

**Pubblicazioni dell'Osservatorio astronomico
universitario di Bologna**

VOLUME IX

N. 17

UMBERTO DALL'OLMO

**Fotometria fotografica delle bande
e delle zone di Giove nel corso delle opposizioni
del decennio 1957-1967**

TIPOGRAFIA COMPOSITORI - BOLOGNA

1968

Publicazioni dell'Osservatorio astronomico
universitario di Bologna

VOLUME IX

N. 17

UMBERTO DALL'OLMO

Fotometria fotografica delle bande
e delle zone di Giove nel corso delle opposizioni
del decennio 1957-1967

TIPOGRAFIA COMPOSITORI - BOLOGNA

1968

FOTOMETRIA FOTOGRAFICA DELLE BANDE
E DELLE ZONE DI GIOVE NEL CORSO DELLE OPPOSIZIONI
DEL DECENNIO 1957-1967

Nota di UMBERTO DALL'OLMO
(*Osservatorio Astronomico Universitario di Bologna*)

ABSTRACT. — Photometric measurements of Jupiter's belts and zones made on 47 photographs, obtained during 1957-1967 apparitions with a 12" newtonian reflector in Bologna are reported in this paper.

RIASSUNTO. — Sono riportate le misure fotometriche relative alle bande e alle zone di Giove eseguite su 47 fotografie ottenute in Bologna con un telescopio riflettore di 30 cm di apertura.

La presente nota ha lo scopo di fornire i risultati di una serie di misure fotometriche relative alla intensità delle bande e delle zone di Giove eseguite su materiale fotografico raccolto nel corso di 10 anni.

L'analisi è stata compiuta su 47 fotografie scelte tra le 1500 e più ottenute in Bologna nel corso delle varie opposizioni al fuoco newtoniano di un telescopio di 30 cm di apertura, 186 cm di focale e con l'impiego di un obiettivo Leitz Elmar di 5 cm di fuoco.

Più precisamente si è inteso mettere in evidenza le variazioni di intensità dei più evidenti dettagli del pianeta che vanno comunemente denominati bande e zone in quanto la modesta potenza del telescopio e soprattutto la sua sfavorevole ubicazione, non hanno consentito, salvo in rare ed eccezionali circostanze, di ottenere immagini sufficientemente dettagliate e tali da consentire l'esame di minuti dettagli.

Purtuttavia si è pensato che sarebbe stato interessante sfruttare, anche da un punto di vista fotometrico, il materiale raccolto, naturalmente adattando le finalità delle ricerche alle qualità oggettive di questo.

È noto che le bande e le zone di Giove subiscono nel tempo variazioni di luminosità talvolta assai intense; il meccanismo che le produce è a tutt'oggi sconosciuto, anche se alcuni mutamenti della superficie esterna dell'atmosfera del pianeta si ripetono secondo una fenomenologia abbastanza prevedibile.

Chi segue con una certa assiduità le vicende di Giove, non può non ignorare tali variazioni di luminosità. Esse interessano tutte le latitudini e tutte le longitudini, totalmente e parzialmente; eccezionale e indimenticabile fu, nel corso dell'opposizione del 1962, l'inscurimento violento della Zona Equatoriale, solitamente assai luminosa; nè si possono ignorare le relativamente rapide variazioni di tratti della S.T.B. che, nel corso degli ultimi anni, si attenuano fino quasi a scomparire, l'analogo comportamento di tutta la N.T.B. e le parziali variazioni delle componenti nord e sud della S.E.B. e della N.E.B..

Sono queste le variazioni di luminosità, responsabili delle profonde e a lungo perduranti alterazioni dell'aspetto generale del pianeta a cui si è posto particolare attenzione. Il materiale fotografico analizzato è del tipo pancromatico ADOX 14 KB, sviluppato per 20^m a 18 ± 1 °C in Microdol Kodak. L'analisi fotometrica è stata compiuta con il microfotometro di Moll della Kipp & Zonen, presso l'Osservatorio astronomico di Bologna.

Lo strumento non ha operato nella sua versione originale, in quanto al dispositivo di registrazione a mezzo di un galvanometro è stato sostituito un complesso di registrazione elettronico alimentato con tensione stabilizzata e munito di fotomoltiplicatore del tipo RCA JAN 931 A.

L'esplorazione delle immagini è stata effettuata mediante una fenditura di dimensioni opportune, allineata parallelamente all'equatore del pianeta e scorrente normalmente ad esso lungo il meridiano centrale del disco illuminato, trascurando l'effetto di fase in quanto irrilevante. La registrazione ha dato luogo a curve del tipo di quelle rappresentate in fig. 1; la maggiore o minore distanza del pianeta dall'osservatore ha dato luogo ad immagini di dimensioni differenti e pertanto anche la registrazione ha risentito proporzionalmente di tale fatto.

Si è pensato inizialmente di proporzionare la fenditura esploratrice alle dimensioni delle immagini, ma, a parte la oggettiva difficoltà di carattere strumentale di variare la lunghezza della fenditura del microfotometro con un certo rigore, le prove eseguite su due immagini limite, vale a dire sulla più piccola e la più grande delle 47 considerate, il cui rapporto nel diametro risulta essere 0,740, hanno sconsigliato tale procedimento in quanto le variazioni dell'area esploratrice si ripercuotevano direttamente sulla registrazione e le necessarie correzioni obbligavano ad agire direttamente sulla sensibilità del registratore, pregiudicando lo scopo della ricerca.

La scelta delle dimensioni della fenditura è stata subordinata alle seguenti considerazioni:

- 1) Necessità di ottenere per ogni banda o zona un valore il più possibile medio in longitudine. Si è cercato pertanto di assegnare alla fenditura la massima lunghezza possibile, compatibile con le dimensioni dell'imma-

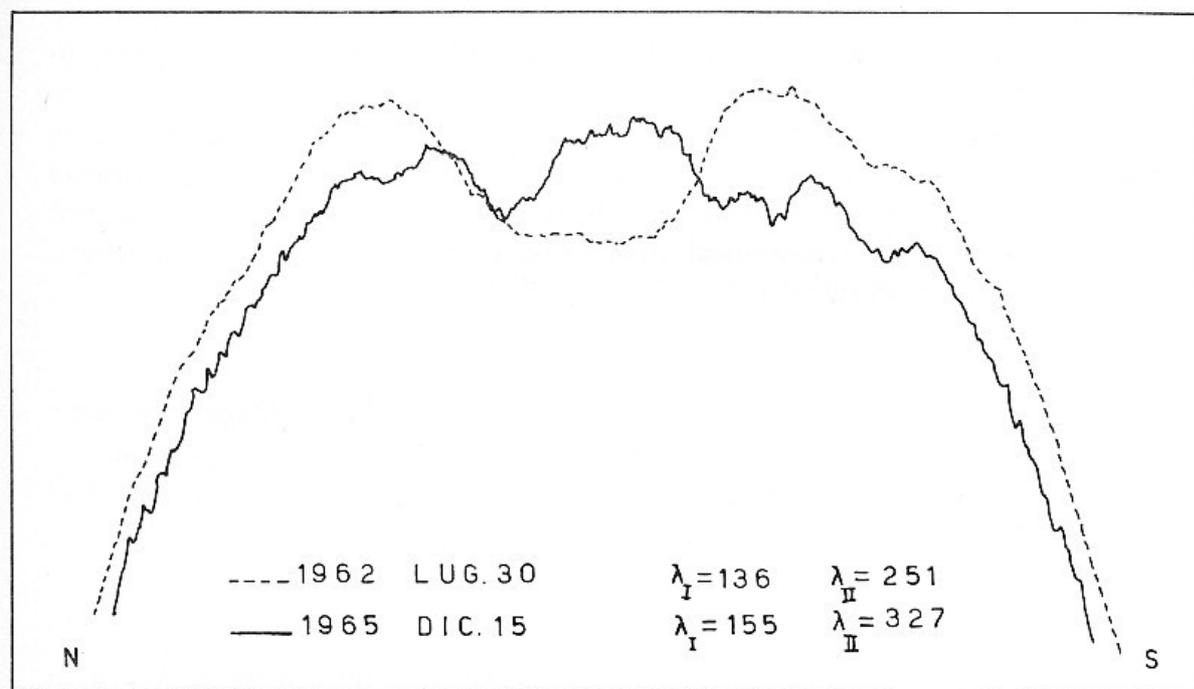


Fig. 1. - Due profili fotometrici relativi agli anni 1962 e 1965. Si notano chiaramente le variazioni di intensità dei vari dettagli; ad esempio il notevole inscurimento della Zona Equatoriale verificatosi nel 1962 (linea tratteggiata). Le lettere N ed S stanno ad indicare rispettivamente i poli nord e sud.

gine; tale lunghezza è stata fissata in 0,83 mm, sul negativo, equivalenti a circa $\frac{2}{5}$ del valore medio del diametro equatoriale del pianeta.

2) Necessità di un buon potere separatore nella direzione nord-sud, ovvero in quella dell'esplorazione; la larghezza della fenditura, sempre sul negativo, è stata così fissata in 0,02 mm. In tal modo il suo potere separatore risulta dell'ordine teorico del telescopio e inferiore a quello dell'emulsione impiegata.

3) Necessità che la costante di tempo del registratore non influisse negativamente sul profilo fotometrico; in tal senso la velocità di trascinamento del negativo è stata opportunamente regolata.

È bene richiamare l'attenzione sulla considerazione 1) circa la necessità di esplorare con una fenditura la più lunga possibile. Tale esigenza riflette per l'appunto lo scopo della ricerca, data la impossibilità di ottenere informazioni dettagliate a causa della modesta potenza del telescopio. Le variazioni di luminosità delle varie bande e zone, non avvengono necessariamente contemporaneamente a tutte le longitudini, ma si verificano, per così dire, dei centri di attività che con il passare del tempo si estendono e danno luogo a una lenta e spesso omogenea variazione di intensità. Talvolta

invece, come già si è accennato, queste alterazioni mantengono un carattere locale, anche se, come spesso accade, interessano qualche decina di gradi in longitudine.

Consideriamo due fotografie aventi dimensioni limite, vale a dire la più grande A e la più piccola B, delle 47 analizzate: la tabella che segue riporta i valori dei loro diametri polari D, lineari e angolari, ricavati da misure micrometriche, dall'Astronomical Ephemeris e dalle rispettive registrazioni, nonchè i loro rapporti.

TABELLA I

data	D negativo	D Astr. Eph.	D registrazione
A) 17 Mar. '65	1,76 mm = 31",68	33",36	110 mm
B) 30 Lug. '62	2,36 mm = 42",48	44",44	150 mm
$\frac{A}{B}$	0,746	0,728	0,734

La differenza tra i rapporti dei diametri dei negativi e delle registrazioni risulta essere 0,012, ovvero dell'1,2 %. Pertanto, considerata la fenditura esploratrice di 0,83 x 0,02 mm ne consegue:

a) Che essa è contenuta circa 88 e 118 volte, rispettivamente per le fotografie A e B, nel diametro polare; in media 104 volte.

b) Che la sua larghezza corrisponde a circa 0",36.

c) Che, fissato un potere risolutore dell'emulsione ADOX di 150 linee/mm; risultano 3 linee/fenditura.

d) Che per quanto riguarda la lunghezza della fenditura, essendo il diametro equatoriale dei due negativi A e B rispettivamente di 1,88 mm = 33",94 e di 2,53 mm = 45",51, essa interessa poco più della metà di detto diametro nel caso A e poco più di un terzo nel caso B; più precisamente 1/2,12 e 1/2,84, con un valore medio di 1/2,5. Quest'ultimo corrisponde a circa 50° di longitudine.

Ottenute le registrazioni dei 47 negativi, si è innanzitutto suddiviso il diametro polare, sulla registrazione, in sei intervalli eguali; fissata un'origine delle ascisse nel punto di mezzo, si sono tracciate due perpendicolari, vedi fig. 2, passanti per i punti aventi i valori $-\frac{2}{3}$ e $+\frac{2}{3}$, definendo così gli estremi dell'intervallo entro cui si è inteso compiere le misure. Sono pertanto risultate escluse le aree esterne a tale intervallo, comprendenti le regioni polari nord e sud e le regioni sub-polari. Tale esclusione si estende dai poli a circa $\pm 42^\circ$, trascurando le declinazioni planetocentriche.

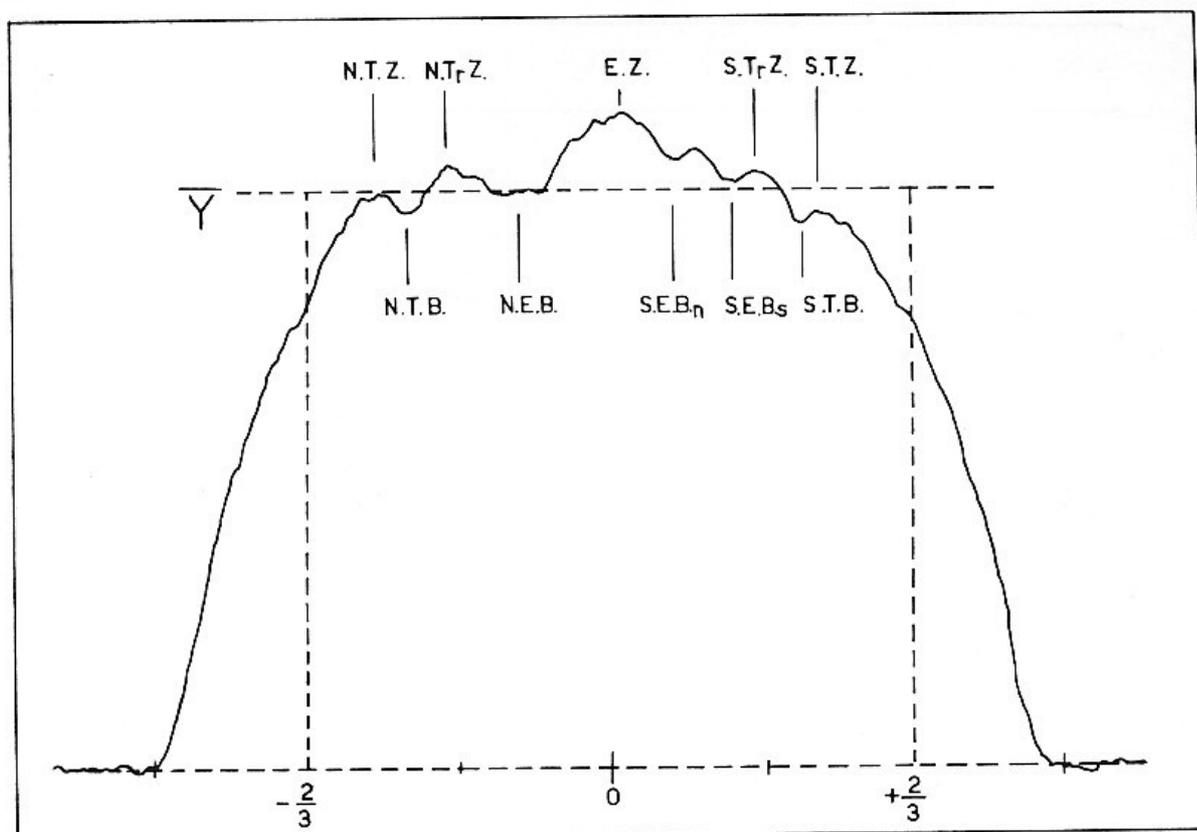


Fig. 2. - Profilo fotometrico e retta di compenso \bar{Y} .

Calcolata l'area definita, nella sua parte inferiore dalla linea mediata sulla trasparenza del negativo, lateralmente dalle due perpendicolari dianzicate e superiormente dal profilo fotometrico, l'ordinata della retta di compenso \bar{Y} risulta espressa da

$$\bar{Y} = \frac{3}{4} \int_{-2/3}^{+2/3} f(r) dr$$

È a tale retta che si sono riferiti, in percentuale, i valori riportati nella tabella II relativi alla varie bande e zone.

L'esame quantitativo, tenute presenti le considerazioni precedenti, imponeva, per gli intendimenti stessi della ricerca, una forma di taratura necessariamente *a posteriori* che consentisse di legare i valori delle ordinate dei vari dettagli alla retta di compenso \bar{Y} . Quest'ultima, chiaramente, variava a seconda del valore dell'annerimento medio della singole fotografie. A tale scopo fu costruito un dispositivo che presentava dieci aree aventi una brillantezza tale che, iniziando dalla più luminosa, ognuna delle seguenti risultasse del-

Valori percentuali delle intensità delle bande e

N.	Data	U.T. h m	λ_I	λ_{II}	N.T.Z.	N.T.B.	N.Tr.Z.	N.E.B.n
1	Apr. 1957						+ 6,9	
2	Apr. 1958						+ 8,0	
3	24 Mag. 1959	21 30	161°	263°			+ 10,8	
4	1 Giu. 1959						+ 14,3	
5	24 Lug. 1962	24 20	231°	244°		- 10,0	+ 19,6	
6	30 Lug. 1962	24 20	199°	66°			+ 12,8	
7	19 Ago. 1962	24 18	120°	194°			+ 19,3	
8	30 Set. 1962	20 30	136°	251°			+ 16,6	
9	18 Ott. 1963	21 30	130°	202°			+ 12,9	
10	21 Ott. 1963	20 20	201°	251°			+ 14,0	
11	26 Ott. 1963	19 33	243°	255°			+ 20,4	
12*	24 Nov. 1963	19 37	145°	296°			+ 13,5	
13*	7 Dic. 1963	18 30	356°	48°			+ 12,8	
14	7 Dic. 1963	19 30	33°	84°			+ 12,2	
15	25 Set. 1964	25 13	21°	356°			+ 13,1	
16*	10 Dic. 1964	19 23	297°	53°		+ 10,0	+ 14,1	
17	10 Dic. 1964	21 00	356°	112°		+ 3,2	+ 7,6	
18	30 Dic. 1964	19 50	231°	195°		+ 12,6	+ 20,7	
19*	8 Mar. 1965	19 10	134°	299°		+ 7,9	+ 10,3	
20	17 Mar. 1965	18 10	76°	173°			+ 15,2	
21*	5 Dic. 1965	23 00	359°	242°		+ 1,3	+ 7,5	
22	15 Dic. 1965	22 40	122°	294°		0,0	+ 7,4	
23	15 Dic. 1965	23 35	155°	327°			0,0	
24	10 Gen. 1966	23 00	282°	256°	+ 3,0	0,0	+ 5,1	- 1,0
25	10 Gen. 1966	25 00	355°	328°	- 2,5	- 3,7	+ 5,5	
26	6 Feb. 1966	20 20	128°	256°			+ 7,4	
27*	7 Feb. 1966	18 00	308°	322°		+ 1,8	+ 10,1	
28	18 Feb. 1966	17 18	111°	148°			+ 9,6	+ 4,3
29	18 Feb. 1966	17 55	133°	171°			+ 9,8	
30	28 Feb. 1966	19 00	311°	272°		+ 6,5	+ 15,8	
31	6 Mar. 1966	20 45	241°	156°			+ 14,8	
32	8 Mar. 1966	18 05	99°	358°			+ 9,4	
33	8 Mar. 1966	18 18	107°	6°	+ 4,7		+ 10,7	
34	30 Mar. 1966	17 40	314°	46°			+ 9,1	
35	3 Apr. 1966	18 00	237°	299°		+ 6,1	+ 9,8	
36	1 Gen. 1967	23 30	314°	91°		- 5,5	+ 6,0	+ 0,5
37*	5 Mar. 1967	19 45	49°	67°		- 8,3	+ 9,3	
38	5 Mar. 1967	21 10	101°	119°	- 1,4	- 6,1	+ 6,1	
39	12 Apr. 1967	19 00	259°	347°	+ 0,6	0,0	+ 4,5	
40	12 Apr. 1967	20 15	304°	32°		- 2,2	+ 5,4	

* I valori riportati si riferiscono alla media di due fotografie ottenute entro l'intervallo massimo di 2^m.
Un errore del $\pm 10\%$ sui dati riportati in tabella si può ritenere largamente cautelativo.

II

delle zone relativi all'intensità media di Giove.

$\overline{\text{N.E.B.}}$	N.E.B.s	E.Z.	E.B.	S.E.B.n	$\overline{\text{S.E.B.}}$	S.E.B.s	S.Tr.Z.	S.T.B.	S.T.Z.
— 6,8		+ 16,0	+ 14,0					— 9,1	— 6,5
— 9,4		+ 12,7		+ 16,0				— 6,6	
— 15,6		+ 4,1		0,0			+ 13,5	+ 10,2	+ 12,2
— 8,3		+ 8,3		+ 4,2		+ 8,4	+ 10,7	— 2,4	
			— 22,0				+ 30,9	+ 2,8	+ 4,2
			— 11,2				+ 10,4	+ 2,4	— 0,8
			— 28,0				+ 29,6	— 3,7	
			— 9,3				+ 21,3		+ 2,6
— 5,9		+ 3,5		— 2,9		0,0	+ 9,0	— 9,0	— 5,9
— 0,6					— 3,6		+ 6,1	— 10,9	— 4,8
+ 1,5					— 2,2		+ 11,6	— 11,6	— 5,1
+ 5,4		0,0			— 4,5		+ 2,5	— 4,3	— 5,0
— 1,5		0,0			+ 0,3		+ 11,5	— 3,0	
+ 1,1		— 2,2					+ 8,8	— 6,9	
— 7,3		0,0			— 5,8		+ 16,0	— 4,4	
— 4,4		+ 2,5			— 4,0		+ 10,2	+ 3,3	
— 1,1		+ 4,3		— 1,1	0,0	+ 1,1	+ 13,0	+ 2,2	
+ 1,8		+ 7,2		— 2,7		+ 12,6	+ 20,7	— 0,8	
+ 3,0		+ 14,0	+ 9,3		— 2,4		+ 9,7	— 5,2	— 2,8
+ 1,9		+ 9,5			— 3,8		+ 5,7	— 10,5	
— 3,0		+ 18,0		+ 2,7	— 1,9	— 1,3	+ 1,0	— 10,5	
— 6,2		+ 18,5		+ 5,5		+ 1,2	+ 9,8	— 2,5	0,0
— 8,4		+ 14,0		— 7,0		— 10,5	— 1,4	— 21,8	— 19,0
	— 3,5	+ 12,2		+ 5,6		+ 1,5		— 5,6	— 2,0
— 6,2		+ 20,9		+ 2,5		— 4,9	— 1,8	— 3,1	0,0
+ 1,1		+ 15,4			— 2,9			— 10,3	
— 0,6		+ 23,7		— 3,6	— 7,1	— 5,9	— 3,6	— 14,2	— 11,8
	+ 1,6	+ 20,3		+ 9,6		— 3,2	+ 1,6	— 14,9	— 13,2
— 10,6		+ 27,2				— 2,3	+ 3,8	— 19,6	
+ 3,7		+ 33,5		+ 5,0		— 2,8		— 6,5	
+ 4,6		+ 36,6	+ 25,1						
+ 1,4		+ 19,4		0,0		— 4,7	0,0	— 8,7	— 6,7
+ 2,7		+ 22,7		+ 0,6		— 4,0	— 5,3	— 13,4	— 10,7
+ 3,9		+ 15,2		+ 2,8		— 1,7	0,0	— 9,1	
+ 3,1		+ 18,5		+ 1,8		— 3,7	— 2,2	— 13,5	— 11,1
	— 1,0	+ 18,0			+ 1,5			— 10,0	— 9,0
— 1,2		+ 21,7		+ 7,0		+ 2,2	+ 5,1	— 12,7	— 8,9
0,0		+ 22,4		+ 9,5		+ 2,7	+ 6,1	— 10,8	— 6,8
— 5,8		+ 17,4				+ 3,9	+ 4,5	— 3,9	— 4,5
+ 4,3		+ 20,5						— 4,9	— 3,8

$l'8,0 \pm 0,5 \%$ meno luminosa della precedente. La sorgente di luce era costituita da una lampada ad incandescenza.

Questo gruppo di dieci aree è stato fotografato con un tempo di posa di $1^s,5$, vale a dire lo stesso tempo con cui era stato fotografato Giove nel corso dei dieci anni; ovviamente il tipo di emulsione impiegata e il suo trattamento furono i medesimi. Diaframmando opportunamente l'obbiettivo, si ottennero negativi più o meno impressionati, ma tali da presentare una annerimento medio dell'ordine di quello dei negativi del pianeta.

Per verificare se il comportamento dell'emulsione impiegata negli anni precedenti non si discostava da quello dell'emulsione usata nella taratura, furono eseguite alcune fotografie del gruppo di sorgenti con uno spezzone di pellicola risalente all'anno 1961; l'esame fotometrico, sempre compiuto nelle condizioni standard, non diede luogo ad apprezzabili variazioni rispetto a quello eseguito sulle pellicole di taratura di recente fabbricazione.

L'esplorazione fotometrica di ogni negativo dava luogo sulla registrazione a dieci valori costituenti un diagramma che legava la brillantezza, in una scala arbitraria, alla registrazione stessa. La funzione che meglio approssima tale diagramma è del tipo

$$y = h \cdot B^k$$

ove B è la brillantezza, h e k sono due costanti da determinare e che risultano differenti a seconda del diaframma impiegato nel fotografare il gruppo di sorgenti estese.

È stato sufficiente un numero di tre fotografie di tali sorgenti, per far sì che tutte le 47 rette di compenso \bar{Y} risultassero riferibili alle suddette tre curve di taratura risultanti dalla registrazione. In tale modo ogni \bar{Y} poteva trovare un punto di intersezione con una delle tre curve e inoltre, poichè le variazioni di registrazione dei vari dettagli di Giove, ovverossia le ordinate che chiameremo y_n corrispondenti alle bande e alle zone, erano comprese entro brevi tratti delle curve di taratura, e la legge che governava queste ultime era nota per costruzione, si poteva procedere a una stima quantitativa mediante interpolazione, sostituendo alla curva una retta nel breve tratto considerato. Quest'ultima risulta essere la tangente alla curva di calibrazione nel punto di intersezione della \bar{Y} con la curva stessa.

I risultati riportati nella tabella II rappresentano, percentualmente, il valore medio della intensità delle bande e delle zone riferito alla intensità media di Giove, entro un intervallo medio di $\pm 25^\circ$ in longitudine dal meridiano centrale.

La fig. 3 riporta in grafico i valori percentuali relativi a ciascun dettaglio per ogni singola fotografia; purtroppo, nel corso delle opposizioni 1960 e

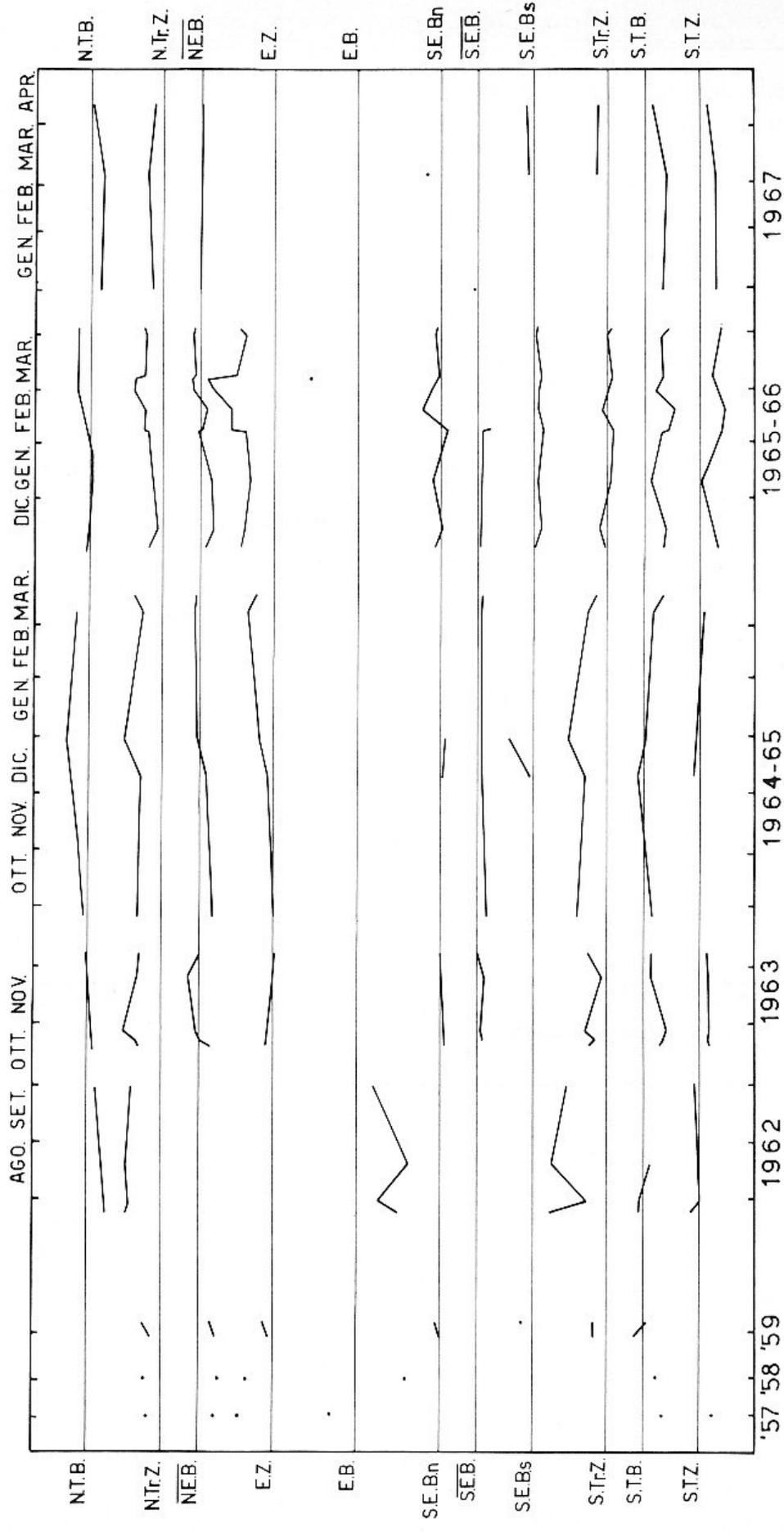


Fig. 3. - Intensità percentuali dei singoli dettagli nel corso di dieci anni. Con la dicitura S.E.B. e N.E.B. si intendono le due bande del pianeta senza alcun riferimento alle loro componenti nord e sud in quanto, o perché assenti o perché non rilevabili sul negativo. Di alcuni valori relativi alla stessa data ma a differente longitudine, è stata fatta la media aritmetica.

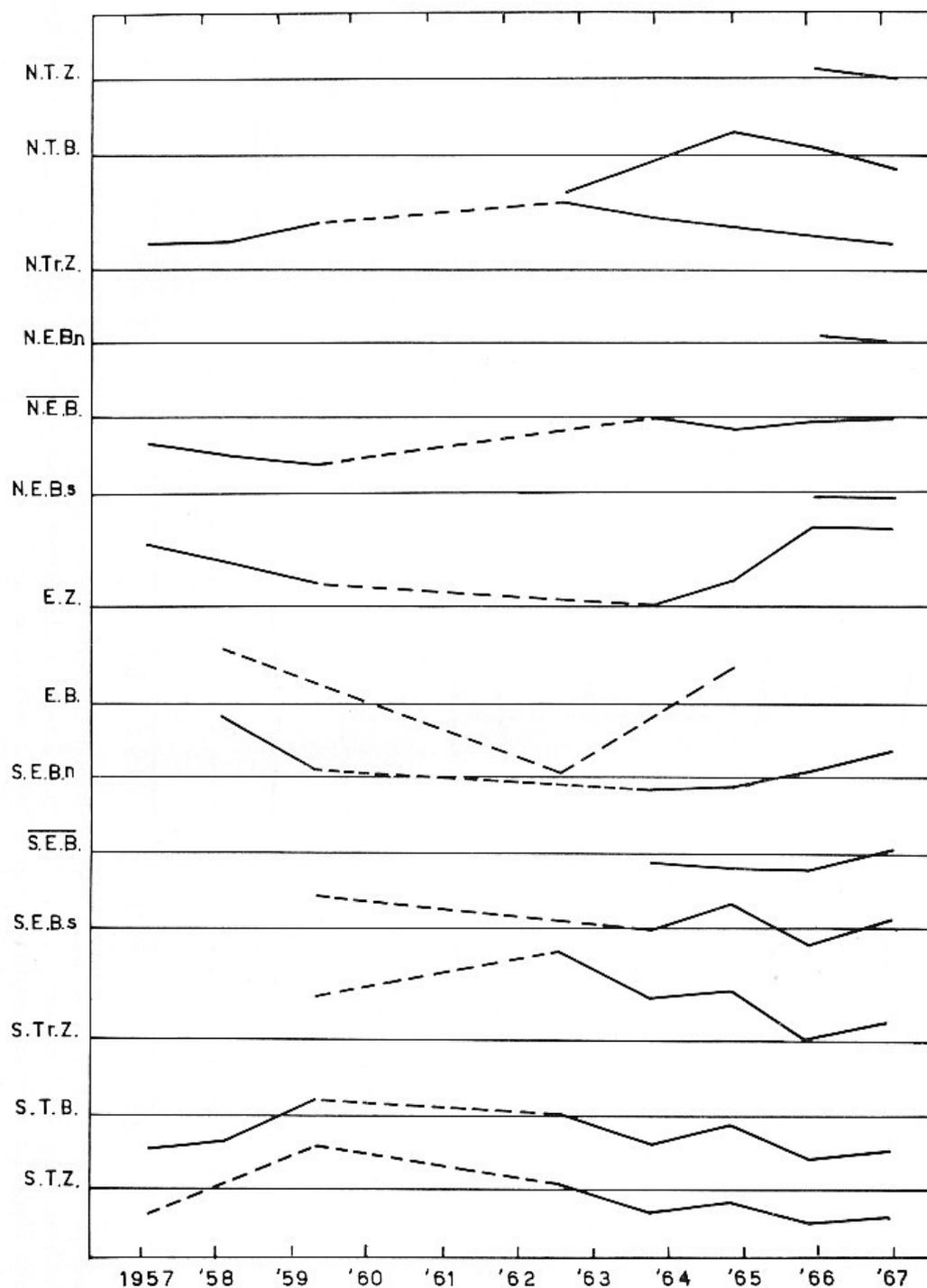


Fig. 4. - Intensità dei singoli dettagli mediati per ogni opposizione.

1961, la bassa declinazione del pianeta rese inutilizzabile, dal punto di vista fotometrico, il materiale raccolto, che risulta così suddiviso:

Opposizione	n° fotografie
1957-58	1
1959	1
1962-63	2
1963-64	8
1964-65	8
1965-66	17
1966-67	6

Dal prospetto si può dedurre che solo dal 1963 si può ragionevolmente parlare di media di valori per opposizione.

La tabella III riporta invece la media dei valori di intensità per ogni opposizione, sempre riferiti, per ogni singolo dettaglio, all'intensità media del pianeta; essi sono posti in grafico nella fig. 4.

Per concludere si può affermare che una osservazione fotometrica del pianeta è senz'altro realizzabile e utile ai fini statistici; essa risulterebbe assai interessante se fosse compiuta con l'impiego di filtri di luce e tenendo presente la longitudine del meridiano centrale dei due sistemi di rotazione. Si potrebbero a tal scopo suddividere i 360° in quattro o più parti e compiere osservazioni fotografiche a determinate longitudini.

Impiegando mezzi strumentali più potenti e soprattutto posti in luoghi di osservazione più favorevoli in modo da ottenere una documentazione quanto più frequente possibile, si potrebbe considerevolmente aumentare il numero degli intervalli e di conseguenza diminuire la loro estensione in longitudine, conseguendo così una analisi fotometrica più dettagliata che permetterebbe di seguire più in particolare la dinamica estremamente complessa dell'atmosfera del pianeta.

Settembre 1968

TABELLA III

Valori percentuali medi, per opposizione, della intensità dei dettagli.

	N.T.Z.	N.T.B.	N.Tr.Z.	N.E.B.n	N.E.B.	N.E.B.s	E.Z.	E.B.	S.E.B.n	S.E.B.	S.E.B.s	S.Tr.Z.	S.T.B.	S.T.Z.
1957			+ 6,9*	- 6,8*	+ 16,0*	+ 14,0*							- 9,1*	- 6,5*
1958			+ 8,0*	- 9,4*	+ 12,7*	+ 16,0*							- 6,6*	
1959			+ 12,5	- 12,0*	+ 6,2	+ 2,1	+ 8,4	+ 12,1	+ 3,9	+ 12,2*				
1962		- 10,0*	+ 17,1				- 17,6					+ 23,0	+ 0,5	+ 2,0
1963-64			+ 14,3	0,0	+ 0,3	- 2,9*	- 2,5				0,0*	+ 8,3	- 7,4	- 5,2
1964-65		+ 5,8	+ 10,7	- 3,3	+ 6,3	+ 9,3*	- 3,2	+ 6,8	+ 12,6				- 2,6	- 2,8*
1965-66	+ 1,7	+ 1,7	+ 8,8	+ 1,6	- 1,1	- 1,0	+ 21,1		+ 2,1	- 4,0	- 3,3	+ 0,2	- 11,0	- 8,3
1966-67	- 0,4	- 4,4	+ 6,3	+ 0,5*	- 0,9	- 1,0*	+ 20,0	+ 8,2	+ 1,5*	+ 2,9	+ 5,2	+ 5,2	- 8,5	- 6,6

L'asterisco sta ad indicare che il valore si riferisce ad una singola osservazione.