

DETERMINAZIONE DELLE SCALE DI TEMPO COORDINATO \overline{UTC}_{Me} E INTEGRATO $UTC_{int.}$

F. CHLISTOVSKY e F. MAZZOLENI
(Osservatorio Astronomico di Milano - Merate)

SUMMARY. — The authors have determined for the astrometric section of Merate the physical time scales, integrated and coordinated. After the description of the performance of these time scales it was carried out a statistical study regarding the precision they can assure in the mantaining the physical time.

RIASSUNTO. — Si sono determinate per la sezione di Astrometria di Merate le scale di tempo fisico integrato e coordinato. Alla descrizione delle modalità di costituzione di tali scale segue uno studio statistico riguardante la precisione che esse possono garantire nella conservazione del tempo fisico.

1. - INTRODUZIONE

L'installazione dell'Astrolabio Danjon n. 37 all'Osservatorio di Merate ha richiesto la costituzione delle scale di tempo fisico $UTC_{int.}$ e di tempo coordinato UTC_{Me} necessarie per la determinazione delle correzioni ΔT e $\Delta \lambda$ e la conseguente costruzione della scala di tempo astronomico.

La scala di tempo fisico è, come si vedrà in seguito, materializzata e resa utilizzabile da un campione di frequenza a quarzo di elevata stabilità, la cui precisione intrinseca è di qualche unità di 10^{-10} , da un divisore di frequenza Ebauches che fornisce il secondo di tempo della scala suddetta, e da un ritardatore R.C.T. tipo Obs. Paris indispensabile per fissare lo zero della scala e mantenerne la sincronizzazione in tempo.

La scala di tempo $UTC_{int.}$ è costruita mediante confronti continui di fase tra la frequenza del campione locale e quella ricevuta della stazione HBG.

L'andamento della scala \overline{UTC}_{Me} viene determinato col metodo del confronto oscilloscopico tra il secondo locale e i segnali ricevuti via radio da un certo numero di stazioni trasmettenti.

2 - FORMAZIONE DELLE SCALE DI TEMPO COORDINATO ED INTEGRATO

La scala di tempo coordinato \overline{UTC}_{Me} è stata costruita sulla base della frequenza di un oscillatore a quarzo Motorola e di confronti giornalieri con altre scale

di tempo fisico per mezzo di segnali orari convenzionali a partire dal 1° gennaio 1969 fino al 1° gennaio 1971. I segnali ricevuti sono quelli delle stazioni *HBG*, *DIZ*, *IBF*, *FTA₉₁*, *GBR*, *MSF*, *DCF₇₇*, *OLB₅*, *RWM* ed *FTK₇₇*.

La sincronizzazione tra le varie scale di tempo è stata effettuata mediante riduzione degli istanti di ricezione a quelli di emissione, correggendoli per i ritardi di propagazione. Tali ritardi sono stati calcolati teoricamente per la sede di Merate e ci si ripropone, sulla base del presente lavoro, di determinare sperimentalmente le eventuali correzioni ai valori teorici adottati mediante un procedimento di compensazione interna. Inoltre gli istanti di ricezione dei singoli segnali riportati agli istanti di emissione sono stati ridotti al sistema *TUC* del *BIH*, tenendo conto delle correzioni $E = TUC - Seg.$ forniti dalle circolari *D* del *BIH* stesso. Infine si è ottenuta la scala \overline{UTC}_{Me} mediando algebricamente gli istanti di ricezione ridotti all'emissione e al sistema *UTC* delle stazioni usate; tale scala, per le correzioni descritte sopra, a parte le irregolarità di propagazione e la marcia del quarzo locale, si può ritenere riferita alla scala di tempo fisico *TUC* del *BIH*.

L'andamento di tale scala è rappresentato in Fig. 1. Le interruzioni che appaiono sono dovute a guasti del ricevitore di frequenza e, per il periodo 17.4.1970 - 19.6.1970 a guasto del quarzo.

Per l'interpretazione e lo studio di tale curva occorre tener presente i fenomeni che intervengono nella costruzione di detta scala e precisamente:

- tale scala si costruisce sulla base di una frequenza campione locale, quindi sarà compreso in essa l'effetto della deviazione di tale frequenza rispetto ad una frequenza campione di confronto e delle irregolarità intrinseche di tale frequenza;
- il sistema stesso di confronto dei segnali orari introduce irregolarità dovute ai fenomeni di propagazione nelle bande *MF* ed *LF*;
- inoltre esistono altre variazioni di tipo accidentale dovute ai procedimenti di misura e di calcolo.

Il primo fenomeno è quello che incide maggiormente sull'andamento della scala di tempo coordinato come risulta evidente dalla seconda curva riportata in Fig. 1 rappresentante la scala di tempo integrato.

Tale scala è stata costruita sulla base dei confronti di fase della frequenza locale ν_0 con frequenza $\nu = 75$ kHz dell'emissione campione della stazione di *HBG*. Integrando le variazioni $\Delta\nu/\nu$ su un periodo di 24 ore si determina la scala di tempo integrato.

$$t - t_0 = - \int_{t_0}^t \frac{\Delta\nu}{\nu} dt$$

$$UTC_{int.} = \Sigma (t - t_0) m \quad (m = 1, 2, \dots, 730 \text{ gg})$$

Questa scala di tempo presenta anch'essa irregolarità dovute alle variazioni intrinseche delle frequenze confrontate e alle variazioni della frequenza ricevuta causate da fenomeni di propagazione.

La sincronizzazione di questa scala è stata effettuata facendola coincidere con la scala di tempo coordinato di Merate per l'epoca maggio 1, 1969,0^h TU. Noto l'andamento di questa scala e sottraendola dalla scala di tempo coordinato è possibile studiarne la precisione in presenza dei soli fenomeni di propagazione e delle irregolarità delle tecniche di misura.

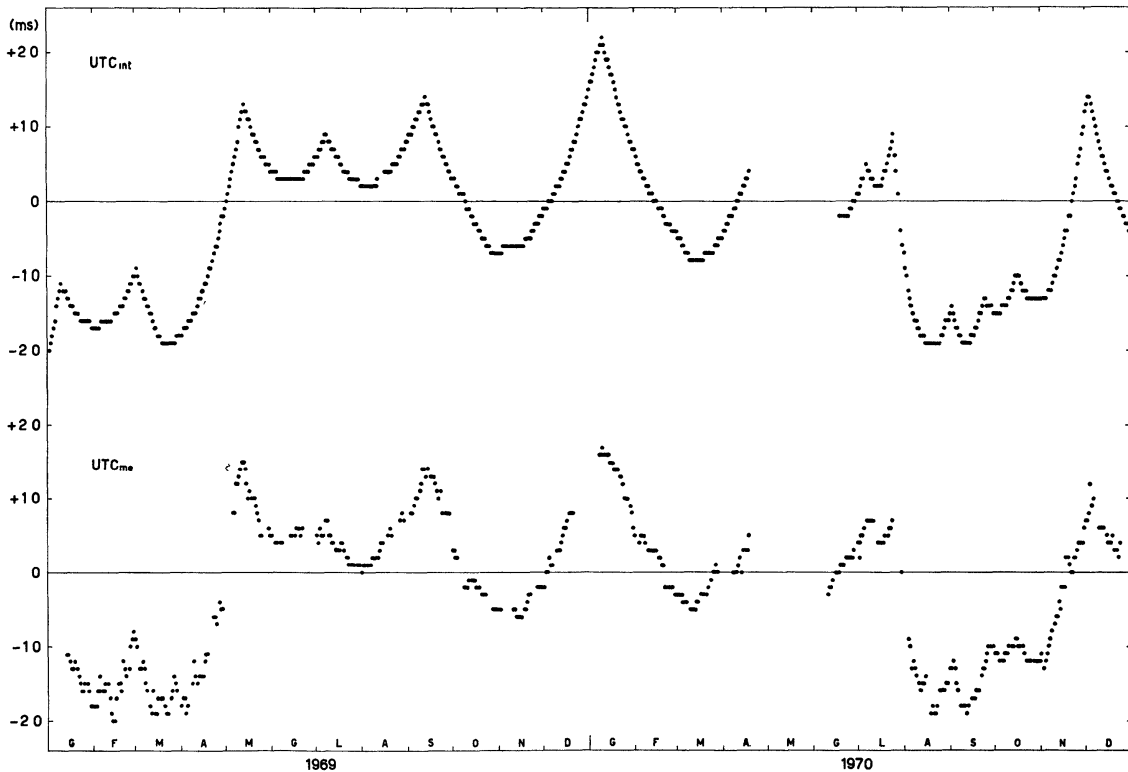


FIG. 1

Andamento della scala di tempo fisico coordinato \overline{UTC}_{Me} ottenuta mediando gli istanti di ricezione dei segnali orari ricevuti, ridotti all'emissione e al sistema UTC del BIH, e della scala di tempo fisico integrato dedotta dai confronti di fase tra la frequenza locale e la frequenza ricevuta HBG.

3. - ANALISI DELLE VARIAZIONI DELLA SCALA DI TEMPO COORDINATO E CONCLUSIONE

In Fig. 2 è riportato l'andamento della scala di tempo coordinato liberata dalle variazioni dovute alla marcia del campione locale, cioè,

$$\Delta UTC_* = \overline{UTC}_{Me} - UTC_{int.}$$

La stabilità delle frequenze confrontate è nettamente di ordine superiore rispetto alle rimanenti variazioni e perciò può essere trascurata nelle considerazioni che seguono. Tali variazioni sono attribuibili a fenomeni aleatori a corto e lungo

termine, per cui i parametri statistici usati per valutare quantitativamente l'entità di tali fenomeni, ad es. la varianza, possono essere interpretati solo in funzione della durata dei periodi esaminati.

Si è calcolata la deviazione standard su periodi di tempo di n giorni, con $n = 5, 10, 30, 100$ giorni, e, sottraendo dalle quantità ΔUTC i valori medi calcolati

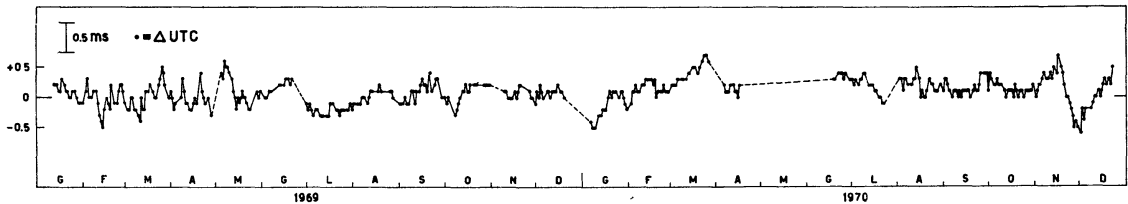


FIG. 2

Scala di tempo coordinato liberata dalla marcia del campione locale, $\Delta UTC = UTC_{Me} - UTC_{int.}$

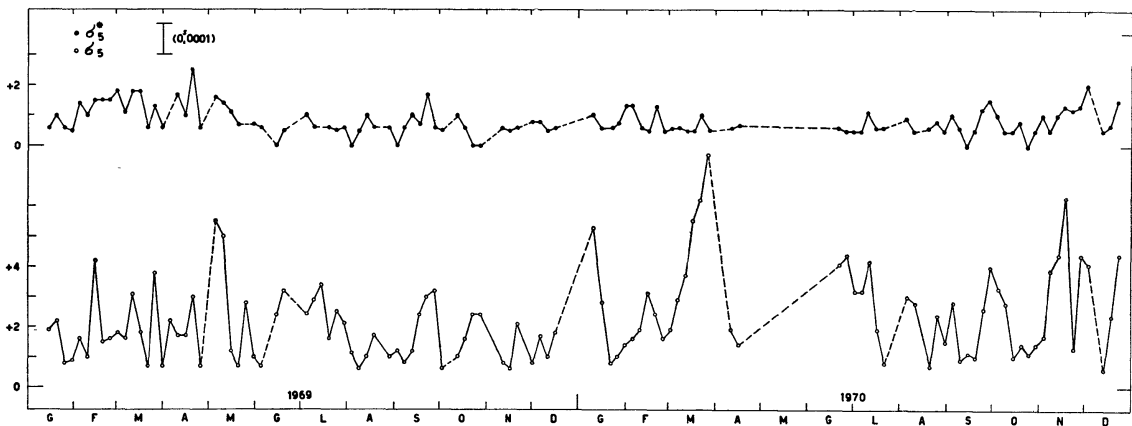


FIG. 3

Sono riportati i valori di σ_n e σ_n^* in funzione del tempo per $n = 5$, dove σ_n è la deviazione standard calcolata su periodi di 5 giorni e σ_n^* è la deviazione standard ottenuta sottraendo dalle quantità ΔUTC i valori medi calcolati per i diversi periodi.

per i diversi periodi, considerate le differenze come scarti accidentali caratteristici dei vari periodi, si sono valutate le varianze σ_n^* in funzione del tempo e del periodo considerato n .

Nelle Figg. 3 e 4 sono rappresentati i valori σ_n e σ_n^* per $n = 5$ e $n = 10$. Dall'andamento di tali curve risulta l'esistenza di una componente di natura non accidentali negli scarti ΔUTC , legata a fenomeni di propagazione e tecniche di confronto.

In Fig. 5 sono riportati i valori medi $\bar{\sigma}_n$ e $\bar{\sigma}_n^*$ e l'errore ε_n su $\bar{\sigma}_n$ in funzione di $n = 5, 10, 30, 100$. I valori numerici corrispondenti sono espressi nella Tabella I.

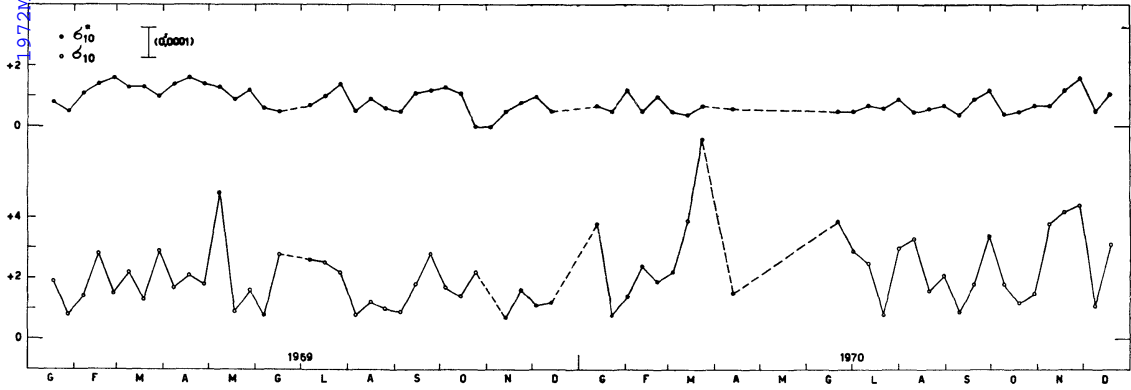


FIG. 4

Sono riportati i valori di σ_n e σ_n^* in funzione del tempo per $n = 10$, dove σ_n è la deviazione standard calcolata su periodi di 10 giorni e σ_n^* è la deviazione standard ottenuta sottraendo dalle quantità ΔUTC i valori medi calcolati per i diversi periodi.

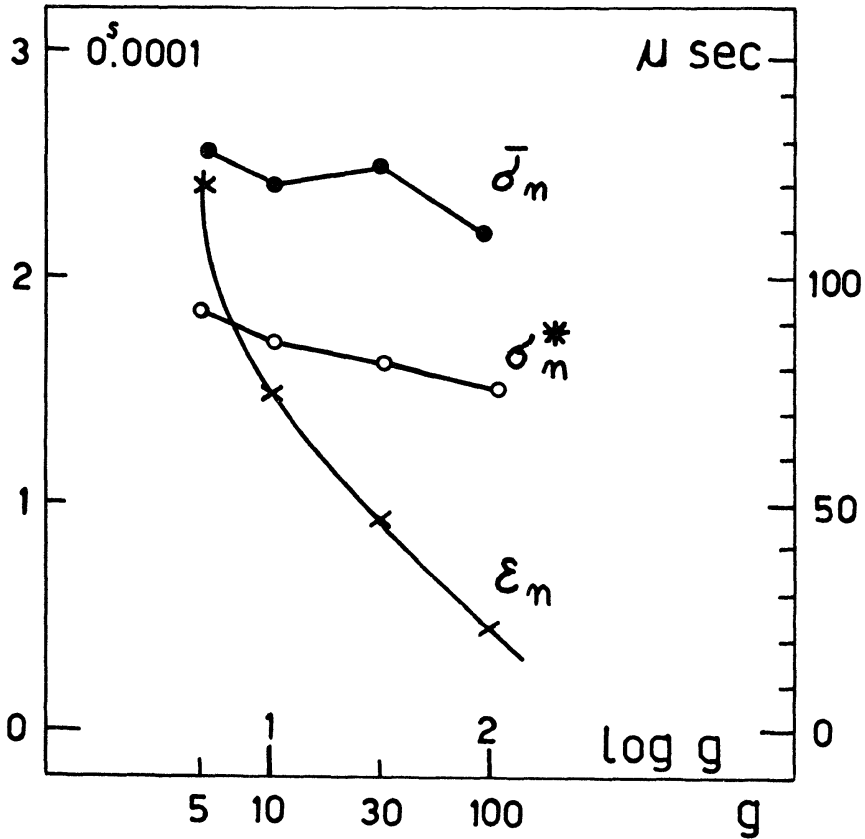


FIG. 5

Sono riportati i valori $\bar{\sigma}_n$ e $\bar{\sigma}_n^*$ e l'errore ϵ_n su $\bar{\sigma}_n$ per $n = 5, 10, 30, 100$.

TABELLA I

n	$n^{(0s,0001)}$	$n^{(us)}$	$n^{(0s,0001)}$
5	2.68	120	0.93
10	2.46	74	0.86
30	2.58	47	0.81
100	2.38	24	0.77

L'andamento di $\bar{\sigma}_n$ e $\bar{\sigma}_n^*$ è lentamente decrescente al crescere di n e i valori $\bar{\sigma}_n^*$ sono inferiori a quelli $\bar{\sigma}_n$ di circa $0^s.00005$. Questo conferma quanto detto sopra circa l'esistenza di una componente non accidentale della determinazione delle scale di tempo fisico con i metodi descritti in precedenza.

I valori di ε_n indicano che il valore massimo dell'imprecisione imputabile alla scala UTC su un periodo di un anno risulta di circa $\pm 20 \mu\text{sec}$, mentre a corto termine, per periodi dell'ordine di qualche giorno si aggira su $\pm 120/\mu\text{sec}$.

Nel caso dell'applicazione diretta di tale scala di tempo fisico, usata cioè come base per la scala di tempo astronomico, avendo quest'ultima una precisione a breve termine dell'ordine di qualche millisecondo, essa risulta soddisfacente allo scopo cui è destinata.