

## L'effetto Blazhko di RR Lyr nel 1991.

### Introduzione

Tra i mesi di giugno e ottobre 1991 ho effettuato 1082 stime visuali di RR Lyr ricavando da esse 18 curve di luce. Con il metodo di Pogson sono stati calcolati gli istanti eliocentrici del massimo di luminosità, le relative magnitudini e gli scarti dal valore calcolato indicati con O-C e riferiti all'effemeride base del GCSV 1974:

$$\text{Eff.} = 2438215.377 + 0.566830 \cdot E$$

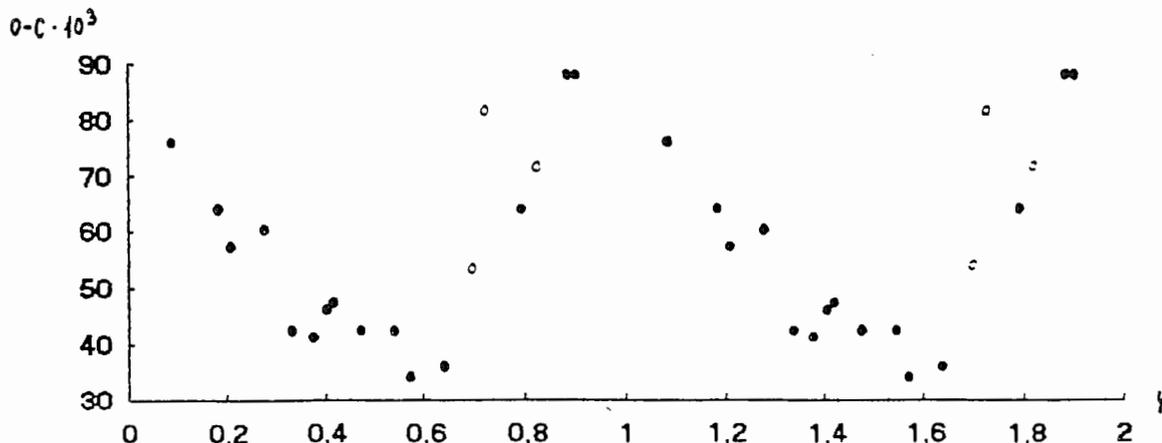
Inoltre, come nello studio del 1990 (vedi NC 641), è stata riportata la fase  $\varphi$  dei battimenti riferita all'istante arbitrario 2442200.00 e con un periodo secondario  $P_2$  uguale a 40.8 giorni fornito da Walraven nel 1949. Nella tabella successiva sono indicati tutti questi dati:

DATA	ORA T.U.	HJD	O-C	$m$ (max)	$\varphi$
10-giu	20.42	48418,364	0,047	7,09	0,411
15-giu	23.00	48423,460	0,042	7,12	0,536
19-giu	22.05	48427,422	0,036	7,14	0,633
19-lug	23.20	48457,470	0,041	7,08	0,389
23-lug	22.34	48461,438	0,042	7,11	0,467
27-lug	21.36	48465,397	0,034	7,14	0,564
2-ago	> 0.30	> 48470,518	> 0,053	—	0,689
6-ago	0.00	48474,497	0,064	7,15	0,787
9-ago	23.48	48478,489	0,088	7,11	0,884
17-ago	21.58	48486,413	0,076	7,05	0,079
21-ago	20.54	48490,388	0,064	7,01	0,178
25-ago	20.02	48494,332	0,060	7,01	0,273
30-ago	22.08	48499,420	0,046	7,10	0,397
16-set	$\geq 22.50$	$\geq 48516,449$	$\geq 0,071$	—	0,815
19-set	19.16	48519,301	0,088	7,05	0,885
2-ott	19.24	48532,307	0,057	7,07	0,204
7-ott	21.28	48537,393	0,042	7,10	0,329
23-ott	$\geq 19.17$	$\geq 48553,303$	$\geq 0,081$	—	0,718

Le curve di luce del 2 agosto, 16 settembre e 23 ottobre risultano incomplete e per esse è stato possibile calcolare l'istante del massimo solo indicativamente e con molta approssimazione.

### Effetto Blazhko

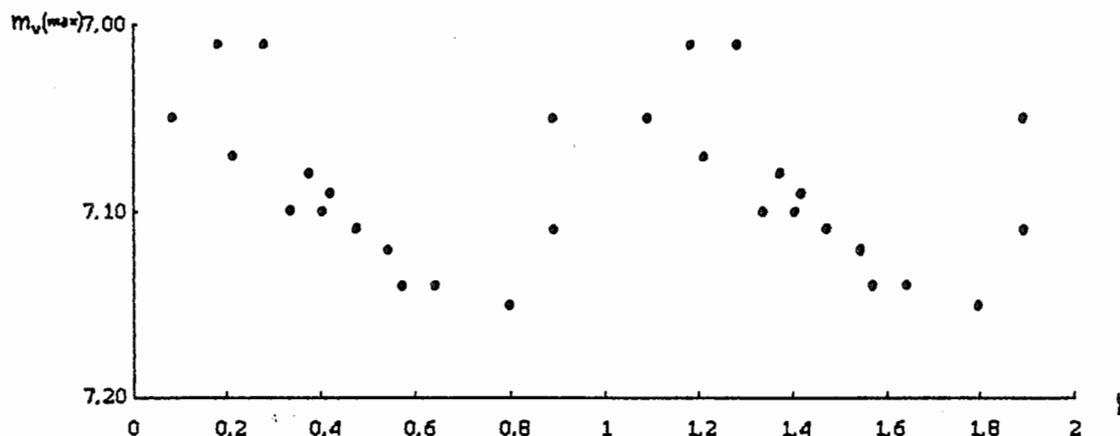
Riportando il valore di O-C in funzione della fase dei battimenti  $\varphi$  si ottiene il seguente grafico:



massimi ottenuti da curve di luce incomplete sono stati indicati con un cerchio vuoto. Si può notare che la funzione interpolante i punti sperimentali e rappresentante l'effetto Blazhko non è riferibile ad una semplice senoide del tipo:

$$O-C = A \sin 2\pi (\varphi + \varphi_0)$$

La variazione della magnitudine al massimo di luminosità in funzione della fase dei battimenti è riportata di seguito:



La funzione  $f(\varphi)$

Non è possibile calcolare con sufficiente precisione l'istante del massimo dall'effemeride del GCVS 1974 quanto l'effetto Blazhko provoca la variazione del periodo e di conseguenza lo spostamento del massimo osservato rispetto a quello calcolato. Il problema può essere risolto dalla conoscenza della legge analitica di variazione degli O-C in funzione della fase dei battimenti. Una volta trovata questa funzione, che chiameremo  $f(\varphi)$ , basterà sommarla alla effemeride fornita in precedenza per calcolare gli istanti previsti del massimo includendo lo scarto provocato dall'effetto Blazhko:

$$\text{Eff.} = [2438215.377 + f(\varphi)] + 0.566830 E$$

La difficoltà principale che si incontra nella ricerca di una tale funzione  $f(\varphi)$  sta nel fatto che questa potrebbe non essere una semplice senoide e presentare una forma analitica molto complessa.

La funzione  $f(\varphi)$  è stata ricercata col metodo della "regressione multipla", sviluppato ad un calcolatore, tra una famiglia di funzioni del tipo:

$$f(\varphi) = A \sin(2\pi x') + t$$

dove  $x'$  vale:

$$x' = B \sin[2\pi(\varphi + \varphi_0)] + (\varphi + \varphi_0)$$

Il programma ricerca i valori dei parametri A, B, t e  $\varphi_0$  tali da minimizzare la somma dei quadrati degli scarti sui punti sperimentali della funzione  $f(\varphi)$  così fissata.

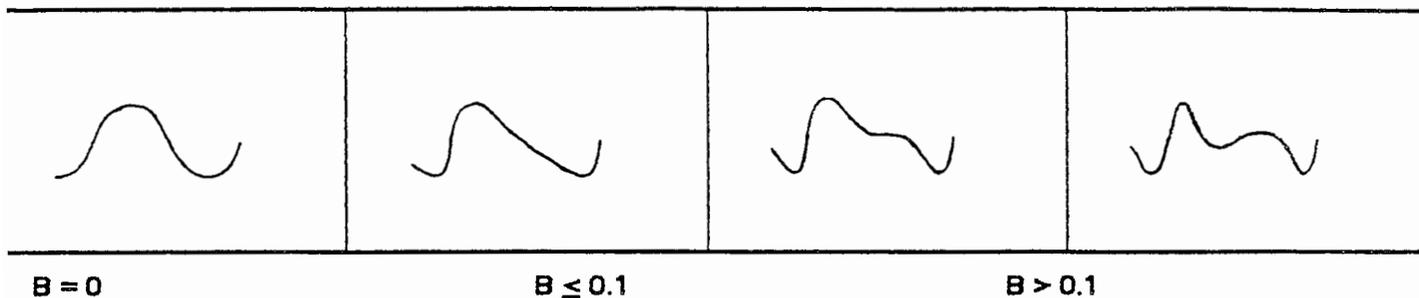
Il parametro A rappresenta l'ampiezza della curva ed indica l'entità massima dell'effetto Blazhko sugli istanti del massimo.

Il parametro t rappresenta il valore dell'O-C medio ed indica la differenza dell'effemeride GCVS 1974 dal suo valore corretto per il 1991. Una variazione annuale del parametro t è indizio di un diverso valore del periodo medio primario  $P_1$  di RR Lyr fissato a 0.566830 giorni.

Il parametro  $\varphi_0$  rappresenta lo sfasamento della funzione  $f(\varphi)$  rispetto all'istante arbitrario 2442200.00 fissato per calcolare la fase dei battimenti. Una variazione annuale di questo parametro indica un valore differente del periodo secondario  $P_2$  di RR Lyr.

Il parametro B è una misura della distorsione della funzione  $f(\varphi)$  rispetto ad una senoide. Si può infatti vedere che per  $B = 0$  abbiamo una senoide, per  $B < 0.1$  otteniamo funzioni  $f(\varphi)$  con un massimo spostato sempre più verso sinistra, mentre per  $B > 0.1$  la funzione degenera in una curva con un punto di flesso a tangente orizzontale intorno a  $\varphi = 0.5$  oppure in una curva con più massimi per  $B \gg 0.1$ .

fatti si ha:



nel calcolo della funzione  $f(\varphi)$  sono state trascurate le tre curve di luce incomplete. Inoltre lo screening al calcolatore per trovare i valori ottimali dei quattro parametri ha fornito i seguenti dati:

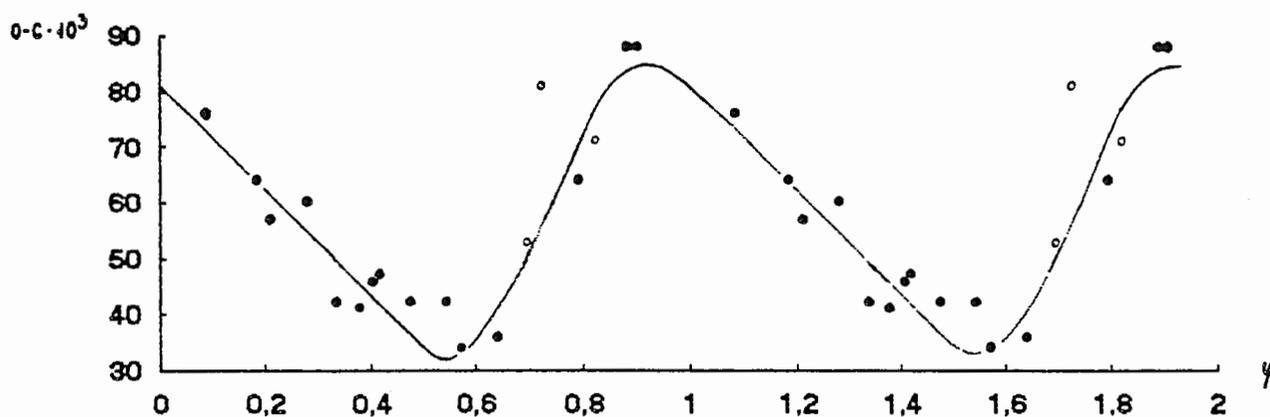
$$A = 0.025$$

$$B = 0.07$$

$$t = 0.059$$

$$\varphi_0 = 0.26$$

e la funzione  $f(\varphi)$  risultante e' rappresentata di seguito insieme ai punti sperimentali:



Lo stesso programma applicato all' effetto Blazhko sulla magnitudine del massimo ha fornito :

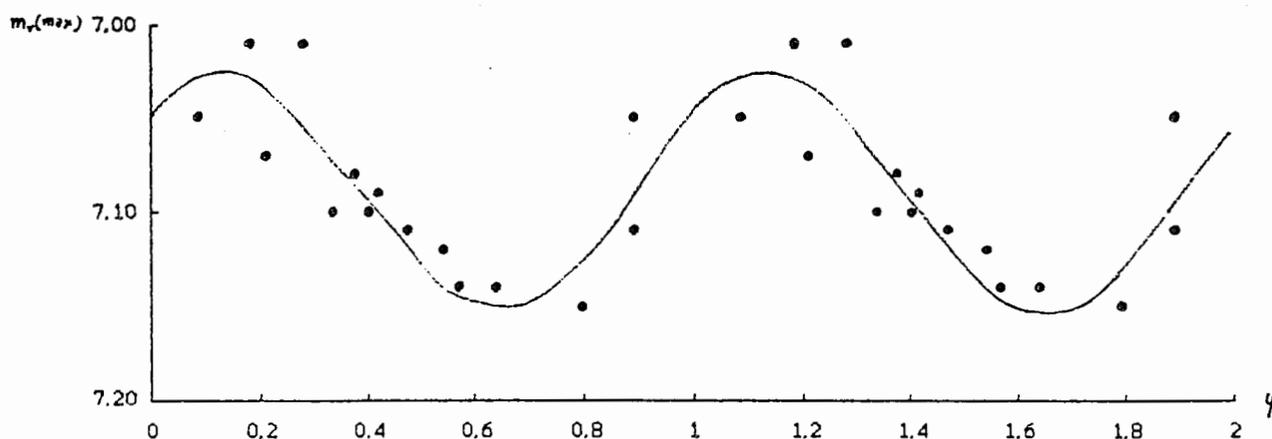
$$A = 0.06$$

$$B = 0.00$$

$$t = 7.09$$

$$\varphi_0 = 0.61$$

col successivo grafico:



La curva ottimale interpolante e' in questo caso una sinusoide.

Conclusioni

I risultati delle osservazioni del 1991 sono riassunti nella seguente tabella:

$$\begin{aligned}\overline{O-C} &= 0.059 \\ \Delta O-C &= 0.050 \\ \overline{m_V}(\max) &= 7.09 \\ \Delta m_V(\max) &= 0.12\end{aligned}$$

La funzione  $f(\varphi)$  permette di correggere l'effemeride del GCVS 1974 includendo un fattore che tiene conto dell'effetto Blazhko. In questo modo l'effemeride corretta, eliminando  $t$  e  $\varphi_0$ , risulta:

$$\begin{aligned}\text{Eff.} &= [2438215.436 + f(\varphi)] + 0.566830 E \\ f(\varphi) &= A \sin 2\pi [(B \sin 2\pi \varphi) + \varphi]\end{aligned}$$

dove:

$$\begin{aligned}A &= 0.059 \\ \varphi &= \frac{\text{HJD} - 48513.392}{P_2}\end{aligned}$$

Il calcolo degli istanti di massimo di RR Lyr le due effemeridi forniranno i valori corretti. Si può anche ricavare una relazione per calcolare la magnitudine al massimo di luminosità:

$$m_V(\max) = A \sin 2\pi \varphi + t$$

dove:

$$\begin{aligned}A &= 0.06 \\ t &= 7.09 \\ \varphi &= \frac{\text{HJD} - 2448499.112}{P_2}\end{aligned}$$

Lo studio del 1991 su RR Lyr porta a risultati diversi da quelli trovati nel 1990 e discussi nella NC 641:

	N° max	O-C max	O-C min	$\Delta O-C$	O-C medio	$m_V$ max	$m_V$ min	$\Delta m_V$	$\overline{m_V}$
DDL 990	12	0.060	0.020	0.040	0.041	7.05	7.17	0.12	7.11
DDL 991	18	0.084	0.034	0.050	0.059	7.03	7.15	0.12	7.09

Probabilmente ha influito nella determinazione dei vari parametri il numero di massimi sperimentali, la bontà delle osservazioni e le metodologie analitiche per ricavarli. Per questo motivo non è possibile effettuare un confronto diretto. Il confronto dei dati del 1991 con quelli di anni precedenti può servire per tracciare un quadro completo a proposito della stabilità della funzione  $f(\varphi)$  nel tempo. Inoltre i valori di  $A$ ,  $t$  e  $\varphi_0$  in poche precedenti possono servire per calcolare eventuali variazioni del periodo medio primario e secondario di RR Lyr nonché fornire il valore di un eventuale periodo terziario riguardante la variazione periodica di  $t$  ovvero dell'O-C medio.

avide Dalmazio - DDL -

Elaborazione grafica a cura di Michele Basanisi  
su Personal Computer IBM compatibile.