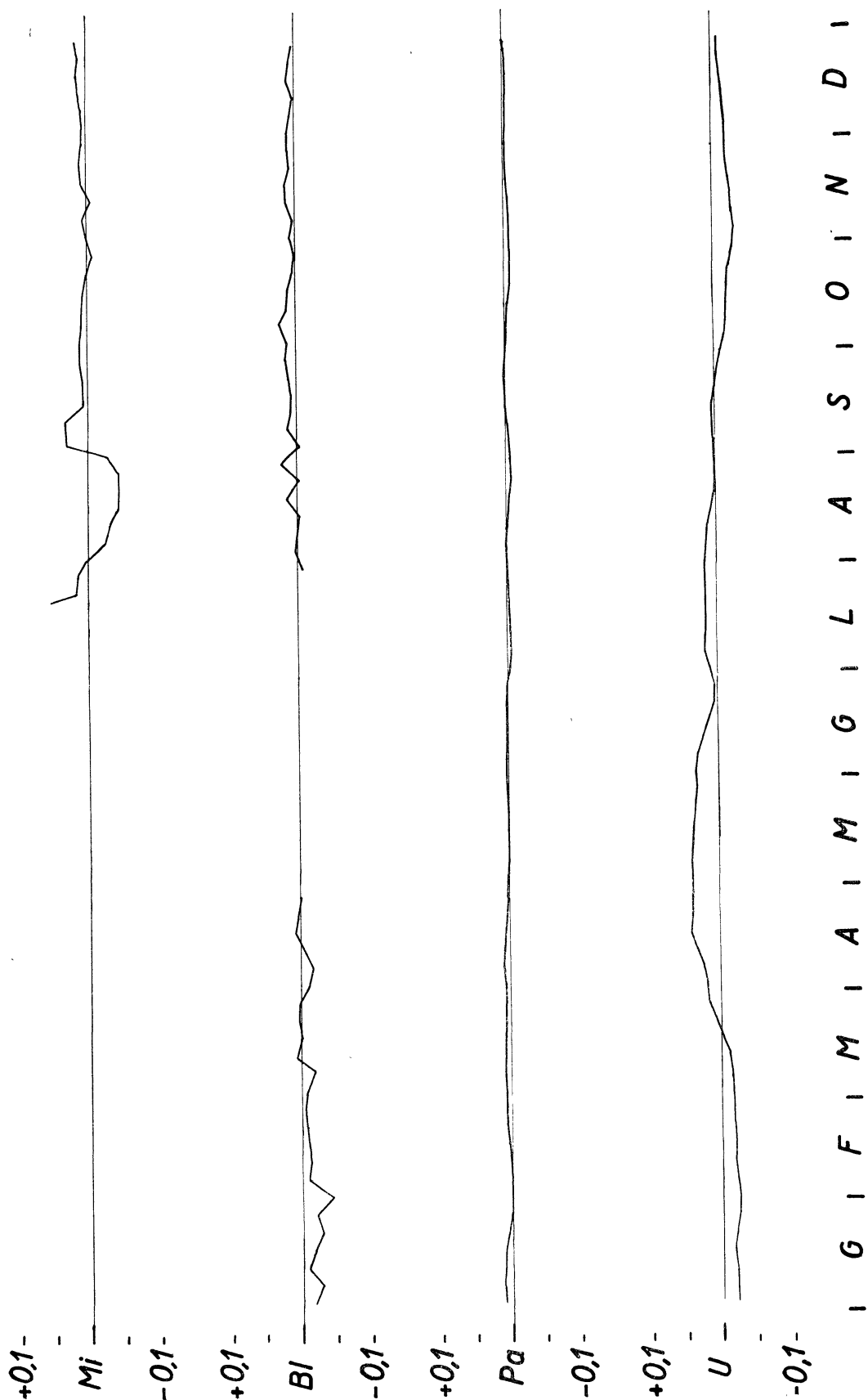


Fig. 1

accidentali  $E_a$  di ciascun punto dei diagrammi di figura 1, la variazione accidentale  $\delta_i$  della marcia giornaliera dell'orologio fondamentale, in ottimo accordo con quella calcolata sulla base degli scarti della correzione media diurna ( $e_6$ ), e gli errori  $E_c$  di ricezione dei segnali orari su onde corte. Le ultime due colonne danno il numero  $N_1$  delle sere di osservazione e il numero  $N_2$  delle serie di osservazioni effettuate in totale.

TABELLA IV

	$K_1$	$E_a$	$\delta_i$	$E_c$	$N_1$	$N_2$
Milano	+ 3,3	4,0	0,91	5,4	79	79
Belgrado	+ 13,8	5,0	0,61	3,5	100	119
Parigi	+ 22,4	0,9	0,11	1,5	203	863
Uccle	+ 62,7	2,1	0,24	1,9	107	261

Per quanto riguarda gli errori accidentali da cui è affetto l'istante di ricezione  $t_i$ , di tipo  $e_8$ , essi sono stati calcolati sulla base degli errori medi di ogni registrazione effettuata utilizzando il cronografo registratore o il cronometro elettronico. I valori degli errori medi riportati in tabella V ed espressi in millesimi di secondo, si riferiscono alle medie dei valori ricavati per la stazione di Mosca RWM relativamente ai mesi di ottobre, novembre e dicembre 1958, utilizzando la registrazione di segnali a tempo medio, effettuata con cronografo registratore e con cronometro elettronico, e di segnali ritmici registrati unicamente con cronografo.

TABELLA V

	Segnali a T.M.	Segnali ritmici
Cronografo	0,4 msec	0,3 msec
Cronometro	0,05 msec	—

La notevole differenza tra gli errori intrinseci di registrazione che compaiono nella tabella V e gli errori esterni ( $E_c$ ), calcolati sulla base delle ore semidefinite di ricezione, mostra, trascurando gli errori di emissione e di propagazione che esistono sensibili variazioni tra le ricezioni di una stessa stazione, attribuibili sia a variazioni degli errori

personali di stima durante la lettura della striscia cronografica, sia a variazioni dei ritardi e degli errori sistematici di ricezione che non sono stati ancora esaminati.

Quanto infine agli errori strumentali di registrazione a carattere sistematico, di tipo  $e_s$ , che si riversano intieramente sulla correzione P dell'ora locale, oggetto di rigorosa analisi i cui risultati completi sono in corso di pubblicazione, il loro studio ha mostrato che i ritardi maggiori, attribuiti al cronografo registratore, risultano dell'ordine o inferiore al millesimo di secondo.

## CONCLUSIONI

6. — L'analisi della precisione relativa e assoluta delle osservazioni astronomiche e della conservazione del tempo, ottenuti nel servizio orario dell'Osservatorio Astronomico di Brera durante l'Anno Geofisico Internazionale 1957-1958, porta a conclusioni che riteniamo relativamente soddisfacenti, soprattutto tenendo conto dei limiti e delle difficoltà incontrate in questo primo anno e mezzo di attività. Questa conclusione non deve però condurre a sottovalutare il fatto che esistono ancora molte lacune che è necessario eliminare per migliorare la precisione del servizio stesso e ottenere dei risultati pari a quelli dei migliori e più organizzati servizi dell'ora, soprattutto in vista di ricerche speciali.

Un passo in avanti è stato effettuato con la quasi totale sostituzione, dall'ottobre 1958, del cronografo registratore con il cronometro elettronico nel confronto dei segnali orari a tempo medio, in modo da diminuire gli errori di ricezione dei segnali stessi.

Prossimamente potrà essere inoltre utilizzato un altro dispositivo per confronti di segnali, di tipo oscillografico e di elevata precisione, già da tempo sottoposto ad un necessario collaudo (<sup>6</sup>).

Sempre nel campo della registrazione si rende però tutt'ora necessario sostituire i cronografi registratori a striscia utilizzati nelle osservazioni astronomiche con moderni cronografi stampanti al millesimo di secondo, ormai usati in quasi tutti i servizi dell'ora.

Nel campo della conservazione del tempo, l'utilizzazione di orologi a quarzo di elevata stabilità è un elemento di grande importanza, soprattutto per eliminare gli errori ancora troppo grandi provenienti dalle variazioni a breve periodo della marcia, caratteristici di oscillatori a quarzo di non elevata stabilità, ed è quindi auspicabile che in un prossimo futuro essi possano essere utilizzati anche all'osservatorio di Brera.

Infine, ma della massima importanza, rimane sempre il problema di migliorare la precisione delle osservazioni astronomiche. Quantunque la precisione interna raggiungibile con moderni strumenti dei passaggi, come l'Askania Ap 100 utilizzato all'Osservatorio di Brera, possa

essere ancora diminuita di quantità dell'ordine del millesimo di secondo, effettuando le osservazioni solo in buone condizioni e riducendo i residui errori sistematici ed accidentali dello strumento e personali, il problema del miglioramento della precisione delle osservazioni, e quindi del servizio dell'ora, va considerato sotto il duplice aspetto di aumentare notevolmente il numero delle osservazioni ( $N_1$  e  $N_2$ ) effettuando più serie di osservazioni durante la notte, e di orientarsi verso l'utilizzazione di nuovi strumenti per la determinazione del tempo e delle latitudini, ossia i moderni astrolabi a prisma di Danjon e i più precisi tubi zenitali fotografici.

## BIBLIOGRAFIA

- (<sup>1</sup>) A. Stoyko, C R, 234, 2258, 1952.
- (<sup>2</sup>) E. Proverbio, Mem. S.A.It., XXIX (4), 537, 1958.
- (<sup>3</sup>) F. Brando, E. Proverbio, Rend. Ist. Lombardo Sc. e Lett., 92, 97, 1957.
- (<sup>4</sup>) A. Stoyko, Bull hor, N. 18 (Série F), 1957.
- (<sup>5</sup>) N. Stoyko, Bull hor, (Série D), janvier-juin 1946.
- (<sup>6</sup>) F. Brando, E. Proverbio, Rend. Ist. Lombardo Sc. e Lett., 1959.

