

III.2 La misura della visibilità e il metodo del confronto

In questo paragrafo si descrive il metodo per calcolare la visibilità delle frange d'interferenza¹ per mezzo dell'interferometro rotante².

Esso richiede come condizione essenziale che l'occhio rimanga all'oscuro; pertanto l'apparecchio costruito dal Maggini per la Specola di Collurania era stato fornito di un sistema di registrazione del cerchio di posizione³ che dispensasse l'osservatore da esporre l'occhio alla luce per effettuare le letture.

Se si indica con I_1 l'intensità al centro di una frangia luminosa e con I_2 l'intensità al centro della frangia oscura vicina, si dice *visibilità del sistema di frange* il rapporto

$$V = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} \quad (1)$$

Dette A_1 A_2 le ampiezze dei due gruppi d'onda e D la loro separazione, l'intensità luminosa I di due fasci interferenti di medesima lunghezza d'onda⁴ λ è data da

$$I = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos 2\pi \frac{D}{\lambda} \quad (2)$$

Se la larghezza a delle due aperture rettangolari è trascurabile rispetto alla distanza D , l'ampiezza A può ritenersi eguale ad 1, nel qual caso l'intensità del sistema di frange diventa

¹ Frange d'interferenza – vedi Allegato 3 “Qualche definizione utile”

² Mentore Maggini – *L'interferometro come fotometro* – Estratto dalle “*Memorie della Società Astronomica Italiana*” -.Vol. V, Pavia, 1932 – X.

³ Vedi Cap. II par. 3

⁴ Vedi Allegato 3 “Qualche definizione utile”

$$I = 2 \left(1 + \cos 2\pi \frac{D}{\lambda} \right) \quad (3)$$

Se poi si indica con $f(\rho)d\rho$ l'intensità di una striscia dell'immagine di un astro di lunghezza angolare $d\rho$ e con $\bar{\rho}$ il valore medio di ρ , si ha:

$$I = \int f(\rho) \left[1 + \cos 2\pi \frac{D}{\lambda} (\bar{\rho} - \rho) \right] d\rho \quad (4)$$

Posto

$$P = \int f(\rho) d\rho \quad C = \int f(\rho) \cos 2\pi \frac{D}{\lambda} \rho d\rho \quad S = \int f(\rho) \sin 2\pi \frac{D}{\lambda} \rho d\rho$$

la (4) diventa

$$I = P + C \cos 2\pi \frac{D}{\lambda} \bar{\rho} - S \sin 2\pi \frac{D}{\lambda} \bar{\rho} \quad (5)$$

che rappresenta l'*intensità totale* del sistema di frange.

Per ogni stato assente dallo strumento gli integrali C ed S, pur essendo funzioni di D, sono indipendenti da D; pertanto i massimi e minimi di I saranno dati dalle condizioni

$$\frac{dI}{dD} = 0 \quad C \sin 2\pi \frac{D}{\lambda} \bar{\rho} + S \cos 2\pi \frac{D}{\lambda} \bar{\rho} = 0 \quad \text{tg} 2\pi \frac{D}{\lambda} \bar{\rho} = -\frac{S}{C}$$

e le intensità dei massimi e dei minimi saranno espresse da

$$I = P \pm \sqrt{C^2 + S^2} \quad (6)$$

che sostituita nella (1), ricordando che I_1 va preso con il segno + ed I_2 con il segno – davanti al radicale, dà

$$V = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} = \frac{\sqrt{C^2 + S^2}}{P} \quad (7)$$

Dalla (7) si vede che la visibilità V è massima ed ha valore 1 quando l'intensità I_1 della frangia oscura è nulla, ossia quando i minimi sono

perfettamente neri; è minima ed assume valore 0 quando le due intensità I_1 ed I_2 sono eguali, cioè quando dall'immagine interferometrica scompare ogni struttura a strisce.

La visibilità pertanto varia da 1 a 0.

Definite le caratteristiche della visibilità, quella di un sistema di frange si può facilmente misurare in laboratorio su immagini prodotte da sorgenti molto luminose e stabili. Il metodo più semplice consiste nel sovrapporre al sistema che si sta osservando un sistema ausiliario di frange, di cui si possa variare la visibilità in modo noto e quindi fare in modo che, una volta sovrapposte le frange oscure di un sistema a quelle chiare dell'altro, l'illuminazione risulti uniforme.

Questo metodo però non può essere usato per le misure astronomiche dirette, a causa dell'immagine che non permette il sovrapporsi dei due sistemi di frange; bisogna quindi effettuare la *misura della visibilità per confronto*. È necessario però che il confronto sia effettuato su sistemi di frange della medesima qualità, cioè che venga scelta come *stella di confronto* una prossima a quella presa in esame e si disponga l'interferometro nel modo descritto di seguito.

Le aperture dell'interferometro sono rettangolari, lunghe 10 mm. e larghe 5 mm. (fig. 1). Una di esse, la A, è completamente scoperta, mentre la B

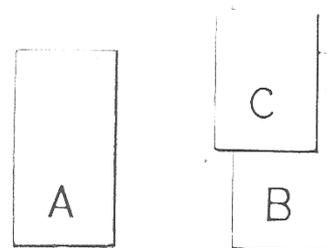


Fig. 1

può essere coperta in una sua metà con lo schermo C, che può scorrere parallelamente alla congiungente le due aperture.

Puntando lo strumento sulla stella da osservare, l'immagine focale prodotta dalle due fessure presenta, oltre alle frange di interferenza, frange di diffrazione confuse prodotte dall'unica metà scoperta dell'apertura A. Se all'oculare si sostituisce una lente cilindrica molto forte, con l'asse del cilindro perpendicolare alla congiungente le due aperture, cioè parallelo alla direzione delle frange, si può distinguere sull'immagine la parte relativa a ciascuna metà delle aperture.

La lente cilindrica, quindi, ha lo scopo di separare i fenomeni lineari che corrispondono ai vari punti delle aperture. Pertanto si ha un'immagine la cui parte centrale è un rettangolo simile a quello di un'apertura, su cui è possibile distinguere le frange date da una o dall'altra metà.

Quando l'apertura A è tutta scoperta e della B è scoperta solo una metà, sull'immagine dell'oculare cilindrico è possibile distinguere le frange d'interferenza solo nella metà corrispondente all'area scoperta in entrambe le aperture, mentre nell'altra metà dell'immagine si ha un'illuminazione uniforme.

Se si sposta gradualmente lo schermo C perpendicolarmente alla lunghezza dell'apertura, in modo da scoprirne a poco a poco una metà si vedranno comparire le frange anche su quella parte dell'immagine dove prima non erano visibili e la visibilità di queste ultime varia in funzione dell'area che si scopre.

Indicato con r il rapporto tra l'area della metà dell'apertura A e l'area della parte successivamente scoperta nella metà di B, la visibilità è data da

$$V = \frac{2r}{1+r^2} \quad (8)$$

Per misurare la visibilità V di un sistema di frange di un corpo celeste α , sia esso stella doppia o astro, con il metodo sopra esposto, si supponga α come stella doppia o disco e β come stella di confronto situata nello

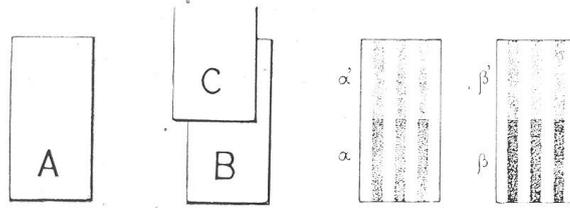


Fig. 2

stesso campo o nelle immediate vicinanze di α . Coprendo per metà l'apertura B, si ottengono i due sistemi di frange β ed α prodotti per ciascun astro dalle metà scoperte delle aperture: α avrà visibilità V e β visibilità 1 (Fig. 2). Se pian piano si inizia a scoprire la metà coperta dell'apertura B, appariranno in α' e in β' due sistemi di frange e si dovrà regolare la metà mobile di B in modo che la visibilità in β' sia eguale alla visibilità in α , quindi dal rapporto tra le aree scoperte si ottiene la visibilità delle frange sull'astro osservato:

$$V = \beta' = \alpha.$$

Adoperando tale tecnica non è necessario costruire la scala decimale della visibilità, visto che basta stimare l'eguaglianza del contrasto nei due sistemi di frange a strisce α e β' ; tale contrasto è tanto più apprezzabile se si usa la lente cilindrica, in quanto questa aumenta la nitidezza delle frange e la luminosità dell'immagine.

Per ottenere la misura della visibilità come sopra descritta, è necessario operare sull'interferometro come segue.

Dalla figura 3 si vede che una delle due slitte porta-fenditure dello

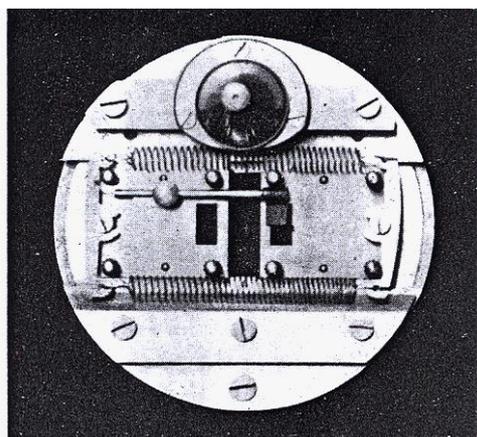


Fig. 3

strumento, quella che ha l'apertura invariata, è munita di un piccolo morsetto nel quale scorre e si può fissare l'asta che regola lo schermo; esso ha la stessa larghezza dell'apertura ed è in grado di ricoprire solo una metà della larghezza.

La variazione dell'area coperta dallo schermo si ottiene spostando le slitte e il valore della variazione è dato dalla

tamburella che regola il movimento delle slitte stesse. In tal modo, per scoprire l'apertura in tutta la sua lunghezza, la tamburella deve compiere un numero di rotazioni eguale alla metà di quello che bisognerebbe effettuare se lo schermo fosse fisso.

Prima di procedere alla misura della visibilità si deve sistemare lo schermo ad una distanza, stabilita volta per volta, dipendente dalla larghezza da dare alle frange; poiché l'asse dell'area scoperta non coincide con l'asse dell'intera apertura, le frange che si ottengono hanno una larghezza di poco diversa da quella che compete alle frange della metà scoperta.

La differenza fra la larghezza delle frange cresce al diminuire dell'area scoperta, ma anche in corrispondenza del massimo e non è tale da inficiare la stima di eguaglianza di visibilità.

Come verifica di tale metodo Maggini esegue nel febbraio e nel marzo 1929 alcune misure sui satelliti di Giove; compie tali osservazioni nelle sere in cui il pianeta viene a trovarsi nelle immediate prossimità delle stelle BD +12°317 e BD +14°457 prese come stelle di confronto.

Le misure della visibilità furono effettuate di 20° in 20° e ciascuna misura si ottenne come media di otto determinazioni.

Osservando i valori della visibilità misurata, di quella teorica e della loro differenza, trovati dal Maggini con il metodo sopra esposto si nota come nessun errore sistematico inficia le stime visuali.

La tabella riportata nella Fig.4 contiene le misure delle osservazioni effettuate sul primo satellite di Giove e sulla stella BD +12°317, di magnitudine 6^m.5, presa come stella di confronto.

In essa D è la distanza, V_m la visibilità misurata, V_c quella teorica e $V_m - V_c$ la loro differenza.

Inoltre il Maggini costruì il grafico di visibilità delle frange; in esso la *curva teorica* è

D	m	V_m	V_c	$V_m - V_c$	Note
mm 124. 12	199.8	0.20	0.21	-0.01	
130. 56	210. 6	0.20	0.16	+0.04	Agitazione
136. 09	219. 6	0.10	0.12	-0.02	
141. 03	226. 8	0.10	0.10	0.00	
147. 21	237. 6	0.05	0.06	-0.01	
151. 24	243. 0	0.05	0.05	0.00	
156. 61	253. 8	+0.05	+0.03	+0.02	
162. 24	261. 0	0.00	0.00	0.00	Minimo m_1
167. 08	270. 0	-0.02	-0.02	0.00	
173. 68	280. 8	0.06	0.04	-0.02	
178. 89	288. 0	0.06	0.06	0.00	
183. 99	297. 0	0.10	0.08	-0.02	Ottima
189. 09	304. 2	0.10	0.09	-0.01	
195. 16	315. 0	0.10	0.10	0.00	
200. 37	322. 2	0.10	0.11	+0.01	
204. 94	331. 2	0.12	0.11	-0.01	
210. 57	340. 2	0.11	0.11	0.00	
216. 64	351. 0	0.12	0.11	-0.01	Massimo M_2
221. 58	358. 2	0.11	0.11	0.00	
226. 42	363. 6	0.12	0.11	-0.01	
232. 59	374. 4	0.11	0.11	0.00	Agitazione
238. 12	383. 4	0.12	0.10	-0.02	
242. 53	390. 6	0.10	0.10	0.00	
248. 43	399. 6	0.10	0.08	-0.02	
254. 23	410. 4	0.06	0.06	0.00	
259. 44	417. 6	0.06	0.06	0.00	
264. 01	426. 6	0.02	0.04	+0.02	
269. 64	435. 6	-0.02	0.03	+0.01	
274. 75	442. 8	0.00	0.02	+0.02	
281. 08	453. 6	-0.02	-0.01	-0.01	
285. 22	459. 0	0.00	0.00	0.00	Minimo m_2
291. 12	469. 8	0.00	+0.01	-0.01	
297. 19	478. 8	+0.02	+0.02	0.00	

Fig. 4

rappresentata dal tratto continuo, i cui valori di V_c della tabella sono quelli che corrispondono alle distanze D per le quali si era misurata la V_m , e i cerchietti, invece, rappresentano la differenza $V_m - V_c$ (fig. 5).

Come si può notare, dalla posizione dei cerchietti, le osservazioni rilevate si accordano molto bene con quelle evidenziate dalla curva teorica.

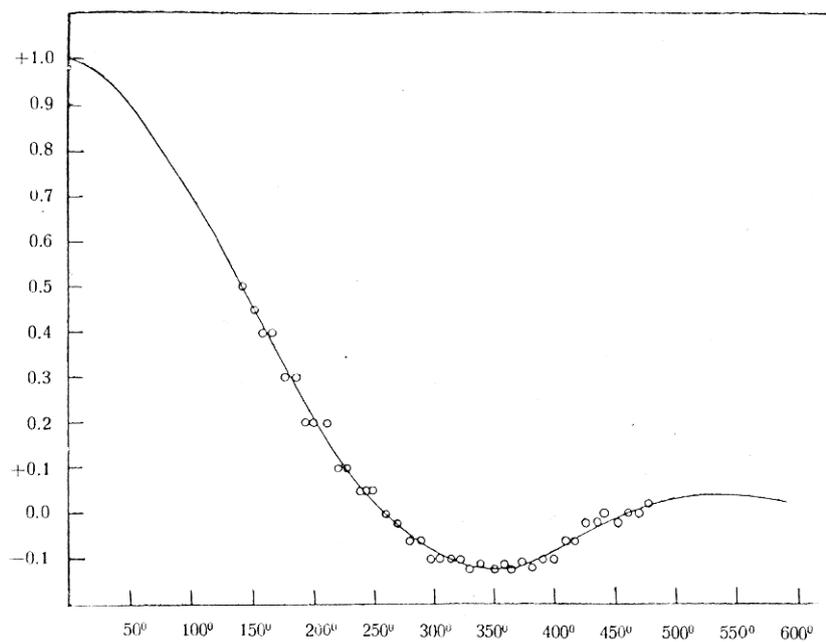


Fig. 5