

VB09 CYG : Transito od occultazione?

A) Introduzione

VB09 Cyg (VV52) e' una variabile ad eclisse scoperta da W.J. Miller (1959) il quale ne ottenne una buona curva di luce fotografica che e' anche la prima ed unica ottenuta fino ad ora di questa interessante stella variabile. Le caratteristiche principali di VB09 CYG sono:

AR(1950) = 17 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup>	DB(1950) = +36° 09' .0
Tipo: EA/DM	Max. = 13.3 p
DI = 0.065*P	Min. 1 = 14.1 p
DII = 0.069*P	Min. 2 = 13.6 p

riportate dal G.C.V.S. 1985.

L'effemeride relativa al Min.1 e' la seguente:

$$\text{Min. 1} = \text{JDo } 2433252.226 + 1.964451 * E$$

ottenuta da Miller sulla base di 15 minimi primari che si estendono su un intervallo di 5858 giorni. Il tipo spettrale di VB09 CYG risulta ancora incognito, mentre esiste gia' una soluzione orbitale della curva di luce usata nel presente lavoro. Tale soluzione ottenuta da FILATOV (1966) e' piuttosto superficiale ed approssimativa essendo stata ottenuta con il metodo di RUSSELL assumendo l'ipotesi "Darkened" (u1 = 1.0) chiaramente poco realistica. Nel presente lavoro verra' nuovamente analizzata e risolta la curva di luce di questo sistema binario per mezzo del programma E.V.L.C.S. (Caspani, 1986) il quale risulta piu' perfezionato e moderno rispetto alla procedura risolutiva usata da Filatov.

B) Osservazioni

Il materiale osservativo a disposizione per il presente lavoro e' rappresentato da un insieme di 33 punti normali ottenuti, sulla base di 1203 lastre fotografiche, da Miller e da lui pubblicati (1959). La curva di luce che ne risulta e' mostrata graficamente nella figura 1. La banda spettrale a cui puo' essere riferita la fotometria e' in questo caso il blu fotografico standard a circa 4250 Å di lunghezza d'onda. Cio' deriva dalle indicazioni di Miller intorno alla strumentazione e al materiale fotografico impiegati. La qualita' del materiale osservativo disponibile (punti normali) e' abbastanza buona, sufficiente per aspettarsi una affidabile soluzione della curva di luce da parte del programma E.V.L.C.S.. Lo scopo del presente lavoro sara' quindi triplice e cioe' ottenere il modello del sistema binario in esame, confrontarlo con quanto ottenuto da Filatov nella sua precedente analisi e ultimo, ma non ultimo, proseguire nella analisi delle performances del programma impiegato per ottenere la soluzione.

C) Soluzione della curva di luce

C.1) Criterio risolutivo

Da una occhiata alla figura 1 appare evidente che la curva di luce di VB09 CYG e' praticamente esente da effetti di prossimita' di entita' apprezzabile. Questo fatto e' interessante in quanto permette di diminuire il numero di parametri liberi in fase di determinazione degli elementi orbitali fotometrici. Come e' noto il criterio risolutivo adottato dall'E.V.L.C.S. e' quello di minimizzare la funzione obbiettivo S(\*) coincidente con la somma dei quadrati dei residui tra le osservazioni e una curva di luce sinteticamente generata dal computer sulla base di una certa combinazione dei parametri liberi che a loro volta sono funzioni degli elementi orbitali incogniti. La definizione della S(\*) e' quindi:

$$S(*) = \sum_{j=1}^{j=N} \{ l(\text{obs}) - l(\text{calc}) \}^2$$

Nel presente caso va osservato che la curva di luce mostra anche il minimo secondario relativamente profondo. Tale fatto appare interessante perche' sara' possibile usarlo in aggiunta al primario per ottenere una soluzione di maggior affidabilita'. Va tenuto presente che i due minimi vengono trattati inizialmente in maniera individuale dall'E.V.L.C.S. in fase di soluzione per cui dovra' verificarsi automaticamente che se al min.1 viene raggiunta la convergenza per una certa ipotesi (transito od occultazione), il metodo dovra' indipendentemente convergere, durante l'analisi del min.2, all'ipotesi opposta. Se questo non avviene significa che la precisione del materiale osservativo e' insufficiente a garantire la risolvibilita' della curva analizzata. E' evidente che questo e' un criterio addizionale per giudicare la bonta' del materiale osservativo a disposizione. Successivamente se i due set di elementi orbitali risultano consistenti fra di loro allora il programma ottiene la combinazione delle due soluzioni, con l'opzione selezionabile dall'utente, di imporre una orbita circolare o ellittica per il sistema in esame. Tale criterio e' quello che e' stato seguito nel caso presente.

C.2) Soluzione

Il programma utilizzato, come ormai e' noto, permette di ottimizzare fino a 13 parametri liberi. Nel caso presente sono stati esclusi i quattro coefficienti c(j) di prossimita' per cui sono stati posti da ottimizzare i rimanenti 9 con la eccezione di L3 per cui un totale di 8 e piu' precisamente: Δφ<sub>0</sub> (phase-shift al minimo in esame: I/II a seconda del caso ricorrente), k, G1, G2, L1, lo(oc), lo(tr) e mo. Tale configurazione e' stata creata per ciascuno dei due minimi separatamente

per cui e' stato eseguito un doppio processo di ottimizzazione con due serie di 8 parametri liberi.

C. 3) Ottimizzazione al min. 1

La soluzione dei punti normali al minimo principale ha mostrato che l'andamento della funzione obbiettivo S'(\*) nello spazio dei parametri presenta due minimi distinti di profondita' quasi uguale, uno situato nella zona corrispondente ad una occultazione e uno situato nella zona di transito.  
I valori finali dei parametri liberi sono riportati nella tabella 1.

Tab. 1 : Parametri liberi ottimali al Min. 1

Parametro	Occultazione	Transito
k	.85 ± .05	.79 ± .04
G1	.0183 ± .0005	.0190 ± .0005
G2	.0002 ± .0008	.0006 ± .0008
lo(oc)	.497 ± .006	.731 ± .005
lo(tr)	.731 ± .005	.497 ± .004
Δφ <sub>o</sub>	-.003 ± .005	-.003 ± .005
mo	13.28 ± .01	13.28 ± .01
L1	.573 ± .007	.801 ± .006
S'(*)	.00207	.00198
C. C. 1.	.9845	.9931

Osservando il valore listato per la S'(\*) che rappresenta il minimo valore della funzione obbiettivo corrispondente alla scelta ottimale dei parametri liberi nel caso di ciascuna ipotesi, si nota che pur avendosi un valore piu' basso nel caso di transito la differenza rispetto a quello ottenuto nel caso di occultazione e' minima per cui non ci si trova nella condizione di preferire con sicurezza un set parametri rispetto all'altro.  
Alcuni parametri ovviamente coincidono, si tratta di quelli che non dipendono dall'ipotesi (tr./occ) che puo' capitare ad un certo minimo.

C. 4) Ottimizzazione al Min. 2.

La soluzione dei punti appartenenti al minimo secondario ha mostrato un fenomeno analogo a quello visto nel caso del minimo principale e cioe' anche in questo caso la funzione obbiettivo S''(\*) ha mostrato due minimi ben definiti in corrispondenza delle due ipotesi possibili.  
La tabella II riporta i valori degli elementi dei due vettori dei parametri ottenuti nei due casi.

Tab. II : Elementi del vettore ottimale (W\*) nel caso del Min. 2

Parametro	Occultazione	Transito
k	.68 ± .05	.68 ± .05
G1	.0212 ± .0005	.0214 ± .0005
G2	.0025 ± .0007	.0025 ± .0007
lo(oc)	.731 ± .003	.497 ± .003
lo(tr)	.497 ± .001	.731 ± .001
Δφ <sub>o</sub>	-.0004 ± .0007	-.0004 ± .0007
mo	13.28 ± .01	13.28 ± .01
L1	.269 ± .003	.590 ± .003
S''(*)	.000363	.000361
C. C. 1.	1.0055	.9261

Nel caso del Min. 2 le due soluzioni sono ancora piu' difficili da discriminare di quanto non lo fossero quelle relative al minimo principale.

C. 5) Combinazione delle soluzioni

Considerata la indeterminazione riscontrata analizzando le due ipotesi ad entrambi i minimi e' stato deciso di portarle avanti entrambe.  
A questo punto esistevano due possibilita':

soluzione [A] = ( Min. 1 : transito, Min. 2 : occultazione)  
soluzione [B] = ( Min. 1 : occultazione, Min. 2 : transito)

La combinazione dei due vettori ottimali ottenuti in ciascuno dei casi [A] e [B] e' stata eseguita sempre usando un sottoprogramma dell' E. V. L. C. S. sia nel caso che l'orbita fosse considerata circolare che in quello di orbita eccentrica, ottenendo i risultati riportati nella tabella III e IV (riferiti al Min. 1).

Tab. III : Elementi orbitali ottimali (orbita circolare)

soluzione:	[A]	[B]
Min. 1:	Transito	Occultazione
r1	.143 ± .001	.106 ± .001
r2	.108 ± .001	.145 ± .001
i1	87° 0 ± 0.3	87° 0 ± 0.8
L1	.774 ± .004	.753 ± .004
L2	.226 ± .004	.247 ± .004
u1	.50 (assunto)	.50 (assunto)
u2	.50 (assunto)	.50 (assunto)

7 MAR 1987

Tab. IV : Elementi orbitali ottimali (orbita ellittica)

soluzione	[A]	[B]
Min. 1:	Transito	Occultazione
r1	.145 ± .001	.108 ± .001
r2	.107 ± .001	.144 ± .001
!i!	87°6 ± 0.3	87°0 ± 0.8
L1	.774 ± .004	.769 ± .004
L2	.226 ± .004	.230 ± .004
u1	.50 (assunto)	.50 (assunto)
u2	.50 (assunto)	.50 (assunto)
e	.022	.076
w	90°	270°
F(p)	.493	.976

Si nota chiaramente che la soluzione [A] e [B] differiscono praticamente solo nella eccentricita' dell'orbita e nel suo orientamento quindi nel valore della fase del periastro F(p).  
In ogni caso si nota anche una quasi completa equivalenza dei parametri geometrici delle due stelle sia nel caso ellittico che in quello circolare ed anche nelle due diverse soluzioni per cui allo stato attuale delle cose non e' possibile esprimersi sicuramente se VB09 CYG mostri alla eclisse primaria un transito od una occultazione.

## D) Discussione

Da un punto di vista puramente matematico l'ipotesi di transito al minimo principale appare leggermente piu' accettabile in virtu' del (leggermente) piu' ridotto valore minimo di S(\*).  
In ogni caso un minimo primario dovuto ad una occultazione implicherebbe un valore per il raggio frazionario della stella piu' evoluta, la piu' grande, che risulta decisamente ridotto rispetto alla media.  
Infatti una ipotesi di occultazione porterebbe a stimare un valore per il rapporto di massa anormalmente basso per cui tale ipotesi viene ritenuta poco probabile.  
Si preferisce quindi in questa sede pronunciarsi favorevolmente verso la ipotesi di transito al minimo principale che porterebbe ad avere un modello di sistema "DETACHED" con valori dei parametri orbitali perfettamente nella norma.  
E' molto interessante registrare che l'E.V.L.C.S. e' stato in grado, seppur di strettissima misura, di indicare tale ipotesi come il caso piu' probabile.  
Per quanto riguarda la forma dell'orbita, non ci sono indicazioni precise di una eventuale ellitticita' per cui si preferisce in questa sede considerare l'orbita di VB09 CYG di tipo circolare e adottare quindi i corrispondenti parametri orbitali i quali sono riportati nella prima colonna della tabella V. Nella seconda colonna della stessa tabella e' riportata la soluzione di FILATOV (1966).

Tab.V : Elementi orbitali di VB09 Cyg

	(Gaspani, 1986)	(Filatov, 1966)
Min. 1	Transito	Occultazione
r1	.143 ± .001	.126
r2	.108 ± .001	.141
!i!	87°0 ± 0.3	86°4
u1	.50 (assunto)	--
u2	.50 (assunto)	1.0 (assunto)
L1	.774 ± .004	--
L2	.226 ± .004	--
J2/J1	.54 ± .02	--
12/I1	.54 ± .02	--
T2/T1	.856 ± .009	--

La soluzione di Filatov risulta essere frammentaria anche se e' discordante solamente nel caso del raggio frazionario della stella minore.  
Da notare che l'ipotesi di occultazione da lui assunta e' probabilmente frutto del tentativo di semplificare i calcoli piu' che di ottenere una buona soluzione della curva di luce del sistema binario in esame.  
Non e' nemmeno ben chiaro il perche' egli non abbia riportato i valori delle luminosita' frazionarie delle due stelle.  
In ogni caso la soluzione ottenuta presentemente con il programma E.V.L.C.S. risulta essere decisamente buona confermando le ottime performances di tale programma anche nel caso di curve di luce che portano, come in questo caso, a soluzioni ambigue.  
La curva di luce teorica costruita sulla base degli elementi orbitali ottimali ed elencati nella Tab.V e' riportata a tratto continuo nella figura 1: l'accordo con i dati osservativi risulta eccellente.

## E) Conclusione

Nel presente lavoro e' stata analizzata e risolta la curva di luce di VB09 CYG ottenendo un accettabile modello del sistema che risulta in accordo con le caratteristiche generali mostrate dalla curva di luce osservata.  
La precedente soluzione (Filatov, 1966) si e' rivelata frammentaria ed ottenuta in maniera molto approssimativa, anche se riporta una corretta valutazione per taluni parametri.  
Il modello piu' perfezionato ottenuto nel presente lavoro permette di confermare la classe EA/DM che il G.C.V.S. 85 assegna alla stella in esame.  
La soluzione della curva di luce di altri sistemi poco conosciuti sara' l'argomento dei lavori successivi.

A. Gaspani

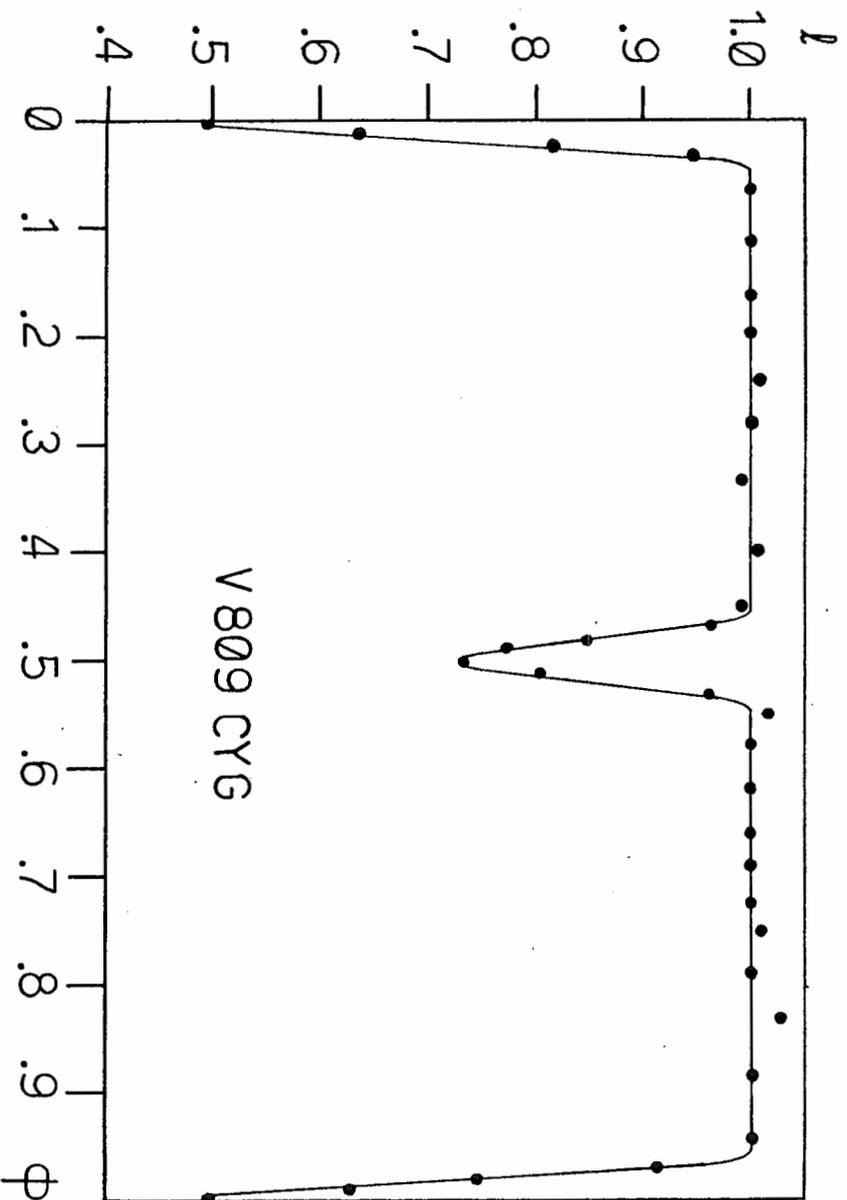


FIG.1) Curva di luce teorica plottata tra i punti sperimentali.

## F) Bibliografia

=====

- Filatov G. S. : 1966, БЮЛ. ИНСТ. АСТРТАДЖ. ССР, 47, 7.  
Gaspari A. : 1986, U. A. I. - E. V. Circ. No. 3.  
Miller W. J. : 1956, Ric. Astr., 6, 7, 163.  
Wachmann A. A.)