

Minimi CCD di binarie ad eclisse, III. Diagramma O-C di GK Cephei.

Gruppo Astrofili Catanesi, Sezione Stelle Variabili – UAI, Progetto Skylive-GAC-UAI

Abstract

CCD minima of eclipsing binaries are presented. By adopting the Kwee - van Woerden or the Avalon fitting methods, the following heliocentric times (-2450000) has been obtained: OO Aql: 2784.5735, 4000.3692; DU Leo: 4157.3373, 4201.3100; NN Vir: 4159.636; AH Vir: (Min. II) 4161.6242; UV Lyn: 4164.2929; VZ CVn: 4191.4775; VW LMi: (Min. II) 4192.3515; AK Her: 4198.5863; W UMa: 4200.3725; XZ UMa: 4174.5341; RV Tri: 3746.3086, 4018.3813; GK Cep: (Min. II) 4001.46995; AQ Peg: 4001.365; RU UMi: 4173.5540; V548 Cyg: 4318.4982; V836 Cyg: 4319.48965; SW Lac: (Min. II) 4327.43412, 4327.59553.

The updated O-C diagram of GK Cep confirms the periodic variation found by other authors.

Introduzione

I dati presentati in questo lavoro sono stati raccolti nell'ambito della campagna UAI per la rilevazione CCD/fotoelettrica di minimi di stelle binarie a eclisse (*paper I*: [1], *paper II*: [2]).

Si è già ampiamente discusso su come la fotometria di binarie a eclisse consenta all'astrofilo di fornire un rilevante contributo alla ricerca scientifica [1], [3]. Nuove opportunità sono offerte dai telescopi a controllo remoto, soprattutto da quelli comandabili via Internet; questi ultimi possono essere utilizzati da chiunque previa una semplice procedura di registrazione, che nel caso del Progetto Skylive-GAC-UAI ha un costo assolutamente irrisorio.

Osservazioni e riduzione dei dati

Nella maggior parte dei casi, i minimi da osservare sono stati previsti, via Internet, usando la procedura *Eclipsing Binary Ephemeris* resa disponibile dal Rolling Hills Observatory (RHO) [4]. Gli orari dei minimi ottenuti dal RHO sono stati poi confrontati con le fasi orbitali previste nel sito curato da Kreiner [5]. Eventuali altre informazioni sulle stelle (coordinate, proprietà fisiche, bibliografia, etc.) sono state ricavate grazie al database astronomico *Simbad* [6].

Le osservazioni sono state effettuate con CCD applicati a telescopi con diametri da 9 a 40 cm (si veda tabella 2), inclusi i telescopi a controllo remoto via Internet del Progetto Skylive-GAC-UAI [7]. Una o due ore prima di ogni minimo previsto, veniva lanciata, attraverso il *software* di gestione del CCD, una sequenza di riprese. Ciascuna immagine riprendeva, nello stesso campo, la binaria a eclisse, una stella di confronto e una stella *check*. Le stelle di confronto e le *check* sono riportate nella tabella 1.

In nessun caso è stata effettuata la riduzione delle magnitudini ai sistemi fotometrici standard; ciò richiederebbe l'uso di filtri fotometrici per tutte le immagini,

l'osservazione di stelle standard, la correzione per l'assorbimento atmosferico e una procedura di riduzione piuttosto laboriosa, sebbene si possa contare sul supporto di *software* dedicati [8].

Tabella 1. Stelle di confronto e check.

Binaria	Stella di confronto	Stella check
OO Aql	TYC1058-409-1 TYC1058-289-1°	HIP 97356 TYC1058-689-1
CW Cep	HIP 113793	-
DU Leo	HIP 47749	TYC 1963-1374-1
NN Vir *	TYC 323-698-1 + GSC 323-1162	-
AH Vir	TYC 869-551-1	GSC 869-471
UV Lyn	TYC 2983-1974-1	TYC 2983-1629-1
VZ CVn	HIP 65882	TYC 2003-106-1
VW LMi	HIP 53969	HIP 54028
AK Her	TYC 1536-1266-1	TYC 1536-1834-1
W UMa	HIP 47521	HIP 47629
XZ UMa	TYC 3429-1027-1	TYC 3429-288-1
GK Cep	HIP 106205	-
RU UMi	BD +70 749	α 13:38.0, δ : 69°51.0'
V548 Cyg	TYC 3939-442-1	TYC 3939-1332-1
V836 Cyg	TYC 2715-264-1	TYC 2715-2996-1
SW Lac	TYC 3215-1406-1	TYC 3215-1586-1

*Papini 22.9.2006

* +TYC 323.830.1

La riduzione e l'analisi dei dati sono state eseguite in tempi successivi alle osservazioni. La riduzione base è consistita nella sottrazione dei *dark frame*, ottenuti all'inizio o alla fine delle osservazioni, con tempo di posa uguale a quello delle immagini stellari.

I trattamenti per *bias* e *flat field* sono stati effettuati saltuariamente. I *flat field* sono stati ottenuti all'alba, lanciando una veloce sequenza di immagini, con uguale tempo di posa, per riprendere il cielo in luce crepuscolare. Al fine di evitare la sovrapposizione, nelle diverse riprese, di stelle presenti nel campo, il telescopio veniva spostato di qualche primo d'arco tra una ripresa e l'altra. Le singole immagini di *flat field* sono state trattate per i loro *dark frame* (ottenuti a chiusura nottata con uguale stesso tempo di posa dei *flat*) e poi combinate come mediana, otte-

nendo un *master flat* (senza alcuna precedente normalizzazione delle immagini mediate).

L'estrazione delle magnitudini differenziali (magnitudine della stella variabile meno magnitudine della stella di confronto) e i trattamenti per *dark* e *flat field* sono stati effettuati con il *software Maxim DL* [9] (occasionalmente con *Iris*). Per estrarre le magnitudini si è adottato il comune metodo della fotometria d'apertura, sommando il segnale (ADU) all'interno di cerchi poco più ampi della FWHM e centrati sulla stella variabile e sulle confronto. Al segnale così ottenuto è stato sottratto il livello del fondo, stimato all'interno di anelli intorno alle stelle. I *software* adottati eseguono queste operazioni automaticamente, dando semplici istruzioni (si veda la figura 1).

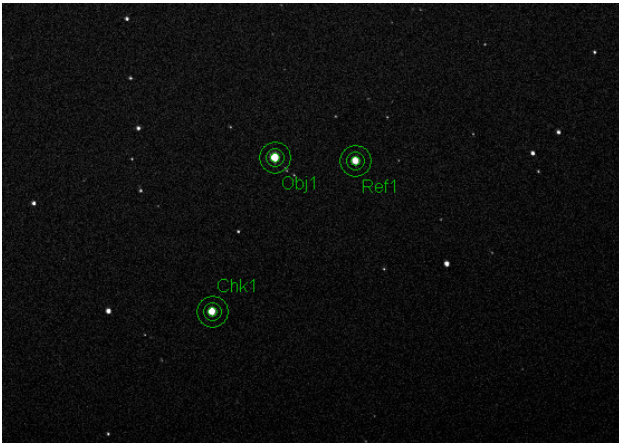


Figura 1. Un esempio di schermata presentata da Maxim DL per la "fotometria d'apertura". Con Obj1, Ref1 e Chk1 sono indicate rispettivamente la stella variabile (VW LMi) la stella di confronto e la stella check. La magnitudine è ricavata integrando il segnale presente dentro il cerchio più piccolo, mentre l'anello esterno è usato per la stima del livello di fondo.

Determinazione degli istanti di minimo

Un apposito programma è stato scritto in linguaggio IDL (*Interactive Data Language*) per effettuare la correzione eliocentrica dei tempi (utilizzando una *routine* disponibile nella libreria di IDL) e il calcolo delle fasi orbitali corrispondenti. Va detto, comunque, che le suddette operazioni (inclusa la stima dell'istante di minimo) possono essere effettuate molto facilmente anche con altri *software* scaricabili da Internet, semplicissimi e alla portata di ogni astrofilo [3], e con un comune foglio elettronico.

Gli istanti (eliocentrici) di minimo, presentati nella tabella 2, sono stati ricavati applicando il programma di *fitting* AVALON [10] o il metodo di Kwee - van Woerden (KW) [11], selezionando i punti distribuiti simmetricamente rispetto al minimo ed escludendo le "ali". Per il metodo KW è stato utilizzato un programma DOS scaricato dal sito Internet di Jim Roe [12], funzionante sia sotto Windows, sia in ambiente Linux (in quest'ultimo caso grazie all'emulatore DOSEMU).

Trattando magnitudini non standard ("magnitudini strumentali"), le curve di luce ottenute in condizioni diverse non sono, a rigore, tra loro confrontabili, e difficilmente possono essere utilizzate per scopi diversi dalla semplice individuazione degli istanti di minimo.

Per NN Vir, GK Cep, V 548 Cyg, V 836 Cyg e SW Lac, la ricerca dell'istante di minimo è stata effettuata sulle medie a 5 o a 10 punti.

Le curve di luce, con il tempo (eliocentrico) espresso come fase orbitale, sono presentate nelle figure 2-19. Per il calcolo delle fasi, sono stati adottati gli istanti di minimo ricavati da ciascuna curva (in Tempo Universale eliocentrico) e i valori di periodo orbitale riportati da Kreiner [5]. Tutte le curve di luce riportano le differenze di magnitudine tra stella variabile e stella di confronto, rispetto ai tempi eliocentrici espressi come fasi; al minimo principale (Min. I) corrisponde la fase 0 (coincidente con la fase 1), mentre al minimo secondario (Min. II) corrisponde la fase 0.5. I periodi sono dati in giorni.

Tabella 2. Giorni giuliani eliocentrici (HJD) dei minimi, osservatori e strumentazione. Con "Min. II" è indicato il minimo secondario.

Binaria	Min. HJD	Errore	Osservatore	Strum.
DU Leo	2454157.3373	±0.0009	G.Marino/Skylive	NC 20cm ST-10
"	2454201.3100	0.0001	"	"
NN Vir*	2454159.636	0.003	"	"
AH Vir	2454161.6242 Min. II	0.0001	"	Rfr 9cm ST-7
UV Lyn	2454164.2929	0.0003	"	Rfr 9cm ST-7
VZ CVn	2454191.4775	0.0001	"	NC 20cm ST-10
VW LMi	2454192.3515 Min. II	0.0002	"	NC 20cm ST-10
AK Her	2454198.5863	0.0001	"	Rfr 9cm** ST-7
W UMa	2454200.3725	0.0003	"	Rfr 9cm ST-7
XZ UMa	2454174.5341	0.0002	I. Bellia/Skylive	NC 20cm ST-10
OO Aql	2452784.5735	0.0002	S. Foglia C.Cremaschini	Rfl 40 cm
"	2454000.3692	0.0001	R. Papini	SC 25cm MX916
RV Tri	2453746.3086	0.0001	"	"
"	2454018.3813	0.0007	"	"
GK Cep	2454001.46995 Min. II	0.00004	G. Marino F. Salvaggio	SC 23cm ST-7
AQ Peg	2454001.365	0.001	R. Papini	SC 25cm MX916
RU UMi	2454173.5540	0.0001	I. Bellia/Skylive	NC 20cm ST10
V548 Cyg	2454318.4982	0.0002	G. Marino	SC 23cm ST-7
V836 Cyg	2454319.48965	0.00004	"	"
SW Lac	2454327.43412 Min. II	0.00007	"	"
"	2454327.59553	0.00004	"	"

* +TYC 323.830.1

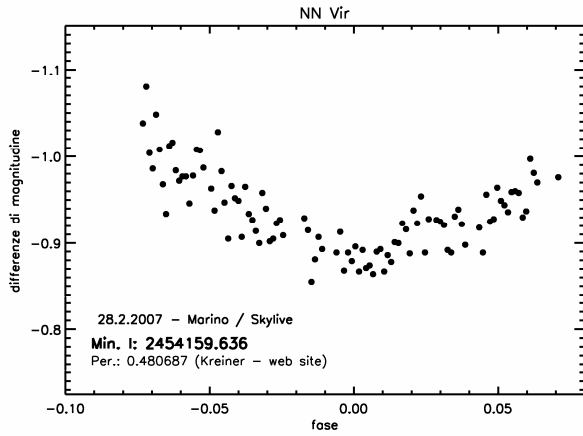


Figura 2. Minimo di NN Virginis.

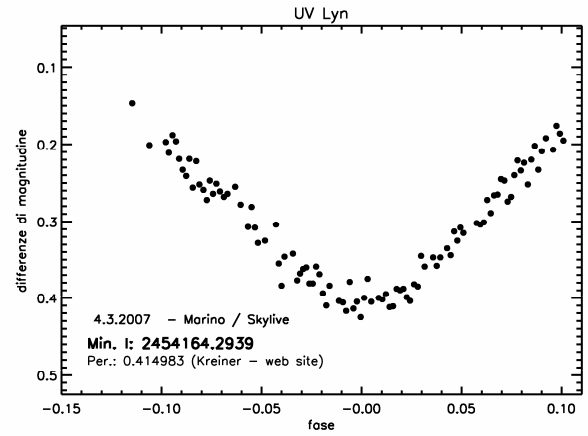


Figura 5. Minimo di UV Lyncis.

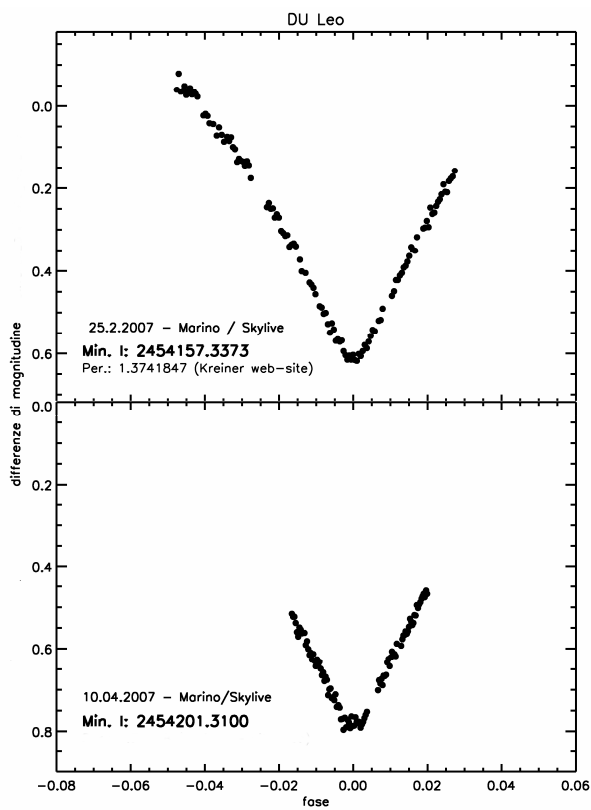


Figura 3. Minimi di DU Leonis.

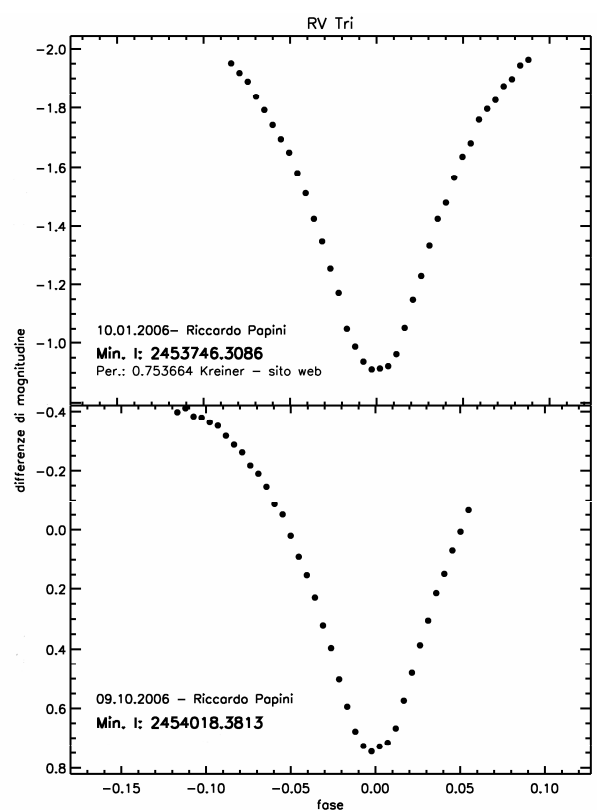


Figura 6. Minimi di RV Trianguli.

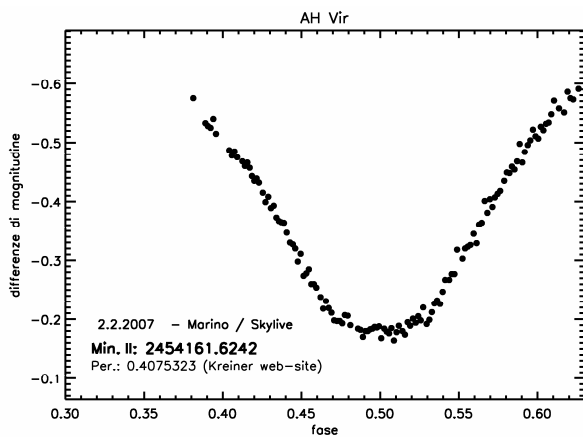


Figura 4. Minimo di AH Virginis.

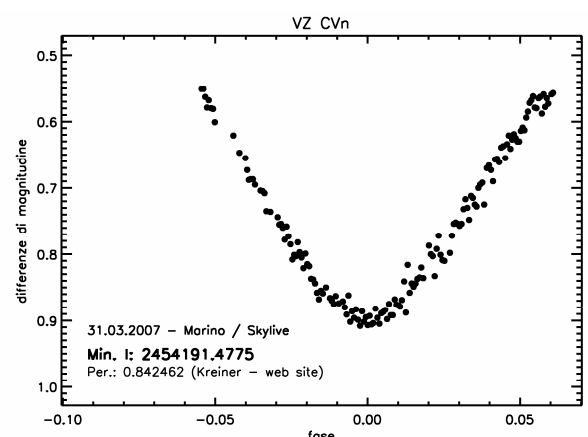


Figura 7. Minimo di VZ Canum Venaticorum.

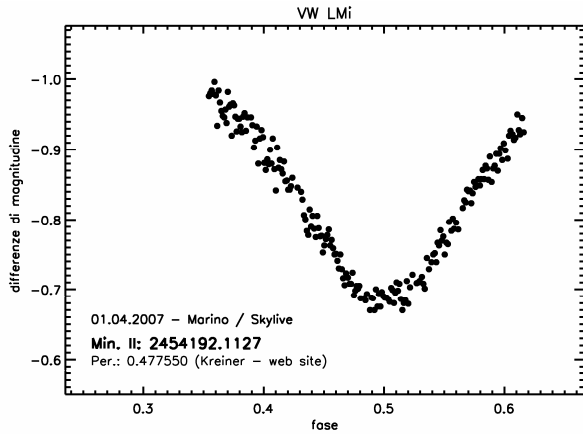


Figura 8. Minimo di VW Leo Minoris.

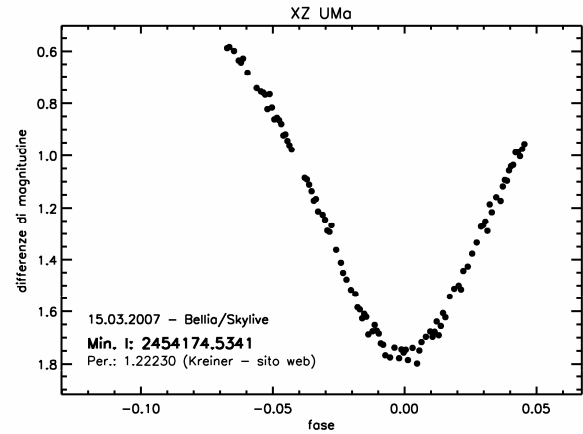


Figura 11. Minimo di XZ Ursae Majoris.

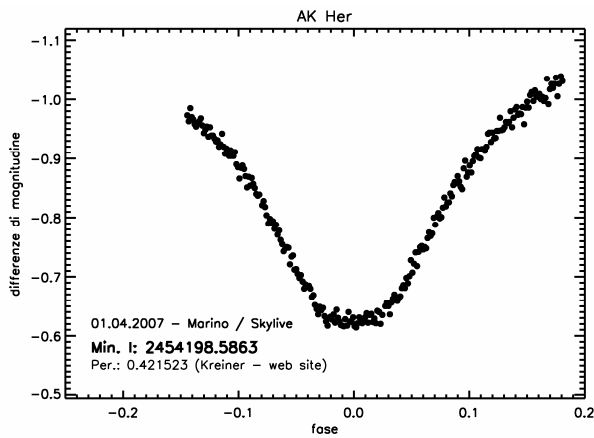


Figura 9. Minimo di AK Herculis.

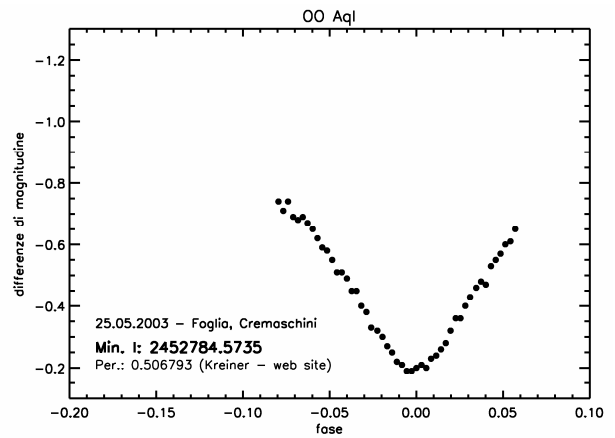


Figura 12. Minimo di OO Aquilae ottenuto nel 2003.

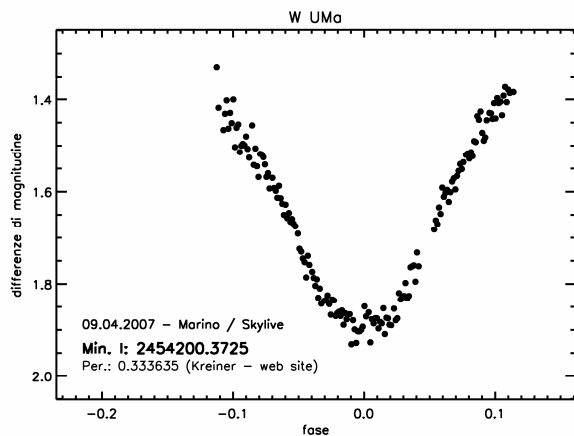


Figura 10. Minimo di W Ursae Majoris.

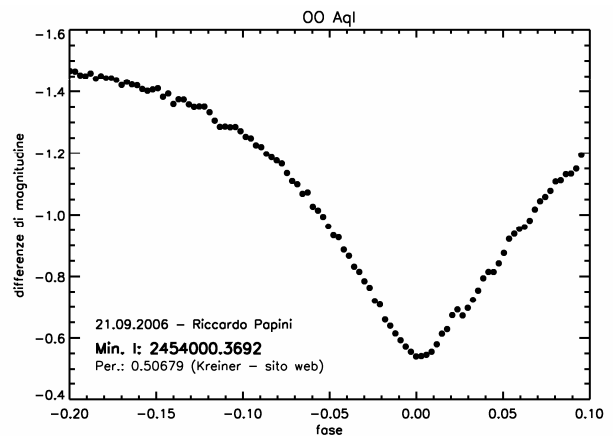


Figura 13. Minimo di OO Aquilae.

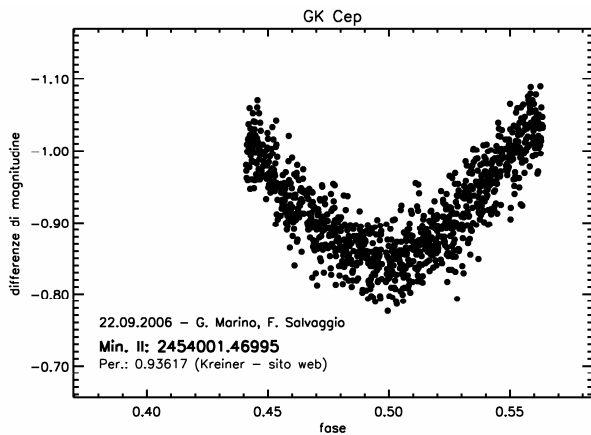


Figura 14. Minimo di GK Cephei.

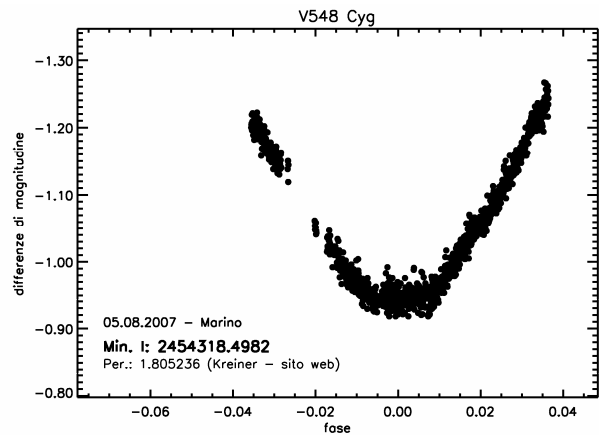


Figura 17. Minimo di V 548 Cygni.

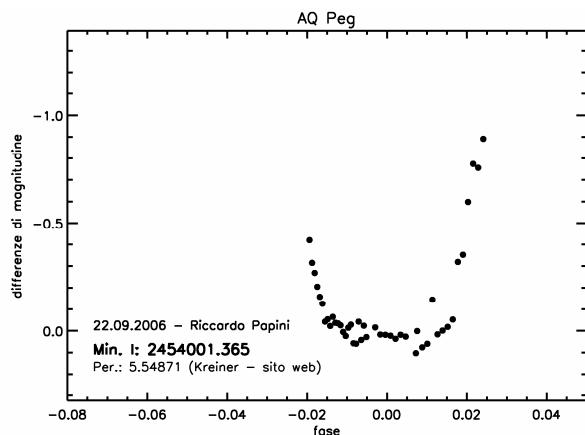


Figura 15. Minimo di AQ Pegasi.

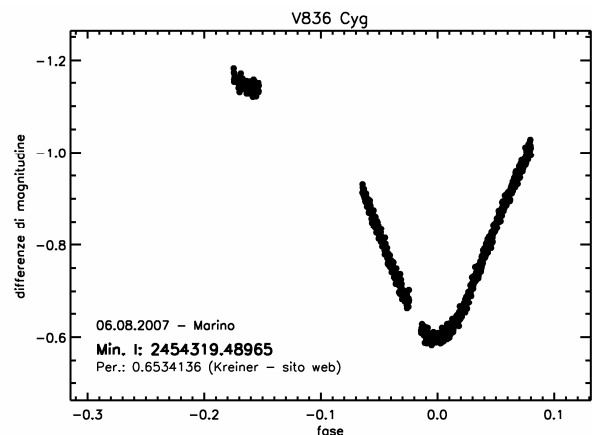


Figura 18. Minimo di V 836 Cygni.

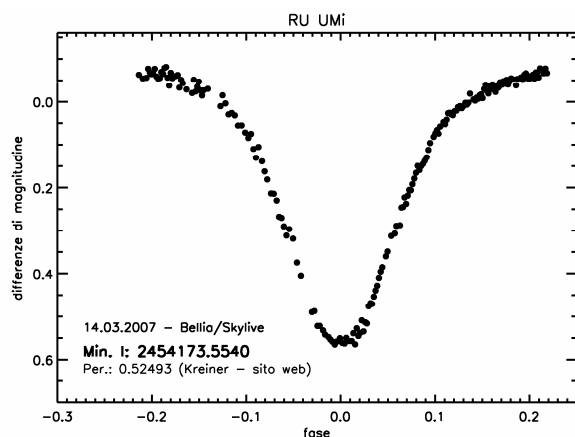


Figura 16. Minimo di RU Ursae Minoris.

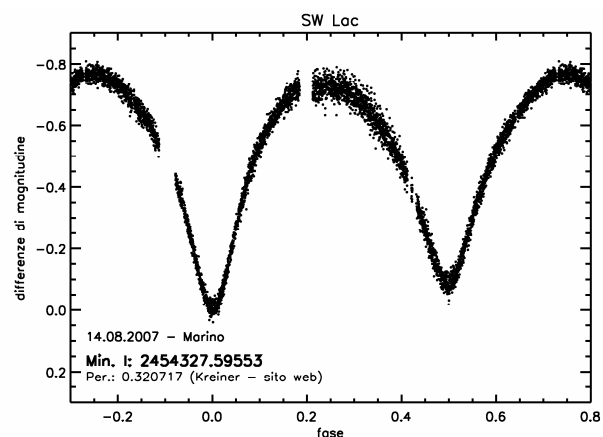


Figura 19. Curva di luce completa di SW Lacertae.

Variazioni di periodo di GK Cephei

Analizzando i minimi di GK Cep disponibili in letteratura, Derman & Demircan [13] ed Erdem [14] hanno riscontrato variazioni di periodo orbitale, evidenziate chiaramente dagli O-C (“Osservato meno Calcolato”), cioè dagli scarti tra gli istanti di minimo realmente osservati e quelli previsti sulla base di una data effemeride (epoca iniziale e periodo orbitale).

Il diagramma O-C aggiornato con i dati più recenti (figura 20) conferma il suddetto andamento oscillante.

Utilizzando il programma AVE [15] abbiamo ricavato, per tale oscillazione, un periodo di 23 ± 4 anni, consistente con il valore di circa 20 anni trovato da Erdem, il quale associa tale oscillazione alla possibilità che esista una terza compagna, otticamente non risolta, posta a $0''.01-0''.03$ dalla coppia eclissante.

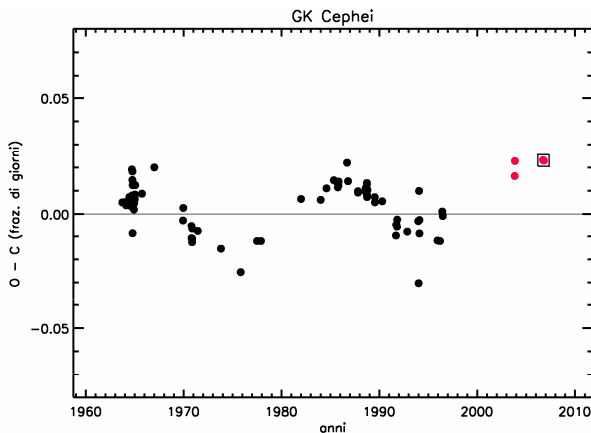


Figura 20. Il diagramma O-C di GK Cep, in cui si riconosce un andamento oscillante. Il grafico è stato ottenuto aggiornando i dati riportati da Kreiner [5], Derman & Demircan [13] ed Erdem [14] con i minimi più recenti, ritrovati in letteratura (punti rossi). All'interno del quadratino sono evidenziati i nostri due minimi ([2] e presente lavoro).

Conclusioni

Con questo terzo articolo, sale a 32 il numero di minimi CCD/fotoelettrici di binarie a eclisse raccolti nell'ambito della campagna UAI promossa due anni fa. La quantità di dati, già sufficiente per la pubblicazione su *IBVS (Information Bulletin on Variable Stars)*, è destinata a crescere, grazie anche alla disponibilità dei telescopi a controllo remoto, via Internet, del Progetto Skylive-GAC-UAI.

Le immagini o i dati già ridotti possono essere inviati a Giuseppe Marino (giumar69@alice.it) oppure al coordinatore della Sezione Stelle Variabili.

I dati pubblicati sono messi a disposizione, previa richiesta agli autori.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Sig. Giovanni Verga, sempre disponibile per gli interventi tecnici sugli strumenti del Progetto Skylive-GAC-UAI, da lui ospitati a Pedara (CT).

Il presente lavoro è stato supportato dall'Unione Astrofili Italiani e dal Gruppo Astrofili Catanesi.

Bibliografia

- [1] Marino G., *Astronomia UAI*, 3 (maggio-giugno), 6-9 (2006) (*paper I*).
- [2] Marino G., *Astronomia UAI*, 3 (maggio-giugno), 21-23 (2007) (*paper II*).
- [3] Marino G., *Le Stelle*, (in pubblicazione).
- [4] Rolling Hills Observatory, *Eclipsing Binary Ephemeris Generator*, www.rollinghillsobs.org:8000/perl/calcEBephem.pl.
- [5] Kreiner J.M., 2004, *Acta Astronomica*, **54**, 207-210; www.as.ap.krakow.pl/ephem.
- [6] Centre de Données astronomiques de Strasbourg, *Simbad Astronomical Database*, <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad>.
- [7] Bellia I., *Astronomia UAI*, 3 (maggio-giugno), 38-39 (2007).
- [8] Graziani M., *Astronomia UAI*, 6 (novembre-dicembre), 54-56 (2005).
- [9] Maxim DL Version 4.5, <http://www.cyanogen.com>.
- [10] Gaspani A., *3rd GEOS workshop on variable star data acquisition and processing*, S. Pellegrino Terme (1995).
- [11] Kwee K.K., van Woerden M., *Bull. Astron. Inst. Nether.*, **12**, 464, 327-330 (1956).
- [12] Roe J., *Eclipsing Binaries*, www.jamesroe.com/astro/binaries.htm.
- [13] Derman E. & Demircan O., *Astron. J.*, **103**, 599-607 (1992).
- [14] Erdem A., *Astron. Nach.* **322**, 233-239 (2001).
- [15] Barberá R., *AVE*, www.gea.cesca.es.