

38

CONTRIBUTI
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICICO DI MILANO-MERATE
a cura del Direttore
Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 213

EDOARDO PROVERBIO

Determinazione fotografica di precisi istanti
dei contatti durante l'eclisse totale di sole
del 15 febbraio 1961

(Estratto dagli « Atti della VII Riunione della Società Astronomica Italiana »,
Milano, ottobre 1962)

PAVIA
INDUSTRIE LITO-TIPOGRAFICHE MARIO PONZIO S.P.A.
1963

CONTRIBUTI
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMIC DI MILANO-MERATE
a cura del Direttore
Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 213

EDOARDO PROVERBIO

Determinazione fotografica di precisi istanti
dei contatti durante l'eclisse totale di sole
del 15 febbraio 1961

(Estratto dagli « Atti della VII Riunione della Società Astronomica Italiana »,
Milano, ottobre 1962)

PAVIA
INDUSTRIE LITO-TIPOGRAFICHE MARIO PONZIO S.p.A.
1963

DETERMINAZIONE FOTOGRAFICA DI PRECISI ISTANTI DEI CONTATTI DURANTE L'ECLISSE TOTALE DI SOLE DEL 15 FEBBRAIO 1961

EDOARDO PROVERBIO

(Osservatorio Astronomico di Brera)

RIASSUNTO. — Vengono descritti i criteri di riduzione e le apparecchiature utilizzati in occasione dell'eclisse totale di Sole dalla spedizione astrometrica dell'Osservatorio di Brera sul M.te Conero.

L'esame dei metodi classici di riduzione dei fotogrammi rivela quantitativamente l'importanza del fenomeno della sovraesposizione durante la ripresa dei contatti interni.

L'utilizzazione di una relazione generale per il calcolo degli istanti dei contatti a partire dalla misura delle corde, permette di stabilire che l'espressione che rende minimo l'errore medio dell'istante t dei contatti, risulta della forma

$$A_1 + A_2(t_0 - t) + A_3(t_0 - t)^2 + c^2B_2(t_0 - t) + c^2B_3(t_0 - t)^2 = c^2.$$

La risoluzione di sistemi di equazioni di condizione di questo tipo (68 equazioni e 153 equazioni rispettivamente per il II e IV contatto) mediante calcolatori elettronici IBM 650 e 1620 hanno permesso di ottenere gli istanti dei due contatti con un errore medio di $\pm 0,23$ e $\pm 0,46$ s.

SUMMARY. — The methods and the apparatus utilised on the occasion of the total Solar eclipse February 15, 1961, by the astronomical expedition of the Brera - Milan Observatory on the M. Conero are described.

The quantitative importance of the overexposure during the retake of the second and third contact is showed from the analysis of the classic methods of reduction of the observations.

Utilising a general relation for the computation of the contact determination through the measure of the chords, is possible to find the expression

$$A_1 + A_2(t_0 - t) + A_3(t_0 - t)^2 + c^2B_2(t_0 - t) + c^2B_3(t_0 - t)^2 = c^2.$$

giving the minimum mean square error of the time of contact t .

The solution of a sistem of equations (68 for the second contact, 153 for the fourth contact) with a IBM 650 and 1620 computer, give, for the mean error of the two contacts respectively, $\pm 0,23$ and $\pm 0,46$ s.

Introduzione

1. — La spedizione dell'Osservatorio di Brera in località Belvedere sul Monte Conero in occasione dell'eclisse totale di Sole del 15 febbraio 1961 prevedeva osservazioni astrometriche di elevata precisione per la determinazione degli istanti dei contatti.

L'organizzazione di una simile impresa richiede la conoscenza del

TU2 con notevole precisione e soprattutto l'uso di tecniche fotografiche particolarmente idonee allo scopo.

La prima operazione è stata risolta utilizzando segnali orari di grande stabilità inviati direttamente dall'Osservatorio di Brera mediante ponte radio. Poichè questi segnali possono essere facilmente riferiti sia al TU2 locale che a un TU2 medio relativo a più stazioni fondamentali, la soluzione adottata ha permesso di garantire con sufficiente precisione sia la conoscenza del TU2 che la sua uniformità durante tutta la durata dell'eclisse.

I segnali orari al secondo, generati da un divisore elettronico con stabilità di fase inferiore a 10μ sec, da Brera sono stati inviati mediante normale linea telefonica, gentilmente concessa dalla STIPEL, alla RAI di Milano e trasmessi via audio, utilizzando la stazione ripetitrice di M. Peia, fino ad una apposita stazione mobile ricevente della RAI a pochi metri dalle apparecchiature ottiche e di registrazione. Queste ultime erano costituite da un rifrattore principale con diametro di 10 cm e lunghezza focale 170 cm montato sul tubo dell'equatoriale Merz di 20 cm completo di movimento orario, che fungeva come elemento di controllo del centramento, utilizzando la proiezione diretta del Sole su schermo. Nel fuoco del rifrattore principale è stato montato un apparecchio fotografico tipo Robot con caricatore speciale della capacità di 1500 fotogrammi munito di motore da 24 V per la carica automatica.

I segnali orari al secondo ricevuti furono inviati direttamente sia su una delle punte di un cronografo registratore a striscia paraffinata che alla bobina del relais elettromagnetico per il comando automatico dell'apparecchio fotografico. I segnali di comando inviati alla bobina del relais elettromagnetico potevano essere interrotti manualmente a mezzo interruttore, questi ultimi venivano inoltre registrati su una seconda punta del cronografo a striscia in modo da permettere il cronometraggio preciso di ciascun fotogramma. La figura 1 fornisce lo schema a blocchi del dispositivo di trasmissione e registrazione.

La misura dei ritardi di propagazione e strumentali è stata effettuata in due tempi. Il tratto AB da Brera alla stazione mobile ha presentato un ritardo di 2,2 msec, mentre quello della parte strumentale fissa, consistente nell'amplificatore dei segnali orari, nel relais del circuito di comando e nella bobina del magnete del dispositivo fotografico è risultato (a meno del tempo di posa) $0^s.061 \pm 0^s.001$.

Il segnale orario all'entrata dell'amplificatore presentava un'ampiezza picco a picco di 3V con un tempo di salita di 150μ sec, mentre il segnale reale di risposta del dispositivo fotografico è risultato ovviamente maggiore. Misure di laboratorio effettuate nelle medesime condizioni riscontrate durante l'eclisse, ottenute misurando la risposta di una cellula fotoelettrica situata nel fuoco dell'apparecchio fotografico hanno fornito i risultati raccolti nella tabella I.

TABELLA I

Tempo		
Apertura teorica	Apertura reale	Salita
2 msec	4 msec	0,5 msec
4 msec	6,5 msec	1 msec
8 msec	13 msec	1 msec

I tempi di posa sono sempre risultati inferiori a 0,01 sec utilizzando convenientemente un diaframma ad iride, appositamente costruito, variabile da 8 a 0,4 cm posto davanti all'obiettivo. Considerando l'esiguità del tempo di salita, corrispondente a quello di apertura del diaframma a tendina dell'apparecchio fotografico, si può quindi concludere che, al più, i ritardi attribuibili al tempo di apertura ed al *tempo di impressione* possono risultare di qualche millisecondo.

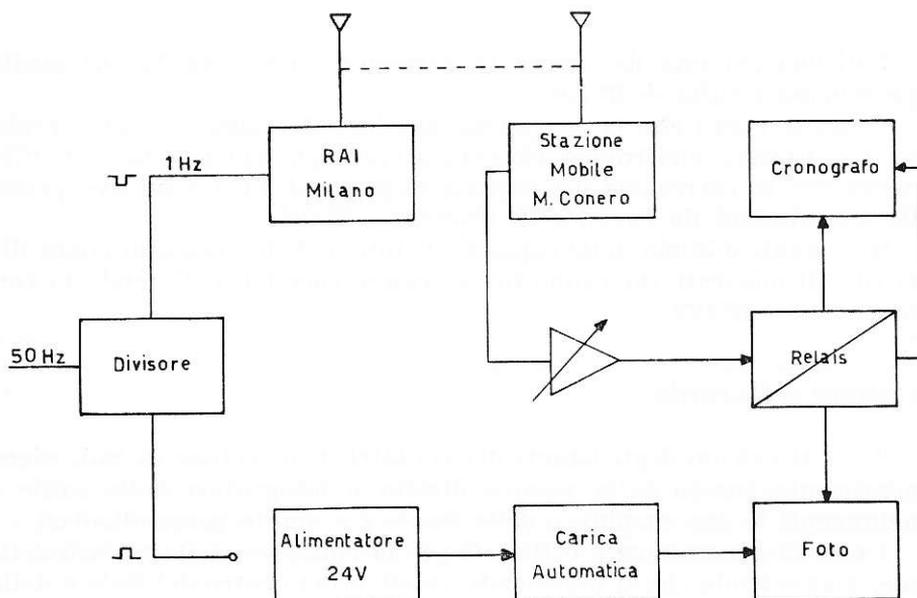


Fig. 1

2. — Il calcolo della correzione Δt dei segnali orari di comando non è stato riferito al TU2 definitivo di Brera poichè le correzioni fornite dal BIH vengono pubblicate dopo un tempo relativamente lungo. Essa è stata perciò calcolata rispetto al TU2 definitivo delle stazioni orarie indicate nella tabella II, nella quale sono indicate, espresse in unità di 1.10^{-4} sec, le correzioni Δt_i dell'orologio a quarzo Q2 per il giorno 15 febbraio negli istanti di ricezione arrotondati in T.U., corrette per la durata di propagazione, le correzioni δt_i , gentilmente fornite dal BIH, per riportare le Δt_i al TU2 definitivo, e la marcia diurna m_i dell'orologio Q2 riferita alle stazioni orarie considerate.

TABELLA II

Indicativo	T.U.	Δt_i	δt_i	m_i	Δt
HBN	20 ^h	+ 4454	+ 541	+ 9,3	+ 4947
MSF	21	4776	206	9,3	4930
WWV	22	4774	215	8,6	4937

L'ultima colonna dà invece la correzione definitiva la cui media approssimata risulta + 0^s,494.

Tenendo conto che la correzione assoluta del segnale orario prelevato dal divisore elettronico rispetto all'orologio Q2 risulta — 0^s,979, si trova per la correzione del segnale rispetto al TU2 definitivo prima della trasmissione da Brera a M. Conero — 0^s,485.

Gli istanti d'inizio delle esposizioni fotografiche, tenendo conto dei vari ritardi misurati, dovranno invece essere corretti utilizzando la correzione $\epsilon = - 0^s,422$.

La misura delle corde

3. — Il calcolo degli istanti dei contatti di un'eclisse di Sole viene generalmente basato sulla misura diretta e fotografica delle corde c congiungenti le due cuspidi, o delle frecce f a queste perpendicolari.

I metodi generalmente utilizzati per la riduzione della misura delle corde, ammettendo che il movimento relativo del centro del Sole e della Luna nel periodo dell'eclisse sia rettilineo, forniscono precisioni differenti a seconda dell'approssimazione ⁽¹⁾ ⁽²⁾ delle espressioni analitiche

che rappresentano le corde c in funzione del tempo. Un'approssimazione maggiore si ha ritenendo il moto del centro della Luna rispetto al Sole non rettilineo uniforme, ma uniformemente accelerato ⁽³⁾.

Dal punto di vista analitico il problema è quindi quello di trovare l'espressione più adeguata per la funzione

$$c = F(t)$$

nella quale c sono le quantità misurate in funzione del tempo.

Quest'ultima può essere più convenientemente rappresentata dalle due funzioni

$$c = F_1(l), \quad l = F_2(t),$$

ove l rappresenta la distanza topocentrica tra i due centri del Sole e della Luna, o, in altre parole l'elongazione della Luna dal Sole.

La funzione l è conosciuta dalla teoria e può essere rappresentata da una funzione razionale del tipo

$$(1) \quad l = a + b(t - t_0) + c(t - t_0)^2 + d(t - t_0)^3,$$

ove t_0 è un conveniente istante assunto vicino all'epoca dei contatti. Per quanto riguarda invece la funzione $F_1(l)$, utilizzando l'artificio introdotto da Missana ⁽³⁾, si trova

$$(2) \quad c^2 = 2(R^2 + r^2) - \left[\frac{(R^2 - r^2)^2}{l^2} + l^2 \right],$$

in cui R ed r indicano rispettivamente i raggi del Sole e della Luna nel periodo dei contatti.

4. — Prima di discutere l'utilizzazione pratica della (1) e della (2) riteniamo necessario analizzare l'influenza che gli effetti sistematici introdotti dalla sovraesposizione del materiale fotografico, sempre presente in misura più o meno sensibile, e che come è noto, agisce nel senso di fornire valori di R più grandi di quelli reali, rivestono nella precisione delle misure.

Chiamando dR il rigonfiamento del contorno del disco solare e c' la misura della corda rilevata dal fotogramma sovraesposto si può scrivere con sufficiente approssimazione, la distanza l rimanendo invariata,

$$c'^2 = 2[(R + dR)^2 + (r - dR)^2] - \left\{ \frac{[(R + dR)^2 - (r - dR)^2]^2}{l^2} + l^2 \right\},$$

da cui si ottiene facilmente

$$c'^2 - c^2 = 4 [dR^2 + dR (R - r)] - \left[\frac{4 dR (R + r) (R^2 - r^2)}{l^2} + \frac{4 dR^2 (r + R)^2}{l^2} \right].$$

Indicando poi con Δc lo scarto $c' - c$, e ponendo, in prima approssimazione, $c' + c = 2c$, si ha

$$(3) \quad \Delta c = 2 \frac{dR}{c} [dR + (R - r)] \left[1 - \frac{(r + R)^2}{l^2} \right].$$

In questa relazione Δc risulta funzione implicita del tempo e quindi suscettibile di alterare, se non qualitativamente, per lo meno quantitativamente la funzione $F(t)$, cioè, in ultima analisi, i valori degli istanti dei contatti che si ottengono estrapolando questa funzione per $c = 0$. Eseguendo la sostituzione

$$a = \frac{(r + R)^2}{l^2} - 1,$$

la (3) si può scrivere

$$(3') \quad \Delta c = 2a \frac{dR}{c} [(r - R) - dR],$$

da cui, essendo per ipotesi $dR > 0$ e durante un'eclisse totale risultando sempre $a > 0$, $r - R > 0$, si deduce che

$$c' - c = \Delta c \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} 0 \text{ per } dR \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} (r - R)$$

Supponendo che la precisione nella misura delle corde risulti $\leq \varepsilon$ si richiede quindi che sia $|\Delta c| \leq \varepsilon$ affinché l'effetto della sovraesposizione non influisca sulle misure stesse. Dalla (3') si ottiene quindi la disuguaglianza

$$(4) \quad dR^2 - dR (r - R) + \frac{1}{2} \frac{c}{a} \varepsilon \geq 0.$$

Per le radici dell'equazione (4) si ha

$$(4') \quad dR = \frac{1}{2} \left[r - R \pm \sqrt{(r - R)^2 - 2 \frac{c}{a} \Delta c} \right], \quad (|\Delta c| = 10^{-2} \text{ mm})$$

Al fine di stabilire il campo di variabilità delle radici stesse osser-

viamo che il discriminante Δ della precedente risulta funzione di Δc , e quindi si avrà per $dR < r - R$

$$(5) \quad \Delta \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 0 \quad , \quad \text{per } (r - R)^2 \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 2 \frac{c}{a} \Delta c \quad ,$$

mentre per $dR \geq r - R$, avendosi $\Delta c \leq 0$ il discriminante risulterà sempre positivo.

Non riteniamo di dovere proseguire in queste discussioni di carattere generale le cui conclusioni per i vari casi, possono essere dedotte facilmente da quanto precede. Ci preme invece prendere in considerazione ed analizzare il comportamento della funzione Δc nel nostro caso specifico, per cui avendosi $F = 1700$ mm risultano i seguenti valori teorici relativi al giorno 15 febbraio 1961,

$$\begin{aligned} r - R &= 27'' \equiv 0,204 \text{ mm}, \\ r + R &= 32' 53'' \equiv 16,218 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Poichè d'altra parte si è trovato sperimentalmente $dR < r - R$, si possono ritenere senz'altro valide le relazioni (5); ammettendo inoltre $\varepsilon \leq 10^{-2}$ mm potrà aversi al più $\Delta c = 10^{-2}$ mm, e quindi i valori reali di dR risulteranno, in prima approssimazione, dalla relazione.

$$(4'') \quad dR < 2,1 \frac{c}{a} \Delta c \quad ,$$

Nella tabella I, in cui tutti i dati sono espressi in mm, sono stati calcolati i valori approssimati delle corde c e di a , dall'istante approssimato del primo (o dell'ultimo) contatto ($l = r + R$) all'istante approssimato del secondo (o del terzo) contatto ($l = r - R$). Nella stessa tabella è indicato il segno che il discriminante dell'equazione (4') assume al variare di c/a .

Da essa si rileva che, nel caso di contatti esterni per corde fino a circa 15 mm la (4) risulta sempre verificata per qualsiasi valore di $dR \leq r - R$. Per distanze l inferiori a circa 5 mm la condizione iniziale $\Delta c \leq 10^{-2}$ non risulta invece verificata che per valori di dR via via rapidamente decrescenti, secondi i valori calcolati che appaiono nella tabella stessa.

Questa conclusione acquista notevole interesse per quanto riguarda la possibilità di determinare con elevata precisione gli istanti dei contatti della totalità (II e III contatto), dimostrando come per il calcolo di detti istanti risultano molto critiche le misure di corde inferiori a circa 15 mm, per cui è necessario utilizzare, ove sia possibile, immagini

TABELLA I

delta (a)

l	c	a	c/a	Δ	dR
16.2	0,85	0,00034	2500	< 0	$\ll r - R$
16.0	3,22	0,038	85	< 0	$\ll r - R$
15.0	6,43	0,181	36	< 0	$\ll r - R$
14.0	8,39	0,356	24	< 0	$\ll r - R$
13.0	9,87	0,572	17	< 0	$\ll r - R$
12.0	11,1	0,845	13	< 0	$\ll r - R$
11.0	12,1	1,18	10	< 0	$\ll r - R$
10.0	12,9	1,66	7,8	< 0	$\ll r - R$
9.0	13,6	2,28	6,0	< 0	$\ll r - R$
8.0	14,2	3,15	4,5	< 0	$\ll r - R$
7.0	14,7	4,42	3,3	< 0	$\ll r - R$
6.0	15,2	6,38	2,4	≈ 0	$< r - R$
5.0	15,5	9,63	1,6	> 0	< 0.034
4.0	15,8	15,6	1,0	> 0	< 0.021
3.0	16,0	28,5	0,56	> 0	< 0.012
2.0	16,1	65,4	0,25	> 0	< 0.005
1.0	15,8	265	0,060	> 0	< 0.001
0.5	14,3	1063	0,013	> 0	< 0.000
0.4	13,1	1659	0,0078	> 0	< 0.000
0.3	9,95	2961	0,0034	> 0	< 0.000

1. IV hnt

11 III hnt

*mult
on 6/6*

per le quali sia stato accertato che l'effetto della sovraesposizione risulti inferiore ai corrispondenti valori calcolati.

5. — Analizziamo ora l'influenza che una imprecisione dc nelle misure delle corde riveste nella determinazione degli istanti corrispondenti t .

Chiamando dt l'imprecisione che ne risulta per questi ultimi possiamo scrivere

$$(6) \quad dc = \left(\frac{dc}{dt} \right) \left(\frac{dl}{dt} \right) dt,$$

nella quale dl/dt si può ricavare in prima approssimazione dallo sviluppo che la teoria lunare fornisce per la elongazione *media* della Luna dal Sole. Trascurando le seconde potenze del tempo si trova

$$(6') \quad dl' = 0,5079 dt^s,$$

da cui, tenendo conto che nel nostro caso, essendo $F = 1700$ mm, risulta $1'' \equiv 8.2 \mu$, si ricava

$$d l_{\mu} = 0,24 dt^s.$$

Dalla (2) si ha inoltre

$$(6'') \quad \frac{d c}{d l} = \frac{(R^2 - r^2)^2}{c l^3} - \frac{l}{c}$$

Le (6), (6') e (6'') permettono di ricavare la imprecisione massima dc nella misura delle corde capace di introdurre un errore dt nei corrispondenti valori degli istanti t . Nella tabella II sono dati i valori calcolati di dc , espressi in μ , in funzione di l nel caso $dt = 1^s$.

Nella medesima tabella sono indicati i valori approssimati degli intervalli di tempo $\Delta T = t - t_0$ a partire dal primo contatto (valori positivi) e dal secondo contatto (valori negativi), ove con t_0 si è qui indicato l'istante generico dei contatti.

Ammettendo che la precisione intrinseca della misura di una corda risulti compresa tra 1 μ e 10 μ , e prescindendo dagli errori prodotti dalle

TABELLA II

l	c	$\frac{dc}{dl}$	dc	ΔT
16.2	0.85	- 19.2	- 4.6	+ 0.1
16	3.22	- 5.0	- 1.2	+ 0.9
15	6.43	- 2.3	- 0.6	+ 4.9
14	8.39	- 1.7	- 0.4	+ 8.9
13	9.87	- 1.3	- 0.3	+ 12.9
12	11.1	- 1.1	- 0.3	+ 16.9
11	12.1	- 0.9	- 0.2	+ 20.9
10	12.9	- 0.8	- 0.2	+ 24.9
9	13.6	- 0.7	- 0.2	+ 28.9
8	14.2	- 0.6	- 0.1	- 32.0
7	14.7	- 0.5	- 0.1	- 28.0
6	15.2	- 0.4	- 0.1	- 24.0
5	15.5	- 0.3	- 0.1	- 20.0
4	15.8	- 0.2	- 0.0	- 16.0
3	16.0	- 0.2	- 0.0	- 12.0
2	16.1	\pm 0.0	\pm 0.0	- 8.0
1	15.8	+ 0.9	+ 0.2	- 4.0
0.5	14.3	+ 8.4	+ 2.0	- 2.0
0.4	13.1	+ 17.9	+ 4.3	- 1.6
0.3	10.0	+ 56.2	+ 13.5	- 1.0

sovraesposizioni, si ha che per il primo (e l'ultimo) contatto non è prudente prendere in considerazione misure di fotogrammi presi molto oltre 4-6 minuti dall'inizio (o dalla fine) del fenomeno. Per il II e III contatto questo intervallo dovrà essere poi ulteriormente ridotto attorno ai 3 minuti.

E' peraltro da tenere presente che gli errori dc e quindi dt qui presi in considerazione rivestono in generale carattere accidentale per cui disponendo di un numero elevato di corde c l'errore medio nel risultato finale diminuisce notevolmente.

Le considerazioni precedenti permettono infine di concludere che la precisione richiesta per gli istanti t relativi alla ripresa dei singoli fotogrammi, necessaria per evitare di introdurre errori sistematici o accidentali rilevabili nelle misure delle corde ($dc \sim 1 \mu$) risulta dell'ordine del decimo di secondo per i contatti esterni e di qualche centesimo per i contatti interni.

6. — Disponendo di un numero n di misure di corde la funzione

$$c = F_1 [F_2 (t)],$$

può essere quindi rappresentata, partendo dalla (1) e dalla (2), dalla funzione razionale

$$(7) \quad c^2 = \sum_{i=1}^r A_i (t_0 - t)^{i-1} + c^2 \sum_{i=1}^{r-1} B_{i+1} (t_0 - t)^i.$$

Il numero dei termini da prendere in considerazione dipendendo soprattutto dall'intervallo $t - t_0$. La risoluzione di un sistema di equazioni di condizioni analoghe alla precedente permette la determinazione dei coefficienti e in seguito, con la condizione $c = 0$, dell'istante del contatto considerato $t_{c=0}$.

La misura delle frecce.

7. — Utilizzando il metodo delle frecce f si ha invece

$$(8) \quad f = R - r + 1.$$

da cui nel caso di sovrapposizione, si ottiene

$$\begin{aligned} f' &= R - r + 1 + 2 dR, \\ f' - f &= \Delta f = 2 dR. \end{aligned}$$

Ammettendo, come nel caso precedente, che sia $\Delta f \leq 10^{-2}$ mm dovrà quindi sempre essere $dR \leq 5 \mu$.

Dalle (8) si ha poi immediatamente

$$d f_{\mu} = d l_{\mu} = 0.24 dt^s,$$

dalla quale si deduce che ad una indeterminazione $dt^s = 1^s$ corrisponde sempre una indeterminazione $df_{\mu} = 0.7^{\mu}$. 1.2

I risultati forniti da questo metodo, trascurando il fenomeno della sovraesposizione, sembrano quindi molto meno precisi da quelli che si possono ottenere con il metodo delle corde, soprattutto presso gli istanti dei contatti. D'altra parte, nel caso dei contatti interni, proprio in questi istanti l'influenza delle sovraesposizioni risulta meno sensibile per questo metodo che non per quello delle corde, come si rileva del confronto dei valori dR forniti dalla tabella I.

Riduzione delle osservazioni

8. — Le varie fasi dell'eclisse di Sole sono state accompagnate da un tempo eccezionalmente buono, sfortunatamente però proprio durante la ripresa del primo contatto ed in parte del terzo contatto noie meccaniche nel dispositivo di trascinamento automatico della pellicola hanno impedito di raccogliere sufficiente materiale, per cui per questi contatti è stata forzosamente esclusa la possibilità di ottenere un istante sufficientemente preciso.

Nella tabella III sono raccolti i dati relativi ai contatti presi in considerazione, in quest'ultima n rappresenta il numero dei fotogrammi utilizzati tra le molte centinaia a disposizione, t_1 e t_f i limiti di tempo entro cui cadono questi ultimi fotogrammi, mentre con t_0 si è indicato l'istante approssimato del contatto. Le quantità $|\Delta T|$ e $|\Delta T_1|$ rappre-

TABELLA III

	CONTATTI		
	II	III	IV
n	68	91	153
t_1	8 ^h 34 ^m 39 ^s	8 ^h 42 ^m 24 ^s	9 ^h 45 ^m 26 ^s
t_f	8 37 37	8 50 35	9 50 56
t_0	8 37 40	8 39 51	9 51 10
$ \Delta T $	3 ^m .0	10 ^m .8	5 ^m .7
$ \Delta T_1 $	0 ^m .1	3 ^m .6	0 ^m .2

sentano invece rispettivamente l'intervallo tra l'istante t_0 e l'inizio o la fine delle ripresa fotografica e tra il medesimo intervallo e la fine o l'inizio delle stesse riprese. Questi ultimi dati, tenendo presenti le tabelle I e II, mettono in evidenza che i fotogrammi presi in considerazione sono compresi in intervalli particolarmente favorevoli, ad esclusione di quelli relativi al III contatto, mancanti dei fotogrammi più interessanti presi nelle vicinanze di t_0 . Durante le riprese è stata utilizzata pellicola Kodak tipo Eastman plus-X (20 Din).

La determinazione dei contatti.

9. — La determinazione degli istanti dei contatti è stata condotta utilizzando lo sviluppo (7), ponendo la condizione $c = 0$, nel quale i tempi t sono quelli stabiliti dalle registrazioni cronografiche, t_0 è dato dalla tabella III e le corde c sono quelle rilevate dallo spoglio dei fotogrammi presi in considerazione.

La tabella IV fornisce i valori delle precedenti quantità nonchè il valore dell'intervallo $t_0 - t$. I valori delle corde c dati dalla tabella costituiscono la media di 5 valori letti, utilizzando un microscopio comparatore il cui passo è risultato di circa 0,5 mm. La figura 2 rappresenta la distribuzione in funzione del tempo, secondo una scala arbitraria espressa in secondi, delle onde c , espresse in numero di rivoluzioni della vite micrometrica del misuratore. La maggiore dispersione dei valori delle corde che si rileva chiaramente nelle vicinanze del IV contatto è dovuta principalmente alle difficoltà di individuare il vertice della cuspidi ed all'influenza della turbolenza atmosferica.

L'errore medio relativo a ciascuna corda, sulla base dei cinque valori letti, risulta di 2,3 μ e di 6,5 μ rispettivamente per corde di 14,5 mm (corda max) e 5,0 mm (corda min) per il II contatto, di 2,3 μ e 11 μ per corde di 6 mm (corda max) e 1,5 mm (corda min) per il IV contatto.

Per il secondo contatto è stata determinata con numerose misurazioni la larghezza dello spigolo delle due cuspidi che è risultato sempre inferiore a 0,2 mm, ne consegue che l'eventuale effetto della sovrapposizione si può ritenere per questo contatto $\ll 0,1$ mm.

Dalla (7) si rileva che $t_0 - t$ risulta funzione di A_1 e di B_1 e quindi del numero di termini presi in considerazione. Per la scelta di questo numero, teoricamente indeterminato, si è ritenuto che il criterio più plausibile fosse quello di considerare più rappresentativo del fenomeno il numero di termini che rendesse minimo l'errore medio delle differenze $t_0 - t = \Delta t$.

Per questo motivo sono stati risolti numerosi sistemi di equazioni di condizioni relativi al II (68 equazioni) ed al IV 153 (equazioni) con un numero di termini variabile da tre (A_1, A_2, B_2) a nove ($A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, B_2, B_3, B_4, B_5$).

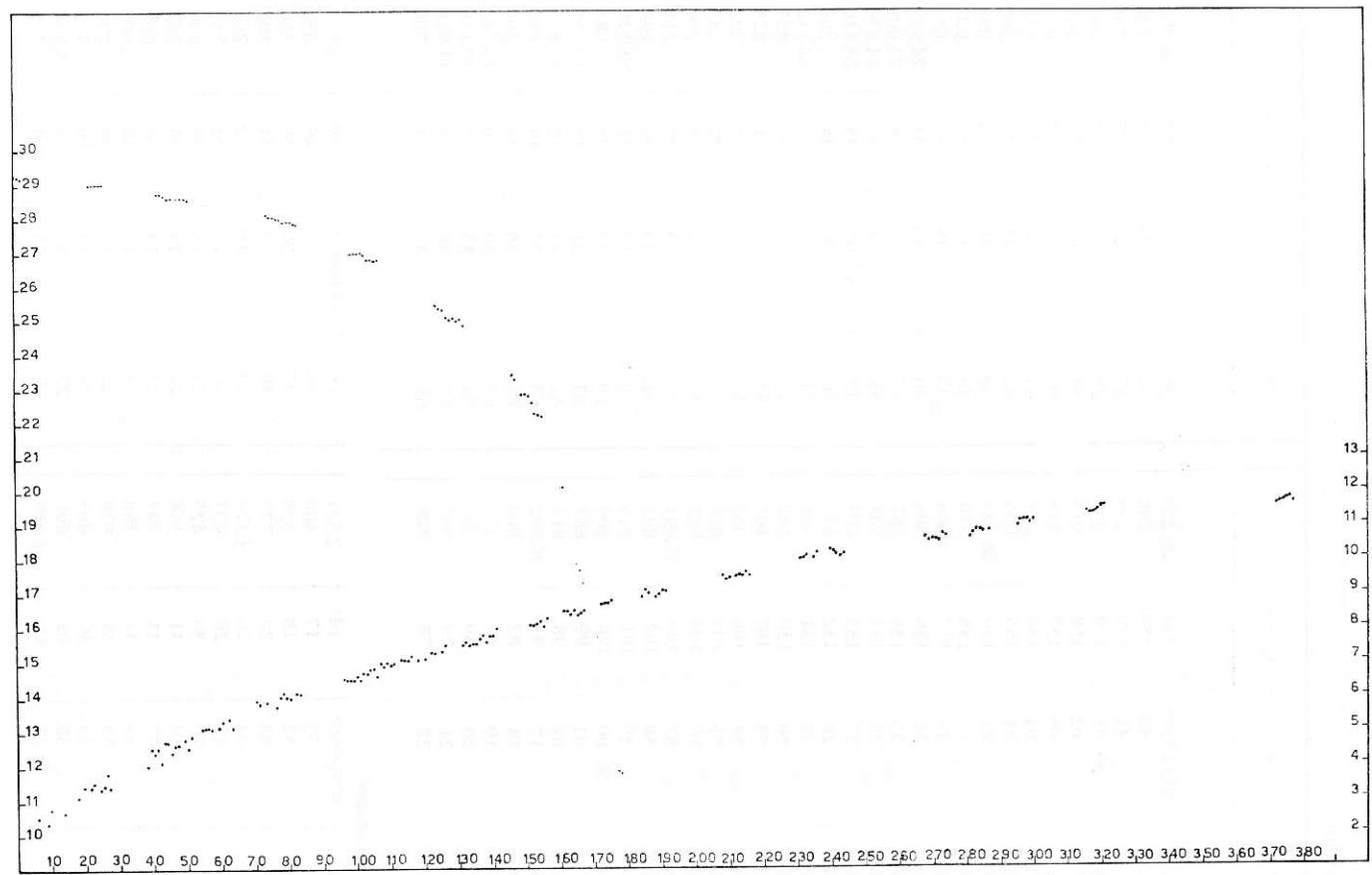


Fig. 2

TABELLA IV

II Contatto

N	t	$t_0 - t$	c	N	t	$t_0 - t$	c
1	8 ^h 34 ^m 39 ^s	181	29.250	35	8 ^h 36 ^m 23 ^s	77	26.794
2	40	180	246	36	24	76	730
3	41	179	204	37	25	75	760
4	35 01	159	059	38	26	74	765
5	02	158	015	39	42	58	526
6	03	157	014	40	43	57	451
7	04	156	008	41	44	56	348
8	05	155	003	42	45	55	300
9	21	139	28.725	43	46	54	088
10	22	138	710	44	47	53	022
11	23	137	684	45	48	52	033
12	24	136	594	46	49	51	24.989
13	25	135	587	47	50	50	25.008
14	26	134	588	48	51	49	24.854
15	27	133	603	49	37 05	35	23.410
16	28	132	641	50	06	34	264
17	29	131	588	51	07	33	22.912
18	30	130	542	52	08	32	827
19	53	107	103	53	09	31	825
20	54	106	067	54	10	30	792
21	55	105	036	55	11	29	583
22	56	104	002	56	12	28	279
23	57	103	27.991	57	13	27	215
24	58	102	891	58	14	26	198
25	59	101	915	59	19	21	20.091
26	36 00	100	909	60	20	20	085
27	01	99	862	61	21	19	19.755
28	02	98	813	62	24	16	17.855
29	17	83	26.992	63	25	15	660
30	18	82	968	64	26	14	300
31	19	81	973	65	30	10	15.741
32	20	80	964	66	35	5	12.116
33	21	79	985	67	36	4	11.920
34	22	78	928	68	37	3	780

IV Contatto

1	9 ^h 50 ^m 56 ^s	14 ^s	2.531	15	9 ^h 50 ^m 22 ^s	48 ^s	4.627
2	53	17	400	16	21	49	451
3	52	18	838	17	20	50	580
4	48	22	722	18	19	51	187
5	44	26	3.124	19	18	52	764
6	42	28	437	20	17	53	713
7	40	30	425	21	16	54	446
8	39	31	544	22	15	55	687
9	37	33	393	23	14	56	693
10	36	34	486	24	12	58	804
11	35	35	830	25	11	59	593
12	34	36	405	26	10	60	941
13	30	40	690	27	06	64	5.138
14	23	47	4.059	28	05	65	173

segue tabella IV

N	t	t ₀ — t	c	N	t	t ₀ — t	c
29	9 ^h 50 ^m 04 ^s	66 ^s	5.140	81	9 ^h 48 ^m 30 ^s	160 ^s	8.102
30	02	68	173	82	29	161	117
31	01	69	319	83	28	162	147
32	49 59	71	401	84	27	163	218
33	58	72	162	85	26	164	157
34	56	74	714	86	25	165	322
35	51	79	946	87	20	170	536
36	50	80	834	88	19	171	508
37	48	82	896	89	18	172	459
38	45	85	794	90	17	173	569
39	44	86	6.054	91	16	174	402
40	43	87	190	92	15	175	480
41	42	88	080	93	9	181	759
42	41	89	004	95	8	182	769
43	39	91	199	96	7	183	798
44	38	92	176	97	6	184	827
45	25	105	570	98	47 57	193	972
46	24	106	546	99	56	195	9.175
47	23	107	545	100	55	195	078
48	22	108	512	101	53	197	8.919
49	21	109	606	102	52	198	9.102
50	20	110	560	103	51	199	113
51	19	111	798	104	50	200	111
52	18	112	712	105	33	217	510
53	17	113	848	106	32	218	451
54	16	114	868	107	31	219	474
55	15	115	642	108	29	221	502
56	14	116	7.014	109	28	222	541
57	13	117	6.954	110	27	223	549
58	12	118	7.048	111	26	224	682
59	11	119	6.998	112	25	225	572
60	8	122	7.165	113	10	240	10.004
61	7	123	112	114	9	241	077
62	6	124	104	115	8	242	109
63	5	125	244	116	6	244	088
64	3	127	153	117	5	245	202
65	1	129	196	118	1	249	300
66	48 59	131	339	119	0	250	292
67	58	132	336	120	46 59	251	181
68	56	134	376	121	58	252	104
69	55	135	572	122	57	253	175
70	50	140	580	123	33	277	665
71	49	141	640	124	32	278	567
72	48	142	556	125	31	279	587
73	47	143	585	126	30	280	597
74	46	114	595	127	29	281	557
75	45	145	711	128	28	282	740
76	44	146	858	129	27	283	695
77	43	147	668	130	20	290	686
78	42	148	805	131	19	291	796
79	41	149	822	132	18	292	887
80	40	150	8.055	133	17	293	813

segue tabella IV

N	t	$t_0 - t$	c	N	t	$t_0 - t$	c
134	9 ^h 46 ^m 16 ^s	294 ^s	10.809	144	9 ^h 45 ^m 43 ^s	327 ^s	11.379
135	14	296	867	145	42	328	407
136	6	304	987	146	41	329	506
137	5	305	11.104	147	40	330	544
138	4	306	114	148	31	381	560
139	3	307	135	149	30	382	627
140	2	308	075	150	29	383	665
141	1	309	164	151	28	384	709
142	45 45	325	389	152	27	385	710
143	44	326	376	153	26	386	690

Se riteniamo in prima approssimazione la (7) limitata ai primi due termini si ha come primo valore approssimato di Δt ,

$$\Delta t = - \frac{A_1}{A_2} ,$$

a cui corrisponde, chiamando ε_{A_1} ed ε_{A_2} gli errori medi di A_1 ed A_2 , l'errore quadratico medio

$$\varepsilon_{\Delta t}^2 = \varepsilon_{A_1}^2 \frac{1}{A_2^2} + \varepsilon_{A_2}^2 \frac{A_1^2}{A_2^4} ,$$

o, a meno del secondo termine, piccolo rispetto al primo,

$$\varepsilon_{\Delta t} = \frac{\varepsilon_{A_1}}{A_2} .$$

La tabella V dà i valori dei coefficienti A_i e B_i dello sviluppo (7) relativi ai quattro casi esaminati per i due contatti II e IV. La risoluzione dei sistemi di equazioni è stata effettuata mediante calcolatore IBM 650 e IBM 1620.

Nella figura 3 sono rappresentati in funzione del numero dei termini dello sviluppo, i valori delle quantità A_1/A_2 ed ε_{A_1}/A_2 . Da essa si può rilevare che per ambedue i contatti il valore più preciso di Δt (minimo valore di ε_{A_1}/A_2) è quello che si ottiene utilizzando cinque termini nello sviluppo (7), che si riduce quindi all'espressione

$$(7') \quad A_1 + A_2 \Delta t + A_3 \Delta t^2 + c^2 B_2 \Delta t + c^2 B_3 \Delta t^2 = c^2 .$$

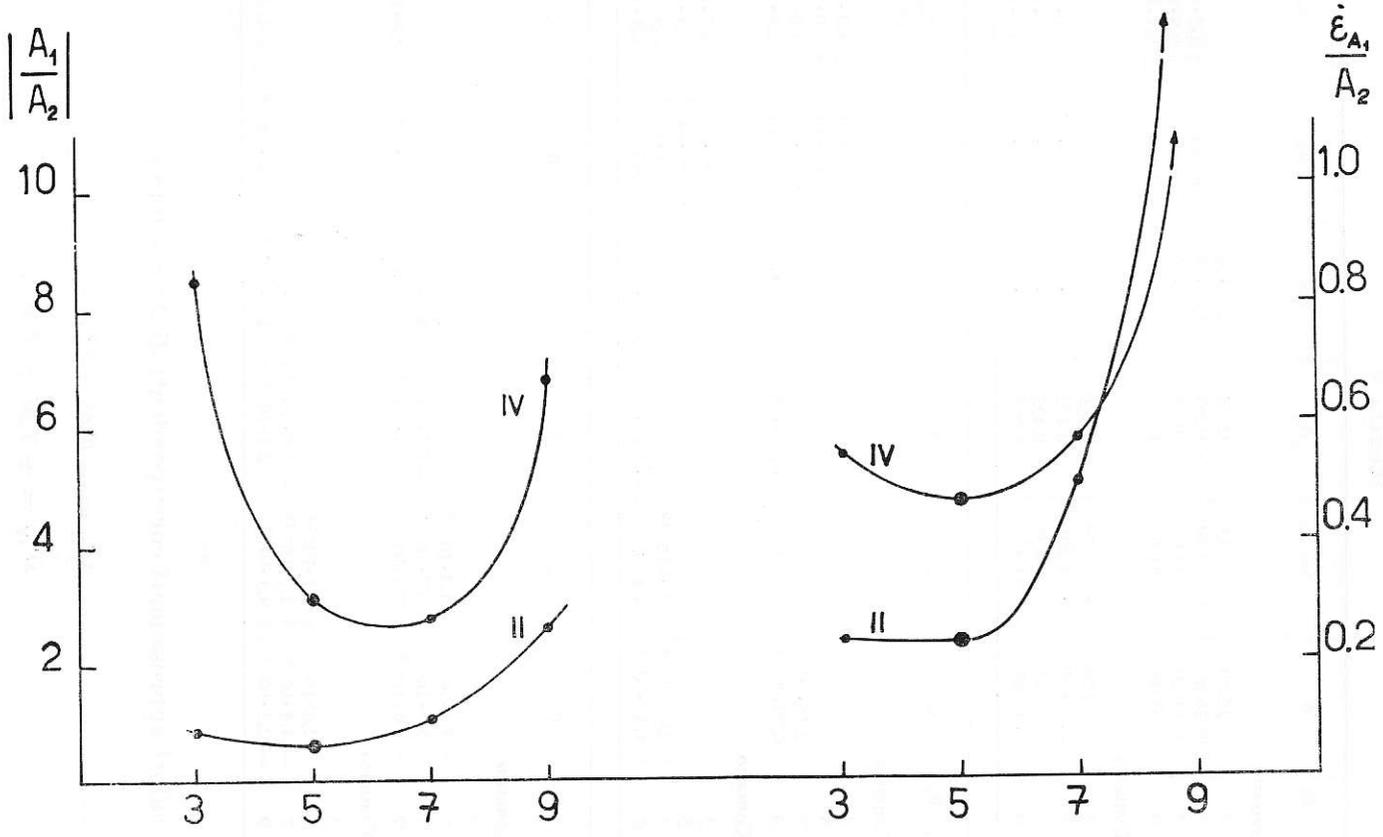


Fig. 3

TABELLA V

N	A_1+B_1	A_1	ε_{A_1}	A_2	ε_{A_2}	A_3	ε_{A_3}
II Contatto							
1	3	+ 26.50	± 7.41	+ 31.60	$\pm 2,85 \cdot 10^{-1}$		
2	5	+ 20.86	± 7.49	+ 32.09	$\pm 3,9 \cdot 10^{-2}$	- 0.344	$\pm 1,2 \cdot 10^{-4}$
3	7	+ 31.30	$\pm 15,0$	+ 29.78	$\pm 8,5 \cdot 10^{-2}$	- 0.659	$\pm 9,9 \cdot 10^{-4}$
4	9	+ 57.90	± 201.6	+ 22.63	$\pm 5,63$	- 0.840	$\pm 3,7 \cdot 10^{-2}$
IV Contatto							
1	3	- 4.170	± 0.270	+ 0.490	$\pm 4,9 \cdot 10^{-5}$		
2	5	- 1.326	± 0.201	+ 0.432	$\pm 1,2 \cdot 10^{-4}$	- 1,15 · 10 ⁻³	$\pm 7,0 \cdot 10^{-9}$
3	7	- 1.202	± 0.254	+ 0.439	$\pm 3,4 \cdot 10^{-4}$	- 3,80 · 10 ⁻³	$\pm 9,6 \cdot 10^{-8}$
4	9	- 4.760	± 21.37	+ 0.695	$\pm 6,5 \cdot 10^{-2}$	- 2,00 · 10 ⁻²	$\pm 8,3 \cdot 10^{-5}$

N	A_1+B_1	A_4	ε_{A_4}	A_5	ε_{A_5}	B_1	ε_{B_1}
II Contatto							
1	3					- 3,09 · 10 ⁻²	$\pm 4,9 \cdot 10^{-8}$
2	5					- 2,17 · 10 ⁻²	$\pm 1,0 \cdot 10^{-7}$
3	7	+ 2,76 · 10 ⁻³	$\pm 7,7 \cdot 10^{-8}$			- 8,06 · 10 ⁻³	$\pm 1,0 \cdot 10^{-6}$
4	9	+ 6,20 · 10 ⁻³	$\pm 1,7 \cdot 10^{-5}$	- 1,00 · 10 ⁻⁵	$\pm 3,5 \cdot 10^{-10}$	+ 1,32 · 10 ⁻²	$\pm 2,9 \cdot 10^{-5}$
IV Contatto							
1	3					- 7,30 · 10 ⁻⁴	$\pm 2,2 \cdot 10^{-9}$
2	5					+ 2,56 · 10 ⁻³	$\pm 7,9 \cdot 10^{-9}$
3	7	+ 6,9 · 10 ⁻⁶	$\pm 7,1 \cdot 10^{-13}$			+ 8,64 · 10 ⁻³	$\pm 2,3 \cdot 10^{-7}$
4	9	+ 1,3 · 10 ⁻⁴	$\pm 4,4 \cdot 10^{-9}$	- 2,1 · 10 ⁻⁷	$\pm 1,5 \cdot 10^{-14}$	+ 3,60 · 10 ⁻²	$\pm 1,8 \cdot 10^{-4}$

N	A_1+B_1	B_2	ε_{B_2}	B_3	ε_{B_3}	B_4	ε_{B_4}
II Contatto							
1	3						
2	5	+ 3,4 · 10 ⁻⁴	$\pm 1,2 \cdot 10^{-10}$				
3	7	+ 5,5 · 10 ⁻⁴	$\pm 6,7 \cdot 10^{-10}$	- 2,7 · 10 ⁻⁶	$\pm 8,1 \cdot 10^{-14}$		
4	9	+ 4,8 · 10 ⁻⁴	$\pm 7,6 \cdot 10^{-9}$	- 4,9 · 10 ⁻⁶	$\pm 1,5 \cdot 10^{-11}$	+ 9,0 · 10 ⁻⁹	$\pm 3,8 \cdot 10^{-16}$
IV Contatto							
1	3						
2	5	+ 2,8 · 10 ⁻⁷	$\pm 1,5 \cdot 10^{-13}$				
3	7	- 1,5 · 10 ⁻⁵	$\pm 1,7 \cdot 10^{-12}$	- 2,7 · 10 ⁻⁹	$\pm 1,0 \cdot 10^{-17}$		
4	9	- 2,2 · 10 ⁻⁴	$\pm 9,3 \cdot 10^{-9}$	+ 2,1 · 10 ⁻⁷	$\pm 1,5 \cdot 10^{-14}$	+ 3,8 · 10 ⁻¹⁰	$\pm 9,5 \cdot 10^{-20}$

I valori approssimati corrispondenti di Δt risultano

$$\Delta t'_{II} = - 0^s,65 \pm 0^s,23 .$$

$$\Delta t'_{IV} = + 3^s,07 \pm 0^s,46 .$$

mentre per quelli calcolati con approssimazioni successive dalla (7'), dopo aver posto la condizione $c = 0$, ed i rispettivi errori medi si ha

$$\begin{aligned} \Delta t'_{II} &= - 0^s,65 \pm 0^s,23 \quad , \\ \Delta t'_{IV} &= + 3^s,08 \pm 0^s,46 \quad . \end{aligned}$$

Gli istanti dei contatti $t_{(i)}$ ottenuti dalla relazione generale

$$t_{(i)} = t_{0(i)} + \Delta t_{(i)} + \bar{\varepsilon} \quad ,$$

risultano quindi in T.U.,

$$\begin{aligned} t_{II} &= 7^h 37^m 40^s,23 \pm 0^s,23 \quad , \\ t_{IV} &= 8^h 51^m 06^s,51 \pm 0^s,46 \quad . \end{aligned}$$

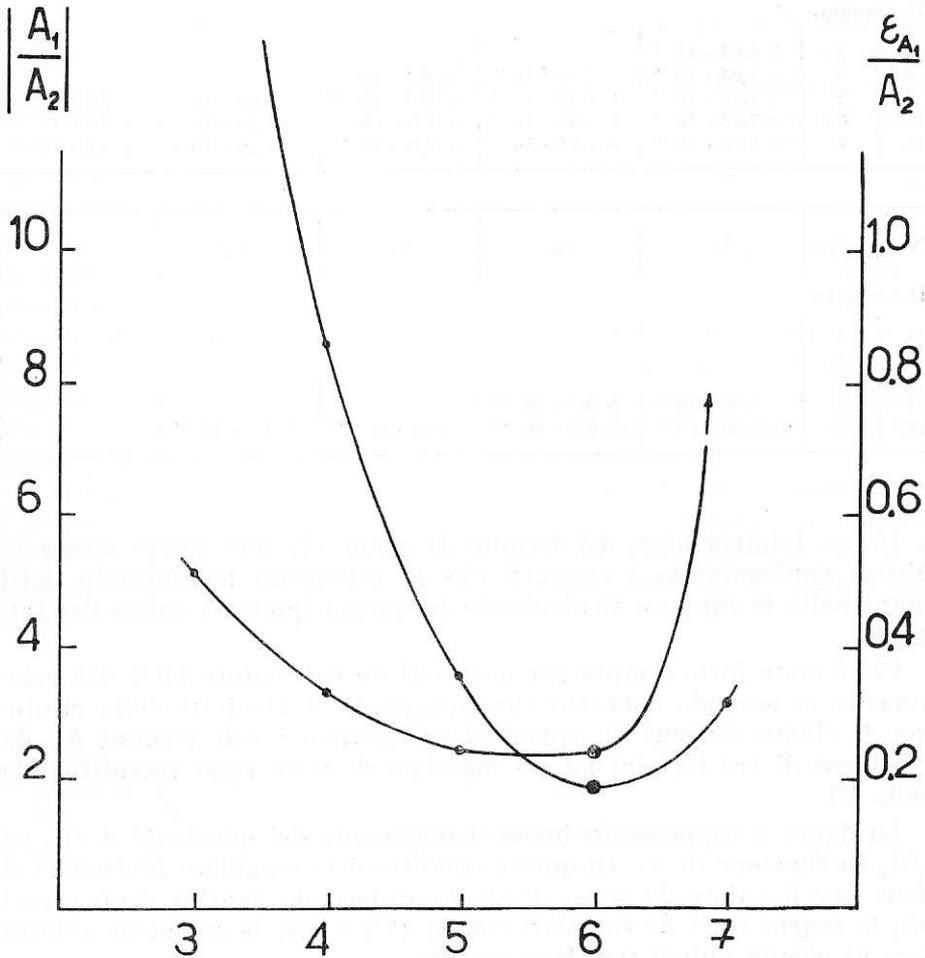


Fig. 4

TABELLA VI

N	A ₁	A ₁	ε_{A_1}	A ₂	ε_{A_2}	A ₃
II Contatto						
1	3	+ 217.65	\pm 4.745	+ 9.04	\pm 3,44 \cdot 10 ⁻³	- 0,032
2	4	+ 127.53	\pm 4.822	+ 14.80	\pm 1,12 \cdot 10 ⁻²	- 0,112
3	5	+ 73.98	\pm 4.870	+ 20.15	\pm 2,65 \cdot 10 ⁻²	- 0,241
4	6	+ 45.85	\pm 5.885	+ 24.39	\pm 6,58 \cdot 10 ⁻²	- 0,405
5	7	+ 64.37	\pm 128.94	+ 20.10	\pm 2,31	- 0,161

N	A ₁	ε_{A_3}	A ₄	ε_{A_4}	A ₅	ε_{A_5}
II Contatto						
1	3	\pm 1,05 \cdot 10 ⁻⁷				
2	4	\pm 1,84 \cdot 10 ⁻⁶	+ 2,94 \cdot 10 ⁻⁴	\pm 2,4 \cdot 10 ⁻¹¹		
3	5	\pm 1,27 \cdot 10 ⁻⁵	+ 1,39 \cdot 10 ⁻³	\pm 8,5 \cdot 10 ⁻¹⁰	- 3,00 \cdot 10 ⁻⁶	\pm 6,2 \cdot 10 ⁻¹⁵
4	6	\pm 7,63 \cdot 10 ⁻⁵	+ 3,80 \cdot 10 ⁻³	\pm 1,5 \cdot 10 ⁻⁸	- 1,80 \cdot 10 ⁻⁵	\pm 5,7 \cdot 10 ⁻¹³
5	7	\pm 5,79 \cdot 10 ⁻³	- 1,83 \cdot 10 ⁻³	\pm 2,9 \cdot 10 ⁻⁶	+ 4,10 \cdot 10 ⁻⁵	\pm 3,3 \cdot 10 ⁻¹⁰

N	A ₁	A ₆	ε_{A_6}	A ₇	ε_{A_7}	
II Contatto						
1	3					
2	4					
3	5					
4	6	+ 3,30 \cdot 10 ⁻⁸	\pm 2,7 \cdot 10 ⁻¹⁸			
5	7	- 2,60 \cdot 10 ⁻⁷	\pm 8,5 \cdot 10 ⁻¹⁵	+ 5,4 \cdot 10 ⁻¹⁰	\pm 3,1 \cdot 10 ⁻²⁰	

10. — L'importanza dei termini B_1 nella (7) può essere messa in evidenza confrontando i risultati che si ottengono trascurando detti termini nello sviluppo e ricalcolando in questa ipotesi i valori dei termini A_1 .

Ciò è stato fatto sempre per mezzo di un calcolatore IBM 650 relativamente al secondo contatto (68 equazioni). I risultati della risoluzione di cinque sistemi di equazioni utilizzando i soli termini A_1 , da un minimo di tre termini ad un massimo di sette sono raccolti nella tabella VI.

La figura 4 rappresenta invece l'andamento dei quozienti A_1/A_2 ed $\varepsilon_{A_1}/\varepsilon_{A_2}$ in funzione di A_1 . In queste condizioni la maggiore precisione si ottiene per il valore $\Delta t = -1^s,88$. Considerando l'entità degli errori medi, lo scarto tra i Δt calcolati con la (7') e con la relazione ridotta ($B_1 = 0$) risulta quindi non trascurabile.

Conclusioni

11. — I risultati ottenuti, con particolare riguardo agli errori medi, dimostrano che la tecnica impiegata nelle osservazioni ed il metodo di analisi e di riduzione di queste ultime, hanno permesso di migliorare di parecchie volte le precisioni finora ottenute con i procedimenti classici.

Per ciò che riguarda la presenza di errori sistematici, tenendo conto delle conclusioni del paragrafo 5, dell'entità degli errori medi relativi a ciascuna corda e dei dati della tabella II per il II e IV contatto, si può arguire che la loro importanza è da ritenersi non sensibile, ad eccezione degli eventuali errori dovuti alla sovraesposizione, che, tenendo presente l'ordine di grandezza puramente qualitativo ricavato per quest'ultima, si potrebbe ritenere temibile unicamente per il II contatto.

In quanto alla possibilità di migliorare ulteriormente le precisioni ottenute, sulla base della nostra esperienza e della presente discussione sugli errori, riteniamo di poter affermare, per quanto riguarda gli errori sistematici, indispensabile la necessità di ridurre al minimo gli effetti della sovraesposizione per i contatti interni, utilizzando al limite materiale sottoposto (tenendo presente eventualmente del fenomeno dell'oscuramento al bordo).

Gli errori accidentali e per conseguenza l'errore medio dell'istante dei contatti può essere ulteriormente ridotto aumentando il numero di fotogrammi, con una frequenza di due o quattro al secondo durante le fasi vicine agli istanti dei contatti. Per i contatti esterni un sensibile miglioramento può essere ottenuto utilizzando strumenti di maggiore lunghezza focale, centrando eventualmente il solo punto di contatto, data la difficoltà a reperire dispositivi fotografici con aperture sufficientemente grandi e sicure.

Riteniamo inoltre auspicabile in altre occasioni la sperimentazione di nuove tecniche durante le fasi di totalità, come quella realizzata da Kristenson ⁽⁴⁾ mediante l'uso di uno spettrografo, utilizzato per la ripresa cronometrica del flash, che ha fornito risultati di grande interesse e precisione.

BIBLIOGRAFIA

⁽¹⁾ Danjon A., BSAF, 50, 365, 1936.

⁽²⁾ Abrami A., Cester B., Oss. Astr. Trieste, N. 263, 1955.

⁽³⁾ Missana N., Mem. SAIt, XXIV (4), 373, 1953.

Nicolini T., Oss. Astr. Capodimonte-Napoli, Misc. Vol. I, N. 3, 1952.

⁽⁴⁾ Kristenson H., Ark Astr, 2 (4), 315, 1960.

CONTRIBUTI DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO - MERATE

NUOVA SERIE

- » 150 - E. PROVERBIO, *La détermination théorique et expérimentale des retards dans la comparaison des signaux boraires.*
- » 151 - A. MASANI, *The early evolutionary phases of stars of small masses.*
- » 152 - M. HACK, *The spectrum of Upsilon Sagittarii.*
- » 153 - E. PROVERBIO, *Determinazioni di ascensioni rette e semidiametri del pianeta Marte.*
- » 154 - E. PROVERBIO, *Il servizio dell'ora all'Osservatorio Astronomico di Brera-Milano.*
- » 155 - P. BROGLIA, *Curve di luce in due colori ed elementi fotometrici della binaria ad eclisse SU Bootis.*
- » 156 - F. ZAGAR, *Nuove prospettive nello studio del sistema solare.*
- » 157 - M. HACK, *Macro e microturbolenza nell'atmosfera di ϵ Aurigae.*
- » 158 - E. PROVERBIO, *Nuovo studio di un apparato esaminatore di livelle Bamberg.*
- » 159 - M. HACK, *Ricerche sulle stelle A peculiari: Analisi quantitativa di γ Equulei.*
- » 160 - E. PROVERBIO, *Osservazioni di occultazioni da parte della Luna e correzione del moto lunare.*
- » 161 - F. ZAGAR, *Giovanni Schiaparelli.*
- » 162 - E. PROVERBIO, *Les signaux de temps et leurs utilisation a l'Observatoire Astronomique de Brera-Milano.*
- » 163 - J. O. FLECKENSTEIN, *Il problema della cattura nella cosmogonia delle binarie.*
- » 164 - A. MASANI, *La politropica di indice 3 nello studio della costituzione interna di stelle appartenenti a sistemi binari stretti.*
- » 165 - P. BROGLIA, *Sulle variazioni delle curve di luce e degli elementi della variabile ad eclisse RZ Comae.*
- » 166 - M. HACK, *Sulla natura del compagno di ϵ Aurigae.*
- » 167 - E. PROVERBIO, *Sul calcolo d'orbita di stelle doppie a lungo periodo tenendo conto della legge delle aeree.*
- » 168 - T. TAMBURINI e G. THIESSEN, *On the origin of the slowly variable soft x-ray radiation of the sun.*
- » 169 - A. MASOTTI, *Sull'estensione della formula di Lambert al moto apparente delle stelle doppie.*
- » 170 - E. PROVERBIO, *Determinazioni meridiane di ascensioni rette di pianeti esterni.*
- » 171 - E. PROVERBIO, *I micrometri e le livelle dello strumento dei passaggi AP 100 dell'Osservatorio di Brera.*
- » 172 - T. TAMBURINI e G. THIESSEN, *On the existence of a new polarization effect in stellar spectral lines.*
- » 173 - M. HACK e M. FRACASSINI, *Studio sulla polarizzazione della corona solare.*
- » 174 - E. L. PASINETTI, *Sulla possibilità dell'impiego di microfotogrammi nello studio della corona solare.*
- » 175 - P. BROGLIA, *Sui periodi di alcune variabili di tipo RR Lyrae.*
- » 176 - F. GULISANO e E. PROVERBIO, *Riduzioni delle posizioni apparenti stellari per mezzo di un calcolatore IBM 650.*
- » 177 - P. BROGLIA, *Osservazioni fotoelettriche di due variabili a eclisse.*
- » 178 - E. PROVERBIO, *Le misure dei ritardi alla ricezione dei segnali orari ect.*
- » 179 - E. PROVERBIO, *Comparaisons entre etalons atomiques de fréquence.*
- » 180 - F. ZAGAR, *L'attività di R. G. Boscovich a Milano.*
- » 181 - E. PROVERBIO, *Sulla riduzione teorica dei diametri dei pianeti esterni.*
- » 182 - L. E. PASINETTI, *Confronto quantitativo di tre coppie di stelle a righe forti e a righe deboli.*
- » 183 - F. ZAGAR-L. GRATTON - *Emilio Bianchi nel ventennio della morte - In memoria di Emilio Bianchi.*
- » 184 - J. O. FLECKENSTEIN - *Variazioni della latitudine e costante dell'aberrazione annua 1951-52.*
- » 185 - M. HACK - *A new explanation of the binary system ϵ Aurigae.*
- » 186 - F. ZAGAR - *L'eclisse totale di Sole del 15 febbraio 1961.*
- » 187 - F. ZAGAR - *Sulle perturbazioni orbitali di un satellite terrestre artificiale.*

Segue in 4.a di copertina

- » 188 - A. PASINETTI - L. E. PASINETTI - *Aspetti astrofisici e radio biologici del volo umano nel cosmo.*
- » 189 - M. HACK - *Radio emission at 21 cm in a region close to the Persei cluster.*
- » 190 - P. BROGLIA - *Curva di luce in tre colori ed elementi della variabile ad eclisse SW Lac.*
- » 191 - M. FRACASSINI, M. HACK, L. PASINETTI - *Project for a system for the automation of stellar quantitative spectrography.*
- » 192 - E. PROVERBIO, *Sul calcolo rigoroso delle posizioni apparenti delle stelle.*
- » 193 - A. MASANI e G. OCCHINI, *The propagation of perturbations and shock waves in the inside of stars I.*
- » 194 - P. BOTTO e M. HACK, *A two dimensional classification of stars of class O.*
- » 195 - E. PROVERBIO - *Latitudine e longitudine astronomica provvisorie della stazione di M.te Conero durante l'eclisse totale di Sole del 15-2-1961.*
- » 196 - A. GÖKGÖZ, M. HACK, I. KENDIR - *Study of the spectrum and radial velocities of ζ Tauri in 1958 and 1959.*
- » 197 - M. FRACASSINI, M. HACK - *Intensities, polarization and electron density of the solar corona from photographs taken during the total solar eclipse of 1961, february 15.*
- » 198 - E. PROVERBIO - *Recherches dans le champs de la métrologie du temps.*
- » 199 - R. FARAGGIANA, M. HACK - *Peculiar A stars studies of 73 Draconis.*
- » 200 - G. DE MOTTONI - *Nuovi specchi telescopici metallici.*
- » 201 - F. ZAGAR, *L'Osservatorio di Milano nella storia.*
- » 202 - M. HACK - *Absolute Magnitude of O-type stars.*
- » 203 - G. DE MOTTONI - *Il nuovo riflettore di 1,37 m dell'Osservatorio di Merate.*
- » 204 - M. FRACASSINI - *The solution of the van de Hulst's integral equations for computing electron density of the solar corona.*
- » 205 - M. HACK - *The shell spectrum of W Serpentis.*
- » 206 - A. GÖKGÖZ, M. HACK, I. KENDIR - *Study of the spectrum of ζ Tauri in 1960.*
- » 207 - J. O. FLECKENSTEIN, *Boscovich als Mitbegründer der sphärischen Trigonometrie.*
- » 208 - A. MASANI, *The propagation of shock waves in the inside of Stars II.*
- » 209 - F. ZAGAR, *Galileo astronomo.*
- » 210 - E. PROVERBIO, *Condizioni per la determinazione della costante micrometrica per mezzo di coppie stellari fondamentali.*
- » 211 - A. MASOTTI, *Sopra alcuni cimeli bibliografici della Specola braidense.*
- » 212 - M. FRACASSINI, *The solution of the van de Hulst's integral equations ecc.*
- » 213 - E. PROVERBIO, *Determinazione fotografica di precisi istanti dei contatti durante l'eclisse totale di Sole del 15 febbraio 1961.*