

LMV 65 : ANALISI DELLA CURVA DI LUCE
ED ELEMENTI ORBITALI FOTOMETRICI.

A) Introduzione

LMV 65 e' una variabile ad eclisse situata nella Grande Nube di Magellano, nell'emisfero australe.

Essa fu osservata fotograficamente da S. GAPOSHKIN durante un suo studio riguardante 3323 stelle variabili presenti nelle due Nubi ed eseguito tra il 1958 e il 1972.

Le caratteristiche fotometriche della stella in esame sono le seguenti, ricavate dalla curva di luce pubblicata da GAPOSHKIN (Gaposhkin,1977).

Max. = 14.19 mpg tipo : EA
Min. 1 = 16.36 mpg
Min. 2 = 14.76 mpg

L'effemeride relativa al minimo primario eliocentrico e' la seguente:

$$\text{Min.1} = \text{JD} 2429627.308 + 10.031599 * E$$

ottenuta sulla base di 15 minimi primari osservati fotograficamente i quali coprono un intervallo di 16763 giorni equivalenti a poco meno di 46 anni. Il tipo spettrale di questa stella non e' ancora noto anche se esiste una stima per la sua magnitudine assoluta blu.

Tale valore, determinato dallo stesso Gaposhkin, risulta essere di -3.9. Di questo sistema binario non risulta fino ad ora calcolata alcuna serie di elementi orbitali preliminari.

Lo scopo del presente lavoro sara' quindi quello di ottenere la prima serie di elementi orbitali fotometrici sulla base della curva di luce fotografica esistente, analizzandola con una procedura adatta.

B) Osservazioni

Le osservazioni disponibili sono, nel caso di LMV65, rappresentate da una serie di 33 punti normali ricavati da 493 lastre fotografiche e listati in (Gaposhkin,1977).

Le notizie intorno alla natura del materiale fotografico, alla strumentazione e alle tecniche di riduzione impiegate consentono di fissare con sufficiente approssimazione la lunghezza d'onda di osservazione intorno a 4250 Å. L'incertezza sulla magnitudine di ciascun punto normale e' stata stimata essere di circa 0.03 mag.

La fig.1 riporta il diagramma dei punti normali disponibili e usati al fine di ottenere la soluzione della curva di luce.

C) Soluzione della curva di luce

La soluzione della curva di luce formata dai 33 punti normali e' stata ottenuta per mezzo del ormai collaudato programma E.V.L.C.S (Gaspari,1984, 1985) nella sua piu' recente versione (livello #16, febbraio 1986) il quale permette di determinare gli elementi orbitali fotometrici sulla base di un processo di ottimizzazione ibrida semivincolata dei parametri liberi minimizzando una funzione obiettivo definita nel seguente modo:

$$S(W) = \sum_{i=1}^{i=n} \{ l(\text{obs}) - l(\text{calc}) \}^2$$

dove: l(obs) rappresenta la luminosita' osservata e l(calc) quella teorica prevista, per ogni punto analizzato, dal modello sulla base dei valori correnti degli elementi del vettore {W}.

La funzione obiettivo, cosi' specificata, viene determinata dal programma per ogni singola combinazione degli elementi del vettore {W} i quali rappresentano i valori dei parametri liberi che vengono presi in esame in quella fase del calcolo; ovviamente essa viene calcolata usando tutti i punti normali presenti nel minimo analizzato. Il programma permette di determinare oltre agli elementi del vettore soluzione {W} e quelli del vettore {E} delle loro barre d'errore, anche la ipotesi (transito/occultazione) che rende minima la S(W). In piu' viene fornito in output anche un parametro che da' informazioni in merito alla consistenza interna della soluzione individuata. Tale parametro permette un ulteriore controllo del fatto che il processo di minimizzazione sia converso all'ottimo globale della funzione obiettivo.

Va in ogni caso ricordato che il modo con cui e' stato formulato il problema della determinazione del vettore ottimale contenente i parametri liberi e' tale che nella maggioranza dei casi si verifica che nello spazio dei parametri la funzione obiettivo assume un solo minimo assoluto (l'ottimo globale da individuare) e al massimo un minimo relativo il quale generalmente compete alla ipotesi (tr./occ.) opposta a quella vera, a cui corrisponde l'ottimo globale.

La tabella dei punti normali riportata da Gaposhkin risultava fasata arbitrariamente e non in accordo con la effemeride relativa al minimo principale precedentemente indicata.

In virtu' di questo fatto e della insufficiente precisione con cui erano note le profondita' dei due minimi, sono stati inclusi come parametri liberi da ottimizzare anche il phase-shift del min.1 ($\Delta\varphi_0$) e le luminosita' $l_0(\text{occ})$ e $l_0(\text{tr})$ raggiunte nelle fasi massime delle due eclissi.

La soluzione, ottenuta mediante un C128 si e' rivelata stabile e dotata di considerevole consistenza interna.

La convergenza e' stata raggiunta per il caso di una occultazione al minimo principale, mentre i valori ottimali degli elementi orbitali sono riportati nella tabella I.

Il programma ha indicato che la miglior soluzione della curva di luce corrisponde ad un'eclisse totale al minimo principale (occultazione) e ad una anulare (transito) al minimo secondario.

S. Gaspari, 1986

=====
 Tab.I : Elementi orbitali fotometrici ottimali
 =====

$\lambda = 4250 \text{ \AA}$	Min.1 = Occultazione
u1 = .40 (assunto)	J2/J1 = .212 ± .008
u2 = .60 (assunto)	I2/I1 = .229 ± .009
r1 = .168 ± .002	I2/T1 = .692 ± .007
r2 = .361 ± .004	lo(oc.) = .493 ± .004
i = 80.7 ± 0.4	lo(tr.) = .893 ± .004
L1 = .507 ± .004	mo = 16.196 ± .009
L2 = .493 ± .004	$\Delta\varphi_0 = .407 \pm .002$
L3 = .00 (assunto)	DEL(m) = .030 ± .004

 sigma(1) = .0014 (sul singolo punto normale)

La curva di luce analizzata mostrava apprezzabili effetti di prossimita' per cui si e' rivelato necessario eseguire il consueto filtraggio al fine di rimuoverne gli effetti sulle osservazioni.
 Il programma E.V.L.C.S. permette di eseguire cio' in maniera completamente automatizzata prima della analisi orbitale vera e propria.
 In tal caso come parametri liberi addizionali sono stati necessariamente inclusi anche la magnitudine al massimo (mo) e i coefficienti c(j) (j=1...4) i quali specificano la entita' degli effetti di prossimita' (ellitticita', riflessione, ecc...) sulla curva di luce e che ne permettono la rimozione. La relazione utilizzata per rimuovere gli effetti di prossimita' e' stata come di consueto la seguente:

$$l(sfe) = l + l(obs) - l(prox) - D(1)$$

dove: l(sfe) = luminosita' filtrata e ridotta a quella equivalente del modello non distorto.

l(obs) = valore di luminosita' direttamente osservato e contenente i contributi degli effetti di prossimita'.

l(prox) = contributo degli effetti di prossimita' alla curva di luce osservata.

D(1) = perturbazioni fotometriche.

Per quanto riguarda il presente caso e' stato assunto che le perturbazioni fotometriche abbiano un effetto trascurabile sulla curva di luce osservata di conseguenza e' stato posto D(1)=0.

La definizione di l(prox) e', in termini di coeff. c(j), la seguente:

$$l(prox) = c(0) + c(1)\cos(f) + c(2)\cos^2(f) + c(3)\cos^3(f) + c(4)\cos^4(f).$$

con: f = angolo di fase.

I valori ottimali dei coefficienti c(j) vengono direttamente determinati dal programma fittando con i minimi quadrati la serie precedentemente riportata sulle osservazioni fuori eclisse.

La curva di luce teorica plottata tra i punti normali e' mostrata sotto forma di tratto continuo nella figura 1.
 L'accordo si rivela buono sintomo questo di affidabilita' della soluzione ottenuta.
 Qualche discrepanza tra la curva teorica e i punti osservati si nota per quanto riguarda la branca discendente del minimo secondario.

D) Discussione

 La figura 1 che riporta la curva di luce teorica plottata tra i punti normali utilizzati per la presente analisi mostra che l'accordo e' ottimo eccezion fatta per i punti che appartengono alla branca discendente del minimo secondario.
 Tale discrepanza non ha trovato una immediata spiegazione in fase di analisi, ma si suppone, considerato l'ottimo accordo che sussiste tra le osservazioni e la curva di luce sintetica su tutto il resto del ciclo orbitale, che la deviazione riscontrata sia da imputare a qualche fenomeno proprio del sistema binario in esame piuttosto che agli errori insiti nelle osservazioni stesse.
 Cio' e' solo una ipotesi in quanto le osservazioni sono troppo limitate sia in numero che in qualita' per poter dare qualche indicazione definitiva sulla natura della discrepanza registrata.
 Va anche notato che tale fenomeno e' gia' stato riscontrato altre volte nel caso delle variabili ad eclisse situate nella Grande Nube di Magellano la cui curva di luce e' stata desunta dalla pubblicazione di Gaposkin la quale e' la sorgente anche dei presenti dati osservativi.
 In ogni caso la corretta origine di questo fenomeno non e' ancora, almeno in questa sede e con i dati in nostro possesso, identificabile.

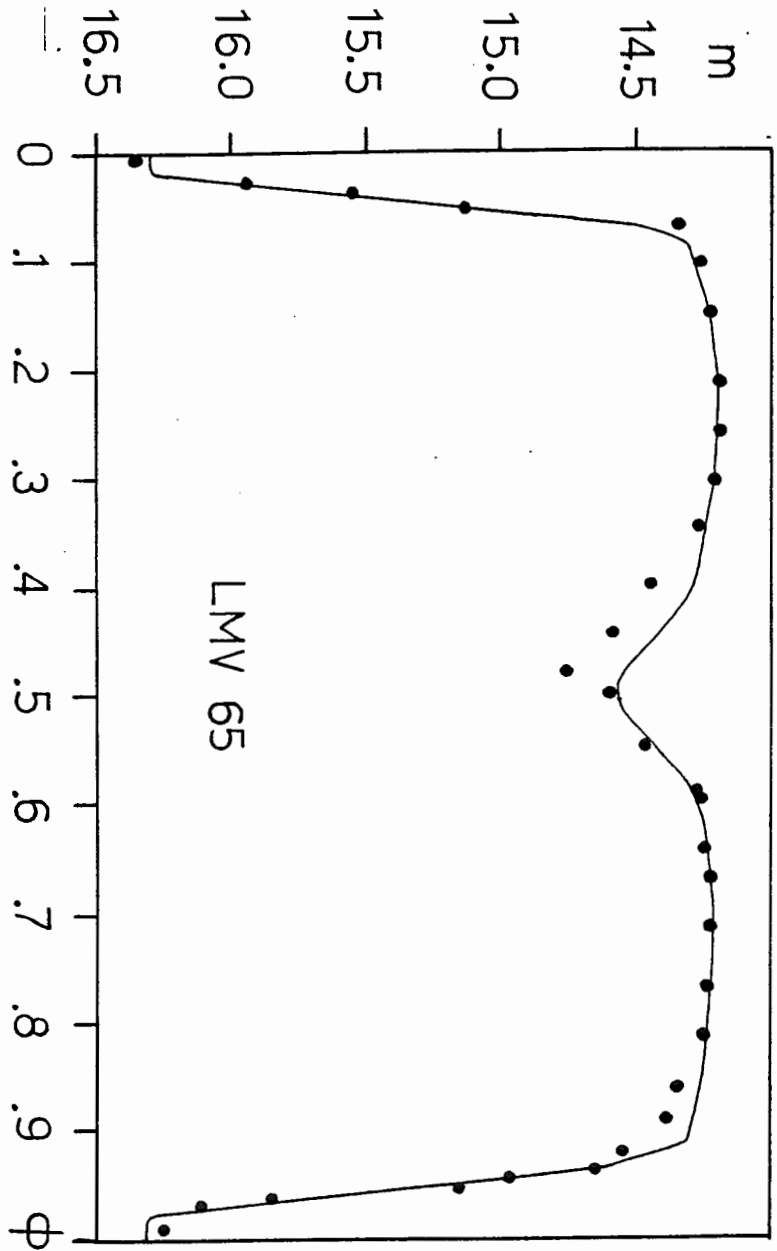


Fig. 1 : Curva di luce teorica plottata tra i punti normali.

Per quanto riguarda la morfologia che dovrebbe caratterizzare il sistema binario LMV65 si puo' affermare che con grande probabilita' abbiamo a che fare con un sistema di tipo Algol classico la cui componente piu' fredda, e piu' evoluta, riempie (o e' vicina a riempire) il suo lobo di Roche, mentre la sua compagna rimane ancora ben lontana dalla sua superficie equipotenziale critica.

Non possedendo pero' alcuna notizia sul tipo spettrale non e' per il momento possibile avere notizie piu' precise sulla struttura e/o sullo stadio evolutivo che compete a questa stella.

Volendo operare una stima del rapporto di massa che LMV65 dovrebbe possedere facendo l'ipotesi di lavoro che la stella piu' evoluta riempia esattamente la sua superficie equipotenziale critica, si troverebbe un valore di $q=(m_2/m_1)$ pari a 0.91.

Tale valore per il rapporto di massa risulta decisamente elevato rispetto ai valori tipici per i sistemi di tipo Algol classico.

Tale fatto non trova una immediata spiegazione, ma si potrebbe ipotizzare che nel caso di LMV65 lo scambio di materia tra la componente che riempie il suo lobo di Roche potrebbe essere in corso da poco tempo in maniera tale che il rapporto di massa sia passato da poco a favore della componente di raggio minore.

Tutto cio' ovviamente riveste un carattere di ipotesi in quanto la quantita' e la qualita' dei dati a disposizione e' ancora troppo limitata per permettere una adeguata interpretazione della struttura e dello stadio evolutivo di questo interessante sistema binario.

E) Conclusione

Nel presente lavoro e' stata ottenuta la prima soluzione fotometrica della curva di luce di LMV65 una variabile ad eclisse situata nella Grande Nube di Magellano al fine di costruire un primo modello, seppur approssimativo, di questo interessante sistema binario.

Lo scopo finale e' la analisi di tutte le curve di luce delle variabili ad eclisse presenti nelle due Nubi al fine di eseguire delle statistiche sui parametri orbitali tipici di questi sistemi extragalattici.

La elaborazione dei dati e' stata eseguita per mezzo dell'ormai noto e collaudato programma E.V.L.C.S. (Gaspani 1984,1985) nella sua forma piu' perfezionata (livello #16) il quale ottiene la soluzione per mezzo di alcuni algoritmi di Programmazione Non Lineare tipici della Ricerca Operativa. Tale programma si e' rivelato fino ad oggi estremamente flessibile, veloce e affidabile.

L'analisi della curva di luce di altri sistemi binari con orbita sconosciuta sara' l'argomento dei successivi lavori.

A. Gaspani

F) Bibliografia

- Gaposchkin S. : 1977, SAO Special Report No 380.
 Gaspani A. : 1984, R.I. Oss. Astr. Brera-Merate No. 10/84.
 Gaspani A. : 1985, R.I. Oss. Astr. Brera-Merate No. 2/85.

21 001. 1985

