

ETOILES ECLIPSANTES. Bulletin d'Information n° 26 .

Analisi della curva di luce di tre variabili ad eclisse  
senza minimo secondario: V812 Cyg, V816 Cyg e V827 Cyg.

A) Introduzione

Le tre stelle in esame sono state scoperte nel 1948 da W.J.Miller.  
Di esse sono disponibili le curve di luce fotografiche pubblicate  
nel 1958 da Miller e Wachmann (MW)(1).  
I dati generali relativi a queste tre stelle sono riassunti nella  
tabella seguente.

stella	AR(1900)	DB(1900)	tipo	mag. al massimo
V812 Cyg	19h43m02s	+36°35'34"	EA	14.90' pg.
V816 Cyg	19h49m15s	+36°00'34"	EA	16.33 pg.
V827 Cyg	20h07m37s	+37°09'43"	EA	14.63 pg.

Le effemeridi riportate sono le seguenti:

V812 Cyg	2431858.518 + 5.650573 * E
	±5                    ±6
V816 Cyg	2434040.738 + 5.37386 * E
	±5                    ±3
V827 Cyg	2433202.6649 + 1.6213395 * E
	±6                    ±4

tutte relative all'istante di minimo primario eliocentrico.

I tipi spettrali di tutte e tre le stelle sono ancora incogniti inoltre  
esse risultano inosservate dalla data della scoperta, fino ad ora  
non sono state calcolate orbite di esse.

Nel presente lavoro verranno analizzate le curve di luce al fine di  
determinare gli elementi orbitali dei tre sistemi.

B) Osservazioni

Le tre stelle in esame sono state osservate fotograficamente per vari  
anni quindi le curve di luce risultano molto ben coperte.

Le osservazioni disponibili per ciascuna curva di luce sono rispettiva-  
mente:

V812 Cyg	1225
V816 Cyg	1152
V827 Cyg	1023

tutte fotografiche e quasi tutte ottenute con un astrografo Zeiss

da 40 cm di diametro.

Il materiale fotografico indicato dagli autori (MW) è tale da poter assumere con sufficiente accuratezza una  $\lambda_{eq}=4250 \text{ \AA}$ .

Le tre curve di luce sono riportate nelle figure 1, 2 e 3, le coordinate dei punti normali che le costituiscono sono reperibili in letteratura (1).

### C) Precisione delle osservazioni disponibili

Le tabelle dei punti normali relative alle curve di luce delle tre stelle non davano nessuna indicazione delle barre d'errore su di essi.

Inoltre è buona cosa accertarsi sempre che la precisione delle osservazioni disponibili giustifichi il calcolo degli elementi orbitali.

A tale proposito si è assunto che le magnitudini ricavate per ogni lastra fotografica siano state ottenute mediante una interpolazione lineare (nel peggiore dei casi) sulla curva di calibrazione propria di ciascuna lastra.

Inbase a ciò è possibile avere una buona stima dell'errore su ogni singolo punto normale che compone la curva di luce mediante la:

$$\sigma_m \cong \sqrt{3/N} \bar{\sigma} \quad (1')$$

dove  $\bar{\sigma}$  è l'errore sulla mag. delle stelle di confronto usate e N il numero dei punti che concorrono alla formazione del punto normale considerato.

In base alla relazione (1) sono state determinate le barre d'errore sui valori delle mag. al massimo e al minimo delle tre stelle in esame.

I risultati sono riportati nella tabella I.

Tab. I

stella	Max	Min 1	Min 2	$(\sigma_m/A1)$
V812 Cyg	14.90 ± .01	16.70 ± .01	14.90 ± .01	0.6%
V816 Cyg	16.326 ± .007	17.630 ± .007	16.236 ± .007	0.5%
V827 Cyg	14.631 ± .007	16.490 ± .007	14.63 ± .02	0.4%

$(\sigma_m/A1)$  dà il rapporto percentuale fra la barra d'errore e l'ampiezza del minimo usato per la determinazione degli elementi orbitali; in pratica si tratta di un parametro legato alla affidabilità che avranno gli elementi risultanti dopo il calcolo dell'orbita.

Analizzando quanto riportato nella tabella I si nota che le curve di luce disponibili permettono un calcolo d'orbita significativo.

D) Soluzione della curva di luce

Dalla analisi delle tre curve riportate nelle figure 1, 2, 3 si osserva chiaramente che su di esse non si notano evidenti segni di distorsione, in ogni caso l'analisi armonica della curva dei punti normali appartenenti alle fasi di massimo non ha prodotto alcun coefficiente della serie di Fourier impiegata, sensibilmente maggiore della sua barra d'errore, fatto questo che ha autorizzato l'uso delle curve di luce non rettificata. Il calcolo degli elementi orbitali è stato effettuato mediante l'analisi polinomiale della curva di luce (2) la quale permette una soluzione completamente automatizzata anche avendo a disposizione un computer con limitate capacità di memoria, inoltre tale metodo consente l'uso di una legge di oscuramento al bordo di grado arbitrario.

Nella soluzione delle tre curve di luce è stata scelta una legge quadratica del tipo:

$$J(\gamma) = J(0) \left\{ 1 - u_1 - u_2 + u_1 \cos \gamma + u_2 \cos^2 \gamma \right\} \quad (2')$$

e siccome le tre stelle presentavano uno spettro di tipo incognito sono stati assunti i valori standard: (3)

$$u_1 = 0.65 \qquad u_2 = -0.023$$

per i coefficienti, valori questi molto ben verificati per la distribuzione di luminosità sul disco solare.

Il modello adottato è stato quello ellissoidale triassiale per la forma delle due componenti del sistema binario con l'assunzione di  $n=5$  per l'indice politropico.

L'analisi effettuata interamente con una calcolatrice Texas TI 59 ha fornito i valori mostrati nella tabella II per gli elementi orbitali.

Un controllo dei risultati ottenuti è stato effettuato analizzando le tre curve di luce nel dominio delle frequenze ottenendo dei risultati praticamente coincidenti con quelli ottenuti con la analisi polinomiale.

Tab. II: Elementi orbitali fotometrici

$\lambda_{eq} = 4250 \text{ \AA}$        $u_1 = .65$        $u_2 = -.023$       Min 1 = transito

stella	$ i $	$a_j$	$b_j$	$c_j$	$L_j$
V812 Cyg	61°	.55	.54	.50	1.000
	±2°	±3	±3	±3	±9
		.037	.037	.037	.000
		±2	±2	±2	±9
V816 Cyg	71°.2	.357	.354	.345	1.000
	±7	±7	±7	±7	±2
		.070	.070	.070	.000
		±2	±2	±2	±2
V827 Cyg	79°.4	.299	.293	.287	1.000
	±1	±2	±2	±2	±20
		.187	.183	.186	.000
		±1	±1	±1	±20

Le curve di luce teoriche sono risultate in perfetto accordo con i dati sperimentali e sono mostrate dal tratto pieno nelle figure 1, 2 e 3.

Poichè i sistemi considerati sono tutti sistemi "detached" si potrà avere una buona stima del rapporto di massa  $q=(m_2/m_1)$  fotometricamente ottenuto facendo l'ipotesi che entrambe le componenti siano ben comprese nelle loro superfici equipotenziali.

Si avranno quindi i risultati esposti nella tabella III.

Tab. III: rapporti di massa fotometrici

stella	$m_2/m_1$
V812 Cyg	.021 ± .008
V816 Cyg	.11 ± .01
V827 Cyg	.50 ± .01

#### E) Discussione

Considerando i valori riportati nelle tabelle II e III si hanno alcune indicazioni particolari.

Prima di tutto si nota che la assenza del minimo secondario dalla curva di luce porta ad avere rapporti fra i raggi piuttosto ridotti (salvo per lo meno il caso di V827 Cyg).

Ora in linea di principio l'ipotesi che ricorre al minimo principale non è nota e nemmeno risulta dal calcolo in questo caso.

Infatti la stella scura che è davanti a quella luminosa durante il minimo principale potrebbe essere indifferentemente quella più grossa che quella più piccola.

In ogni caso la certezza di avere a che fare con dei sistemi staccati ci pone nella condizione di ritenere vero che ciascuna delle due componenti dei tre sistemi verifici la legge massa-luminosità e la legge massa-raggio, in virtù di tale fatto si avrà che a raggio maggiore corrisponderà una maggior luminosità.

Tale assunzione porta a dare un raggio minore alla componente eclissante al minimo primario indicando univocamente una ipotesi di transito.

Da tale assunzione derivano le luminosità frazionarie indicate nella tabella I.

A questo punto è possibile ottenere dei valori di  $L_1$  e  $L_2$  più aderenti alla realtà tenendo conto del fatto che sarà:

$$\frac{L_2}{L_1} \approx .975 \left( \tau_2 / \tau_1 \right)^{4.72} \quad (3)$$

essendo  $L_1 + L_2 = 1$  per definizione si avranno i valori delle luminosità frazionarie indicate nella tabella IV.

Si può facilmente notare che solo nel caso di V827 Cyg si ha un valore di  $L_2$  sensibilmente maggiore di 0.

TAB.IV: Luminosità frazionali reali

stella	$L_1$	$L_2$
V812 Cyg	1.000	.000
V816 Cyg	1.000	.000
V827 Cyg	.904	.096

Tale fatto porta ad avere una profondità del minimo secondario diversa da zero.

Infatti svolgendo il calcolo si otterrebbe per il minimo secondario una ampiezza teorica di:

$$\Delta m_2 = .09 \pm .02 \text{ mag.}$$

Tale valore risulta superiore alla profondità della leggera ondulazione che si registra in prossimità della fase  $\varphi = .5$  sulla curva di luce di V827 Cyg, però tenendo conto della dispersione delle misure individuali che formano i punti normali si può ritenere che il disaccordo sia dovuto puramente agli errori di osservazione oppure, nel caso peggiore, al fatto che questa stella non verifichi perfettamente la equazione (3) e le ipotesi ad essa collegate.

#### F) Conclusione

Nel presente lavoro sono state discusse ed analizzate le curve di luce di V812, V816 e V827 Cyg al fine di ottenere gli elementi orbitali fotometrici.

I risultati ottenuti sono stati soddisfacenti.

Purtroppo essendo le tre stelle molto deboli nessuna osservazione spettroscopica è disponibile, fatto questo che ci impedisce di fare anche una stima dei parametri fisici delle stelle componenti questi tre interessanti sistemi.

#### G) Bibliografia

- (1) Miller W.J., Wachmann A.A.: 1958, Ric. Astr. 6, N°7
- (2) Gaspani A.: 1983, R.I. Oss. Astr. Brera-Merate N°8/83
- (3) Kopal Z.: 1979, "Language of the Stars" D. Reidel Publ.

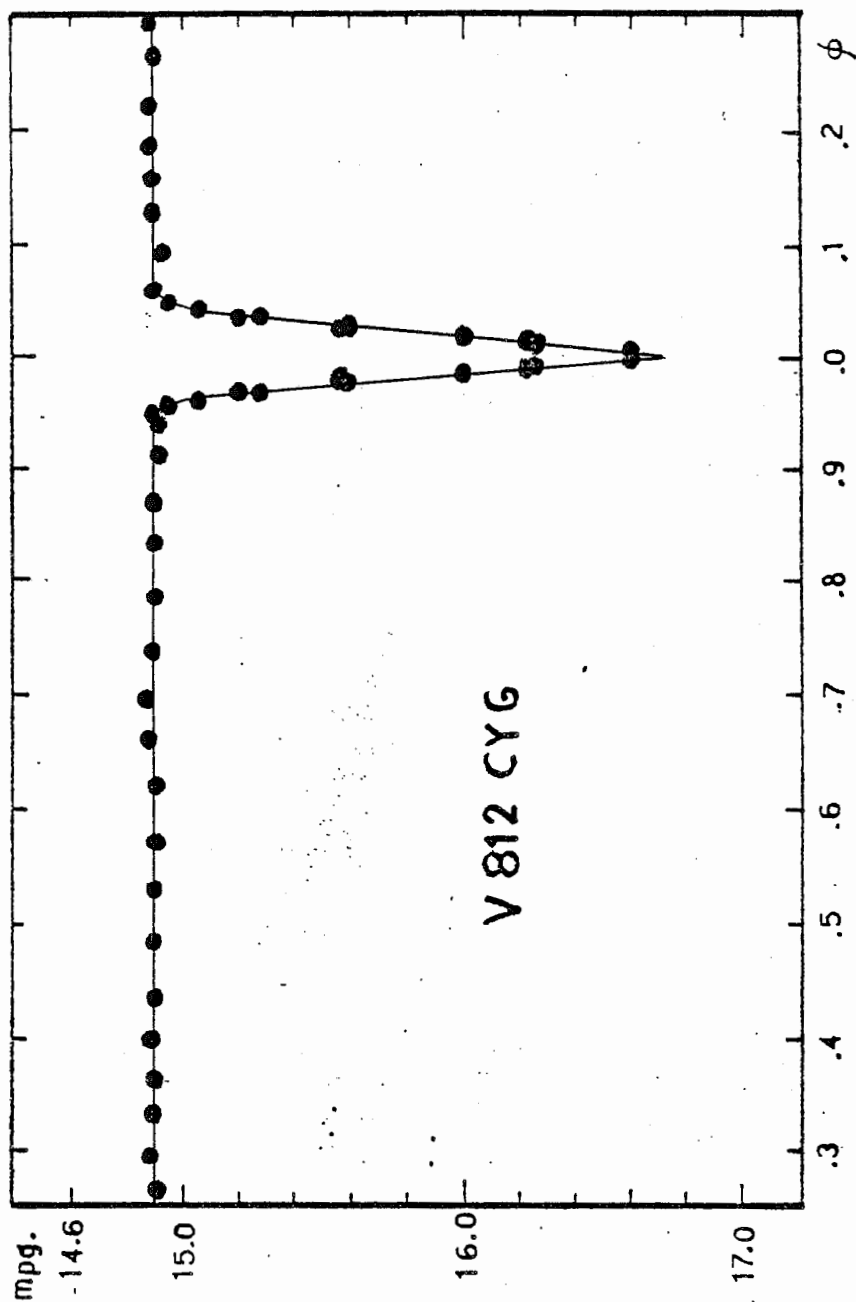


Fig. 1 : Curva di luce di V812 CYG.

30 ENE. 1984

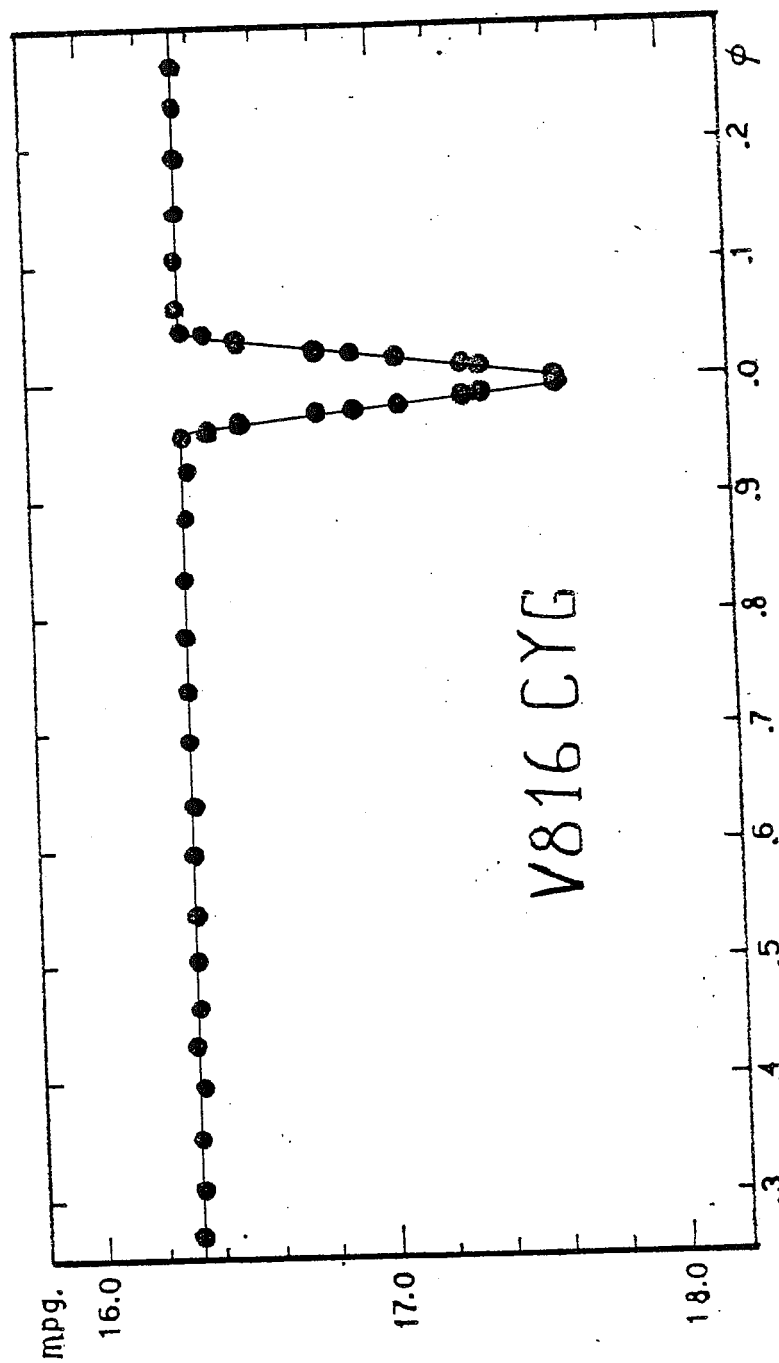


Fig. 2 : Curva di luce di V816 Cyg.

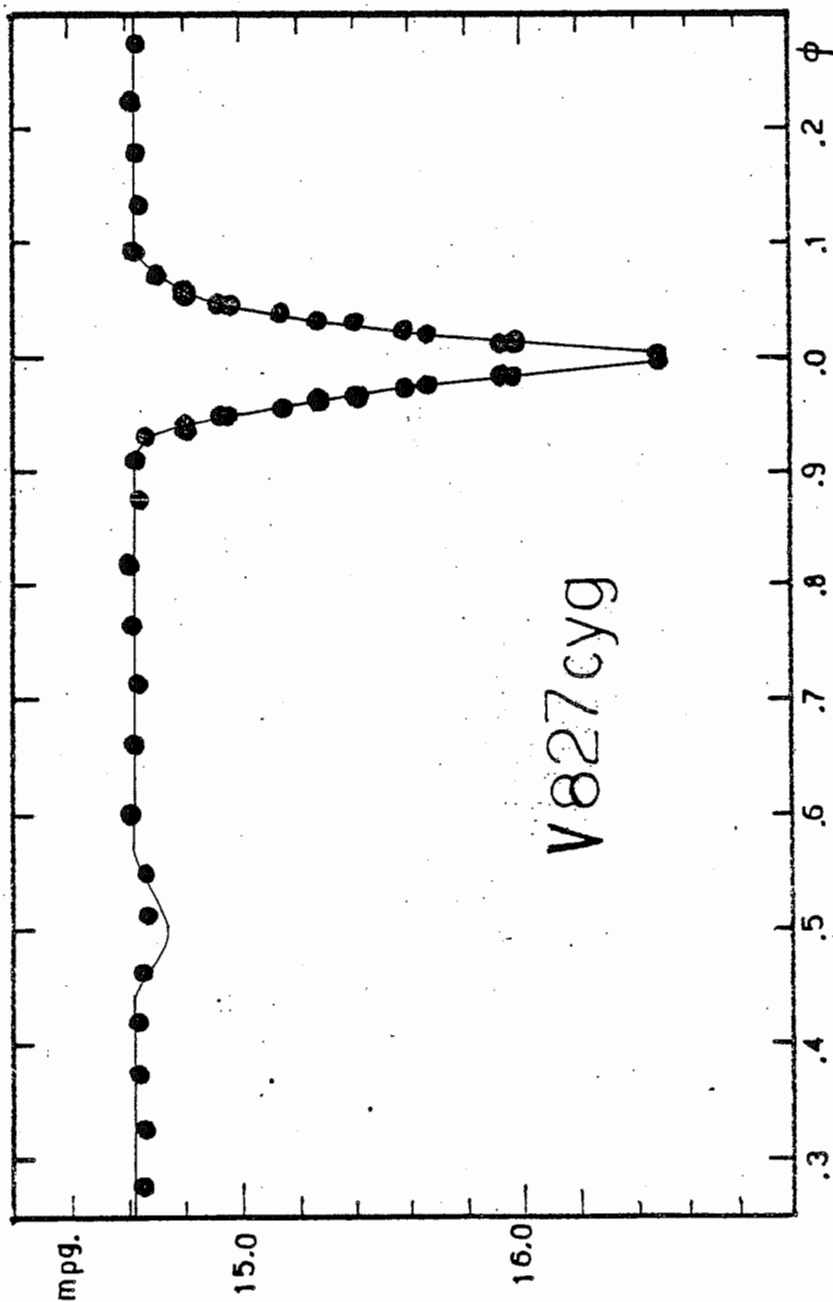


Fig. 3 : Courva di luce di V827 Cyg.