

- INTRODUZIONE

La variabilità di W UMa fu scoperta nel 1903 da Muller e Kempf; successivamente Adams e Joi (1919) determinarono il periodo. Molte curve di luce fotoelettriche sono state pubblicate fra il 1934 e il 1971 da vari astronomi (Huffer, Kwee, Hinderer, Cester, Breinhorst, Binnendijk); in esse si è evidenziata una netta discordanza fra i parametri fotoelettrici ricavati dalle varie curve di luce disponibili. Dati spettroscopici ottenuti in periodi diversi, non sono, nella maggior parte dei casi, in buon accordo fra di loro; a questo proposito Cester ha messo il problema in relazione al fatto che W UMa è la componente più luminosa della binaria visuale ADS7494. La componente più debole è a una distanza di 7" ed è meno luminosa di cinque magnitudini rispetto a W UMa durante la sua luce massima. Il GOVS '76 riporta i seguenti dati fotometrici: 7.9-8.53V; P=.33363696g; dF8p+F8p; B-V=+.66; MinII 8.54; dI.036; dII.030. Inoltre il periodo è considerato improvvisamente variabile: varie effemeridi vengono date in diversi intervalli di tempo, e l'effemeride riportata nella tabella del catalogo è considerata valida dopo GG= 244 0400.

In questi ultimi anni l'interesse professionale verso W UMa si è assai affievolito: in pratica dopo il 1975 non vi è più nessun studio approfondito. Ad ogni modo ciò non vuol dire il raggiungimento di una perfetta conoscenza e interpretazione dei meccanismi e dei fenomeni che coinvolgono il comportamento variabile della stella.

- OSSERVAZIONI

W UMa è stata osservata con binocolo 11x80 da Dicembre 1977 a Giugno 1978; in questo periodo 538 stime di luminosità sono state ottenute, ma per l'elaborazione ne sono state utilizzate 512. Infatti, 13 misure errate sono state eliminate, e altre mostranti uno scarto quadratico medio maggiore di 2.5 g sono state lo stesso eliminate.

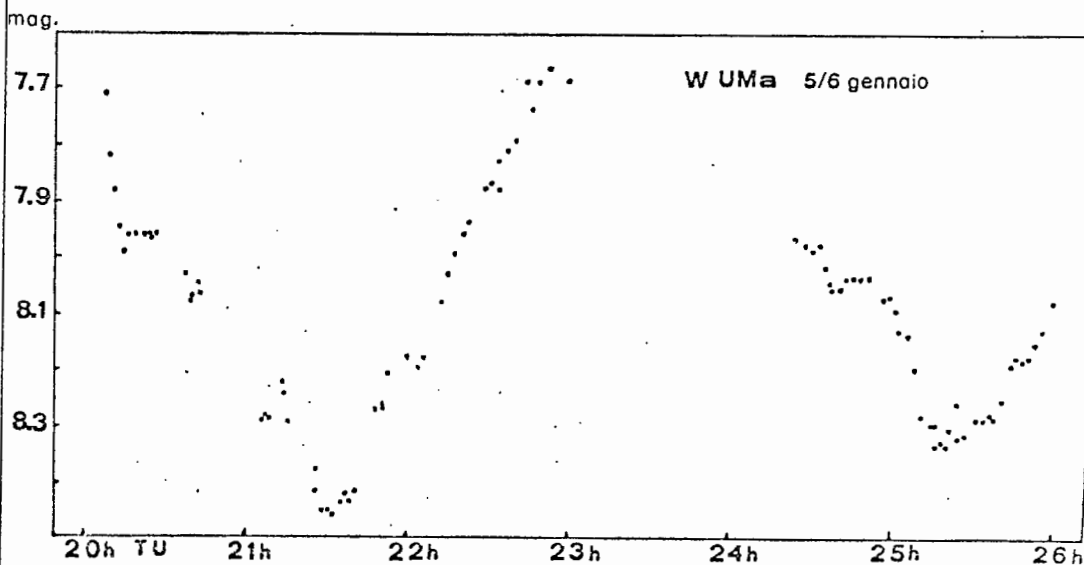
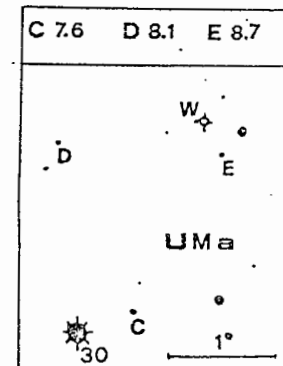
Alcune stime, specialmente quelle riguardanti le fasi verso i massimi, sono state effettuate con il metodo "a doppio"; questo metodo denota un punto di magnitudine per la media di due stime immediatamente successive. Questo procedimento mi ha permesso di determinare un'incertezza media di 0,1 gradini su ciascuna stima.

La figura A mostra la cartina e i valori delle stelle di confronto utilizzate per l'osservazione di W UMa; tali valori sono stati corretti per la sequenza personale: C=7.60 D=8.10 E=8.70 u=.078 e inoltre su tutti i valori di magnitudine è stata apportata la correzione dell'effetto Carnevali.

In alcuni giorni sono state effettuate delle osservazioni concentrate in modo da ottenere delle buone curve serali, atte a mostrare l'andamento della curva di luce e le sue caratteristiche in prossimità dei minimi. Il grafico in fondo alla pagina è un esempio di curva di luce registrata nella notte fra il 5 e il 6 Gennaio.

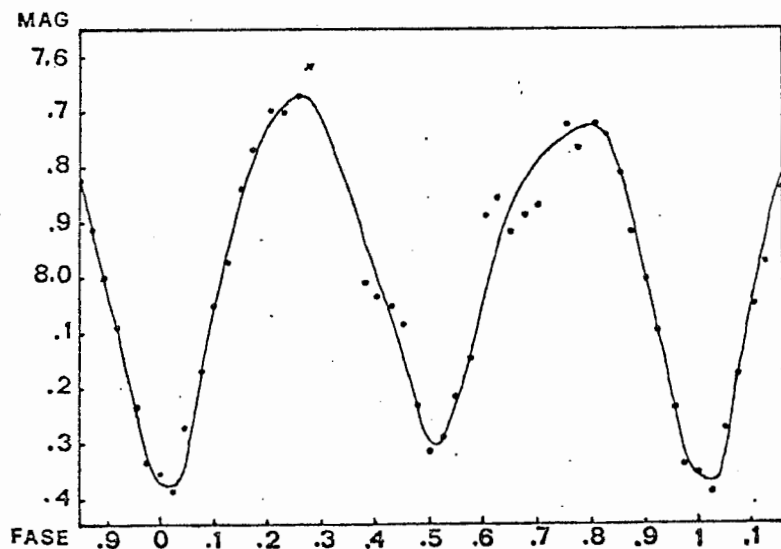
- DISCUSSIONE ed ELABORAZIONE dei dati

Già dall'analisi delle varie curve di luce serali ottenute è possibile avere una discreta idea sulle caratteristiche della curva di luce, sul grado di simmetria delle branche e sugli istanti dei minimi.



Comunque, anche per utilizzare un gran numero di stime effettuate al di fuori delle serate di osservazioni concentrate e soprattutto intorno ai minimi, è stato costruito il compositage di tutte le misure in modo da ottenere una buona curva media. La Base utilizzata è l'effemeride del GCVS'76: MinI= GGhel..41004.39769 + .33363696 E  
Così, sono state ottenute due curve di luce medie: la prima riportando tutte le misure senza alcuna media, la seconda mediando le misure su tracce di .05 periodi decalate di .025 in .025.  
La tabella contenente questi valori e la corrispondente curva di luce sono mostrati sotto.

phase nb mag.	phase nb mag.	phase nb mag.	phase nb mag.
0.000 51 8.36	0.250 3 7.68	0.500 15 8.32	0.750 6 7.73
.025 39 8.40	.275 1 7.62	.525 11 8.30	.775 10 7.77
.050 32 8.28	.300	.550 11 8.22	.800 27 7.73
.075 39 8.18	.325	.575 5 8.15	.825 24 7.75
.100 27 8.06	.350	.600 2 7.90	.850 35 7.82
.125 28 7.98	.375 5 8.01	.625 2 7.86	.875 36 7.92
.150 19 7.85	.400 12 8.04	.650 3 7.92	.900 42 8.01
.175 14 7.78	.425 13 8.06	.675 4 7.90	.925 47 8.10
.200 5 7.71	.450 14 8.09	.700 3 7.88	.950 61 8.24
.225 4 7.71	.475 18 8.24	.725	.975 62 8.34



Grazie al buon numero di stime è stato possibile tracciare una curva con ben 36 punti medi di magnitudine; la dispersione media assoluta è circa .07 mag. con coefficiente di variazione V.C.= .009mag.

Attraverso un'analisi armonica delle medie delle misure è stato possibile ottenere una curva di luce rettificata, che è mostrata nel grafico grande. Analizzando globalmente le tre curve di luce ottenute è possibile fissare i seguenti estremi:

minimo I:	phase	.015 ± .02	MAG.:	8.39
minimo II:	phase	.510 ± .01	MAG.:	8.33

I due massimi della curva di luce (M1 e M2) sono posti alle fasi teoriche di .28 e .78, le loro magnitudini sono rispettivamente 7.69 e 7.74.

Da queste caratteristiche è possibile stabilire l'ampiezza uguale a .70 mag. per il minimo primario, e .62 mag. per il secondario; questi valori risultano in buon accordo con quelli dati dalla bibliografia.

Il minimo primario medio è posto a GGhel ..43581.4172 ± .0067 O-C +.007  
Durante il periodo di osservazione sono stati determinati 11 istanti di minimo: 9 primari e 2 secondari.

ordine	GGhel	O-C	O-C	O-C
		GCVS'76	Huffer	C S
I	2443510.3603 ± 0.0012	+0.015	0.000	+0.008
II	3510.5207 .0012	+ .009	- .006	+ .002
I	3514.3562 .0040	+ .007	- .007	.000
II	3514.5243 .0012	+ .009	- .006	+ .002
I	3515.3568 .0025	+ .007	- .007	.000
I	3517.3514 .0000	.000	- .015	- .008
I	3540.3722 .0000	.000	- .015	- .008
I	3571.4011 .0008	.000	- .015	- .008
I	3575.4053 .0012	+ .001	- .014	- .006
I	3590.4200 .0007	+ .002	- .013	- .005
I	3595.4237	+ .001	- .014	- .006

I valori medi degli O-C per le tre effemeridi sono:

GCVS'76:	+0.005g	$\sigma = 0.004$
Huffer :	- .010	$\sigma = .004$
C S :	- .002	$\sigma = .005$

Il valore positivo dell'O-C medio rispetto all'effemeride del Kukarkin conferma così il valore ottenuto dal minimo medio e il leggero ritardo evidenziato dalle curve di luce.

~Riguardo il comportamento intorno agli istanti dei minimi e in parti-

colar modo riguardo la possibile costanza di luminosità al minimo, c'è da dire, che a tal proposito il GCVS dà i valori  $dI = .036^P$  e  $dII = .03^P$ ; inoltre osservazioni fotoelettriche effettuate da Kwee, Hinderer e Bookmyer danno una luminosità pressochè costante fra le fasi .97 e .03 che sono assunte come fasi limite della costanza. Analizzando globalmente tutti i minimi ottenuti sera per sera, si può dire che questi valori sono praticamente confermati; anzi il valore  $d$  può essere assunto uguale a  $.03^P \pm .007$  sia per il minimo primario che secondario.

Nella tabella dei minimi e degli O-C oltre al raffronto con l'effemeride del GCVS '76, vi sono raffronti anche con altre due effemeridi reperibili nella bibliografia. Una è l'effemeride di Huffer che è così espressa:  $MinI = GGhel \dots 21856.9401 + .333637665 E$ .

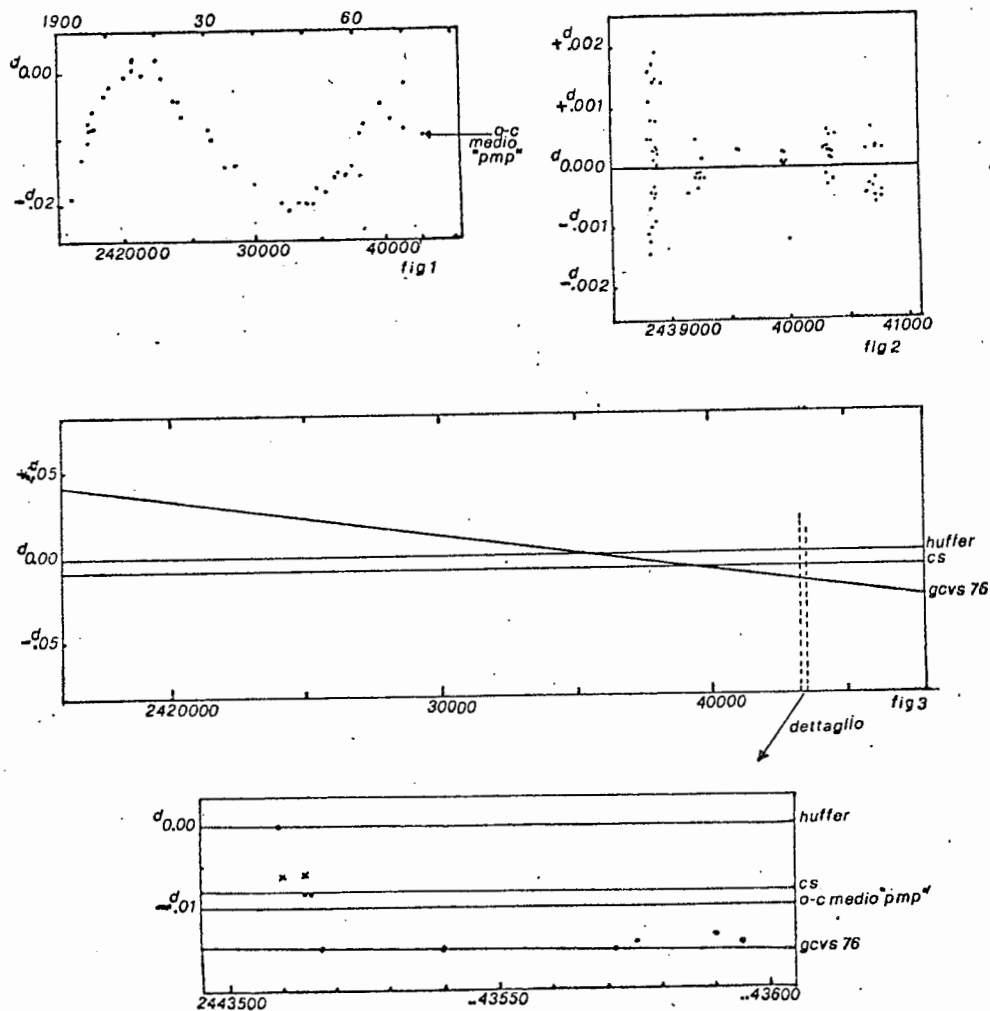
L'altra effemeride, abbisogna di una considerazione preliminare, nel senso che prima del 1950 i minimi osservati erano molto mal determinati e partendo da questo fatto, una nuova effemeride che soddisfacesse al meglio queste osservazioni e che allo stesso tempo fosse valida anche per le osservazioni future, necessitava di essere determinata. Così è stata recentemente introdotta una effemeride preliminare e soprannominata con le lettere C S: essa è:  $MinI = GGhel \dots 33282.68283 + .333637925 E$ . Essa è ottenuta combinando due complesse effemeridi: una era una effemeride cubica, l'altra conteneva un termine sinusoidale. Utilizzando l'effemeride di Huffer e l'effemeride C S, sono state ottenute le fig. 1 e 2: in particolar modo la figura 1 mostra l'andamento della curva O-C dal 1900, <sup>e comparata all'effemeride di Huffer</sup> mentre la figura 2 riguarda sempre la curva O-C, ma iniziante dal 1950 e comparata all'effemeride C S; in quest'ultima figura vediamo che gli scostamenti dei punti O-C dal valore 0.000g sono molto piccoli. Tuttavia, rimane sempre una sistematica deviazione nel senso che, utilizzando un'effemeride derivata usando tempi di minimo primario, ha un differente periodo da un'effemeride derivata usando tempi di minimo secondario. Questa differenza, però, dovrebbe scomparire dal momento in cui gli istanti di minimo sono presi su un esteso numero di anni come nel caso di W UMa; il problema quindi verte in altra direzione: da accurati studi fotoelettrici della curva di luce è probabile che queste sistematiche deviazioni, siano dovute probabilmente da un

certo grado di asimmetria nella curva di luce. Per esempio, sappiamo che le branche di una variabile a eclisse sono più o meno simmetriche, e di regola un'eventuale asimmetria non è mai troppo evidente; ad ogni modo, da un punto di vista osservativo, è molto difficile fare delle considerazioni precise sul grado di simmetria delle stelle a eclisse, e quindi alcune considerazioni alternative che eludono l'evidenza osservativa possono essere fatte. Così, se l'asimmetria nella curva di luce è tale che la luminosità in un dato punto della branca discendente del minimo primario è più debole della luminosità nel corrispondente punto del ramo ascendente, si ha che l'istante del minimo predetto dall'effemeride, si verifica prima del tempo in cui esso si dovrebbe verificare; lo stesso discorso vale anche per l'ipotesi contraria che naturalmente porta ad un ritardo rispetto al tempo in cui il minimo si dovrebbe verificare. E' perciò plausibile che l'asimmetria eventuale della curva di luce, sia responsabile delle piccole deviazioni mostrate. La fig. 3 mostra le deviazioni dell'effemeridi GCVS e C S rispetto all'effemeride di Huffer presa come riferimento; come può essere visto il comportamento delle due effemeridi è diverso: l'effemeride C S risulta parallela e quindi presenterà una costante differenza nel corso del tempo; l'effemeride GCVS invece, risulta obliqua e quindi la differenza rispetto a quella di Huffer non sarà mai costante. Più specificamente l'effemeride GCVS ha intersecato quella di Huffer e quella C S intorno al 1955 e al 1965 rispettivamente; ciò vuol dire che in tali epoche i minimi predetti dal GCVS combaciavano con quelli predetti dall'effemeride intersecante. Dal 1965 gli elementi dati dal GCVS tendono a distaccarsi sempre di più da quelli dati da Huffer e quelli costituenti l'effemeride C S; ciò vuol dire, assumendo dai risultati osservativi che l'effemeride C S sia la più valida, che l'effemeride del GCVS '76 sta perdendo la sua validità e che quindi non risulta più adattabile all'attuale comportamento periodico di W UMa.

Il dettaglio di fig. 3, mostra gli 11 minimi da me osservati e raffrontati alle linee di istante delle tre effemeridi.

Il grafico mostra una migliore interpolazione con gli elementi del GCVS, anche se all'inizio i punti tendono verso le linee dell'effemeridi di Huffer e C S. A questo punto però, occorre considerare che

la massima differenza fra le effemeridi è di .015 giorni (23 minuti) cioè quattro volte circa il margine d'errore medio determinato sui miei minimi osservati; e quindi il possibile orientamento verso l'effemeride GCVS deve essere considerato con molta cautela. In tal modo io considero maggiormente il valore medio degli O-C, che come può essere visto nella figura si adatta meglio agli elementi dell'effemeride C S.



## - CONCLUSIONI

L'analisi globale della curva di luce, porta a varie considerazioni: sembrerebbe che vi sia una leggera differenza di magnitudine fra i due massimi; questo confermerebbe le osservazioni di vari astronomi prese nel 1966, 67, 71 che appunto danno una differenza di luminosità fra i due massimi.

L'analisi della curva di luce rettificata, che mostra delle irregolarità durante la fase dei massimi e intorno ai minimi, confermerebbe le osservazioni di Binnendijk (1965) e Rigterink (1970) in cui le loro curve presentano praticamente le stesse irregolarità e addirittura una divisione del ramo della curva fra le fasi .75, .90 (max.2) che è accennata anche nelle mie osservazioni rettificate.

Una possibile spiegazione, secondo Binnendijk, è che i termini usati cambiano a causa di getti di gas nel sistema; precisamente, il gas non è egualmente denso in ogni luogo, così esso potrebbe causare dei periodici disturbi nella curva di luce.

Sull'analisi globale di tutte le curve di luce disponibili, Jurkevich, Leung e Rigterink, trovano una comune soluzione per esse, rappresentando la curva di luce totale come formata da una "curva di luce media" che è modulata da "una curva di luce disturbata". La prima delle due curve mostra la stessa forma, con i due massimi pressappoco di uguale luminosità, mentre i due minimi mostrano una differenza costante di luminosità; la seconda curva invece è di forma sinusoidale.

Il periodo P' della "curva di luce disturbata" è leggermente diverso da quello della "curva di luce media" (P).

Così la curva di luce totale varierà la sua forma in rapporto a come la "curva di luce disturbata" modula la "curva di luce media" in un determinato periodo osservativo. Stando così le cose, la curva di luce totale di W UMa varierà la sua forma seguendo un andamento ciclico periodico, in cui vi sarà la ripetizione della stessa forma per ogni ciclo-periodo. Questo ciclo-periodo (B) in cui la curva di luce totale ripete la stessa forma, è definito dall'equazione:  $1/B = 1/P - 1/P'$ . Da qui è trovato che la curva di luce totale cambia la sua forma molto lentamente, ed è improbabile che ripeta la stessa forma in meno che di 150 giorni.

Questo possibile valore di B e la formula soprascritta, implicano che il periodo P' deve essere compreso fra i valori .33290g e .33438g. Analizzando 149 curve di luce e utilizzando un'espressione con il criterio dei minimi quadrati è stato ottenuto un probabile valore di P' uguale a .33386 giorni, che rientra così fra i due valori estremi sopra indicati.

Sulla questione della variazione di periodo e sul comportamento del diagramma O-C, vediamo che quest'ultimo presenta un andamento sinusoidale che può essere messo in relazione a un moto apsidale riguardante le componenti il sistema; l'esistenza di un moto apsidale, del resto fortemente probabile, in un sistema binario porta di regola appunto ad un andamento sinusoidale della curva O-C e ciò per W UMa sembrerebbe molto evidente.

D'altra parte sappiamo che i sistemi a eclisse del tipo W UMa, hanno le componenti in stretto contatto fra loro e nella maggior parte dei casi il loro raggio raggiunge o supera il proprio limite di Roche, generando così continui scambi di materia all'interno del sistema. Per W UMa, Lucynel 1968, ha proposto un sistema a stretto contatto per il quale, la fuoriuscita di materia proviene quasi interamente dalla componente principale dato che eccede maggiormente il suo limite di Roche; ciò può aver provocato la formazione di una zona di convezione che avvolge le due componenti.

Un modello di questo tipo, che implica continui scambi di massa, causerebbe variazioni discontinue e irregolari sia nella curva di luce che nel periodo; e ciò si tradurrebbe appunto in un andamento irregolare e discontinuo del diagramma O-C. Daltronde i punti O-C di fig. 1, presentano tutti più o meno uno scostamento discontinuo dalla linea teorica a loro interpolante e che ci dà appunto un sinusoidale.

Così la curva O-C avrebbe sia un'andamento sinusoidale, ma caratterizzato allo stesso tempo da una discontinuità dei punti costituenti il sinusoidale stesso. Tutto ciò potrebbe far pensare che le variazioni di periodo osservate siano da mettere in relazione sia allo scambio di materia fra una componente e l'altra, sia all'esistenza di un moto apsidale riguardante il sistema.

Carlo Pampaloni

Bibliografia:

- AJ 71,340 1966
- AJ 77,230 1972
- AJ 79-2,1082 1974
- ApJ 153,877 1968
- GEOS NC 123A
- IBVS 1143,1114
- Mem.SAI 64,201 1973

