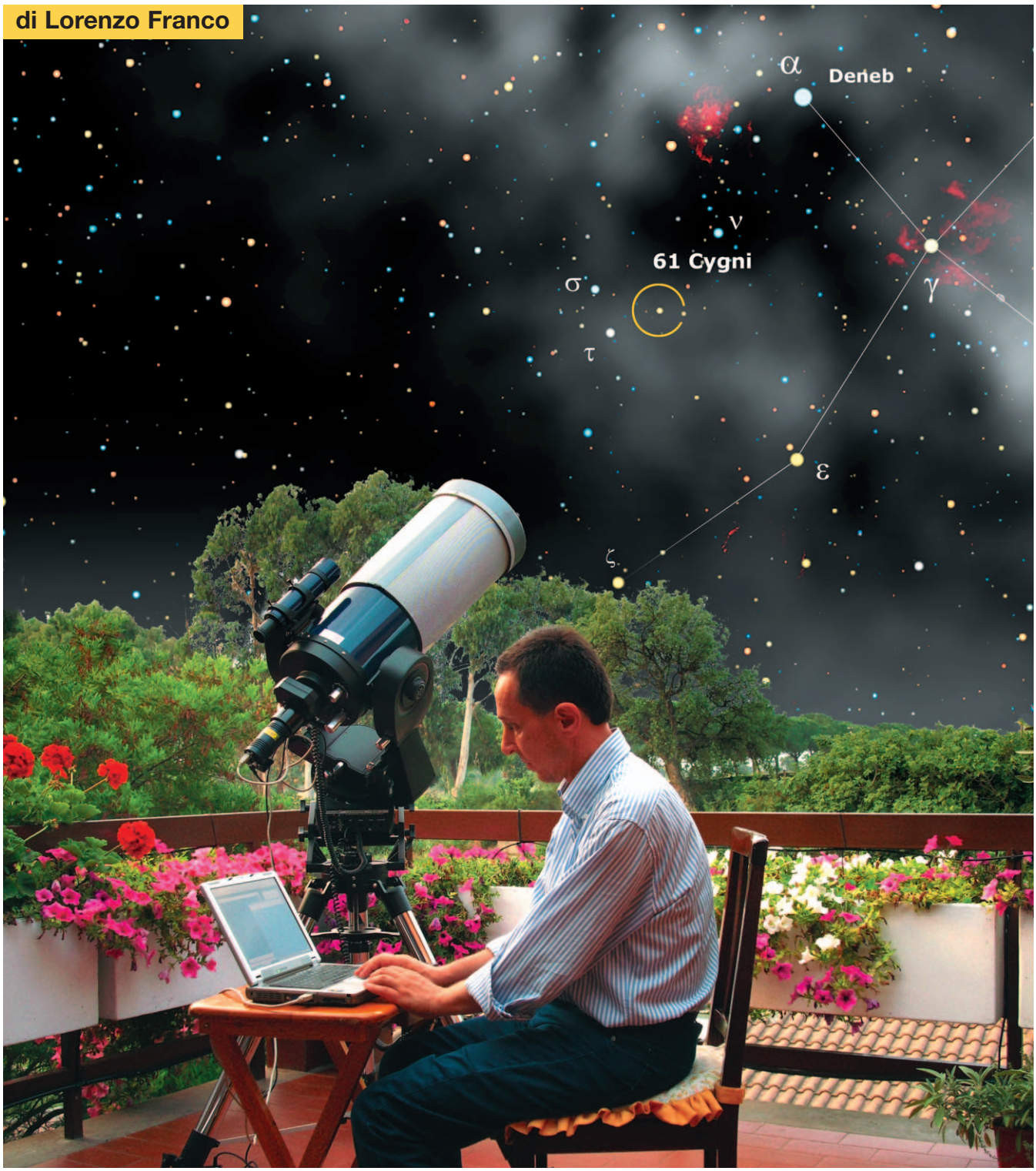
Come ho misurato la distanza di 61 Cygni

Il racconto di un'esperienza di misurazione della parallasse stellare TRAMITE UNA NORMALE STRUMENTAZIONE AMATORIALE

di Lorenzo Franco



In alto. L'Autore dell'articolo fotografato durante la preparazione di una delle numerose sessioni osservative che lo hanno portato a misurare l'angolo di parallasse della stella 61 Cygni e quindi la sua distanza. Un esperimento tutt'altro che banale, ma che si è comunque rivelato alla portata di un normale setup amatoriale. Sullo sfondo, la mappa celeste identifica la posizione della stella nella costellazione del Cigno.

La misura diretta delle distanze stellari rappresenta il primo gradino nella comprensione della scala del nostro Universo e uno dei metodi più precisi è quello della parallasse trigonometrica, applicato per la prima volta nel XIX secolo dagli astronomi Bessel, Struve e Henderson che misurarono rispettivamente la parallasse di 61 Cygni, Vega ed Alfa Centauri.

Si deve comunque a Bessel nel 1838 la misurazione della prima parallasse stellare, il quale ottenne per la stella 61 Cygni un valore di 0,3136 secondi d'arco, pari ad una distanza di 10,4 anni luce (vedi su Coelum n. 75 l'articolo "I dintorni del Sole").

La sfida

Ho voluto provare a cimentarmi nella misurazione della parallasse della stella 61 Cygni per verificare la fattibilità di questo tipo di misurazione con strumentazione di livello amatoriale. Non dimentichiamo infatti che fino a non molti anni fa la precisione necessaria in tali misure era raggiungibile soltanto con una dotazione professionale.

Con strumenti a terra si riescono a misurare parallassi stellari annue fino ad alcuni centesimi di secondo d'arco e solo il satellite astrometrico Hipparcos ci ha permesso di arrivare a precisioni di 0,002 arcosecondi, corrispondenti a distanze di circa 500 parsec. Nel 2011 diventerà operativa la missione GAIA, che nelle previsioni dovrebbe riuscire a misurare la distanza di stelle 100 volte più lontane.

Il movimento di parallasse (vedi scheda in basso) avviene lungo una ellisse apparente il cui rapporto tra gli assi è determinato dall'altezza della stella

61 Cygni

Classificazione	Sistema binario
Classe spettrale	K5 V / K7 V
Tipo di variabile	BY Draconis (stella a brillamento)
Distanza dal Sole:	11,36 anni luce
Costellazione	Cigno

COORDINATE (Epoca di riferimento: J2000)

Ascensione retta	**A** $21^h\ 06^m\ 53{,}9434^s$
	B $21^h\ 06^m\ 55{,}2648^s$
Declinazione	+38° 44' 57,898"

DATI FISICI

Raggi medi	0,72 / 0,67 $R_\odot$
Masse	0,70 / 0,63 $M_\odot$
Periodo di rotazione	37 giorni
Temp. superficiale	4640 / 4440 K (media)
Luminosità	0,085 / 0,039 $L_\odot$
Ind. di colore (B-V)	+1,139 / +1,320
Età stimata	~10^{10} anni

DATI OSSERVATIVI

Magnitudine app.	+5,21 / +6,05
Magnitudine ass.	+7,48 / +8,33
Parallasse	0,28718" ± 0,0015"
Moto proprio annuo:	
AR	4,157" / 4,110"
DEC	3,259" / 3,145"
Velocità radiale	-64,3 km/s / -63,5 km/s

La parallasse annua

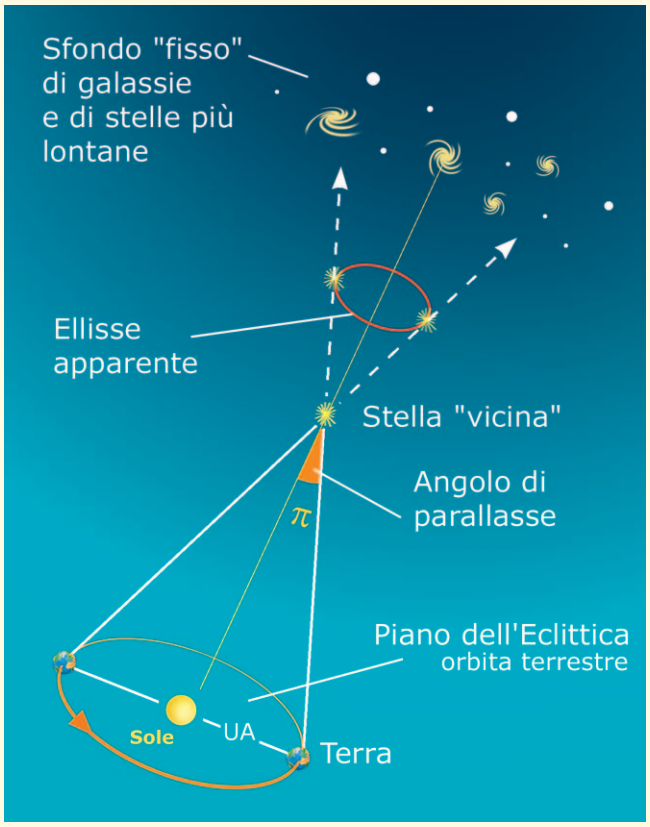
Com'è ampiamente noto, se volessimo misurare la distanza di un punto della superficie terrestre inaccessibile (nel esempio classico, un albero posto al di là di un fiume invalicabile), basterà traguardarlo dagli estremi di una base di conveniente lunghezza. Se alla base tracciata sostituiamo il diametro dell'orbita terrestre, e all'albero una stella, allora l'angolo misurato π sarà la parallasse di quella stella. E proprio la parallasse di un secondo d'arco (abbreviato in **Parsec**), corrispondente alla famosa distanza di 3,26 anni luce è diventata l'unità di misura per misurare distanze di oggetti all'interno della nostra galassia, secondo la formula:

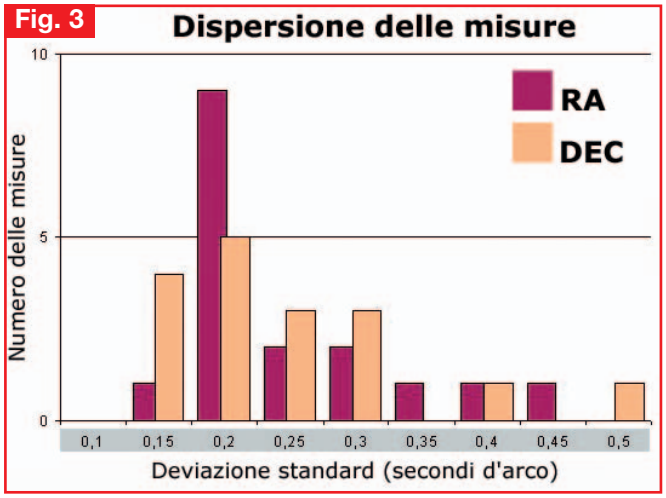
$$D\ (\text{parsec}) = \frac{1}{\pi}$$

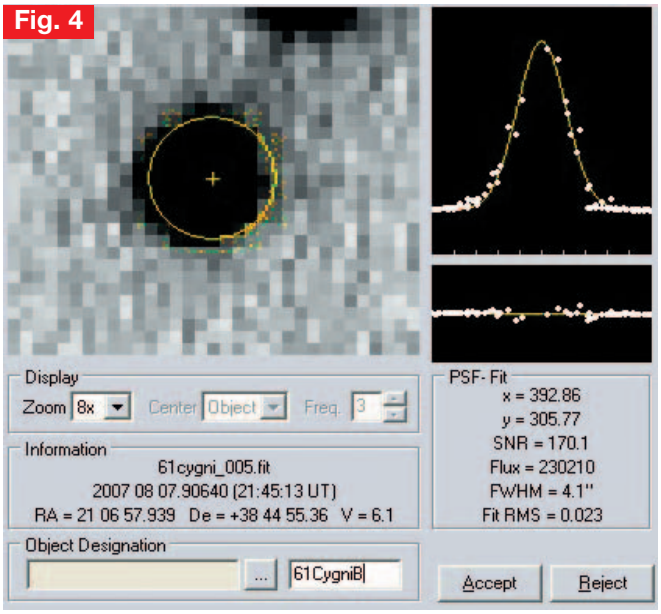
In pratica, un ipotetico astronomo abitante di un pianeta appartenente ad un'ancora più ipotetica stella distante dal Sole esattamente 3,26 anni luce, vedrebbe il semiasse dell'orbita terrestre (l'Unità Astronomica), sotto l'angolo apparente di un secondo d'arco.

Come detto anche nel testo, la figura descritta da una stella nel corso di un anno è generalmente un'ellisse con l'asse maggiore parallelo al piano dell'eclittica ampio due volte la parallasse, e l'asse minore pari al valore della parallasse moltiplicato per il seno della latitudine celeste (infatti, se la stella giacesse esattamente sull'eclittica l'ellisse si ridurrebbe ad un segmento). Potrebbe generare una qualche confusione il raffronto con l'ellisse descritta per effetto dell'**aberrazione annua** della luce, ma mentre questa è di eguale dimensione per tutte le stelle (circa 20",5), la dimensione dell'ellisse descritta per effetto della parallasse è **proporzionale** alla distanza della stella.

Osservata durante il corso di un anno la stella passa per il semiasse maggiore dell'ellisse (il momento in cui si diventa massimo il suo scostamento dalla posizione media) quando la sua longitudine eliocentrica dista circa 90° dal Sole, cosicché per ogni stella vi sono due date particolari adatte alla misurazione. Nel caso di **61 Cygni** i due periodi migliori per la rilevazione della parallasse cadono in maggio e in novembre.







rispetto al piano dell'eclittica ed è centrata sulla posizione eliocentrica del Sole. La risultante finale del movimento, rispetto allo sfondo di stelle lontane, viene ulteriormente complicata dal moto proprio della stella (con cui lo spostamento dovuto alla parallasse non deve essere confuso); si compone così un movimento apparente determinato dal moto proprio della stella e modulato da quello circolare (di solito molto più piccolo) della parallasse.

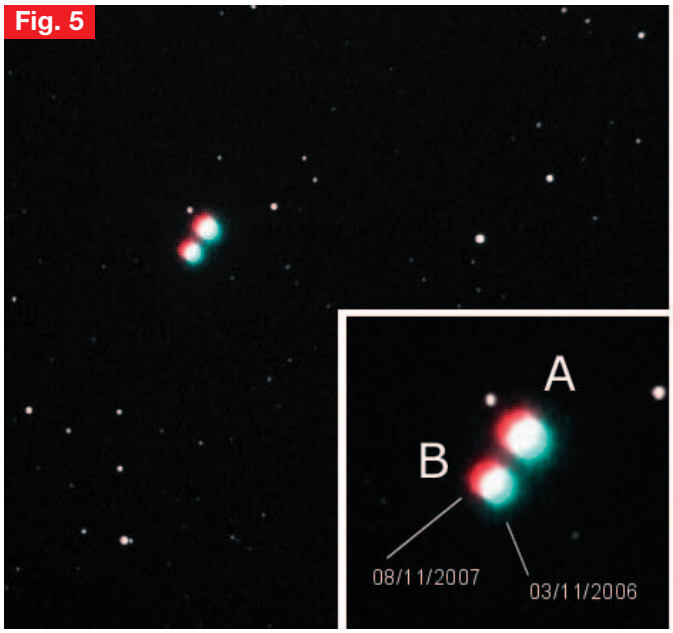
61 Cygni è una stella doppia le cui componenti A e B sono rispettivamente di magnitudine +5,21 e +6,05, e di classe spettrale K5, K7; sono quindi due nane appartenenti alla sequenza principale di colore rosso-arancio. La stella è caratterizzata inoltre da un elevato moto proprio che le valse il nome di "stella volante" da parte di Piazzi.

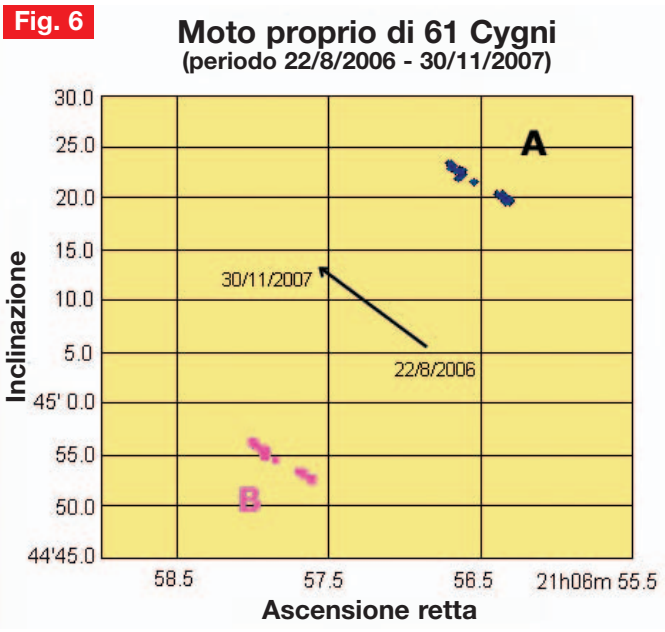
L'angolo di parallasse da misurare in questo caso è molto piccolo (circa 0,3") – simile a quello sotteso da una moneta da un Euro (23,25 mm di diametro) osservata da una distanza di 16 chilometri – e ben al di sotto del seeing medio di un tipico sito osservativo cittadino (3-4 arcsec).

La precisione richiesta è quindi elevata, ma comunque confrontabile con quella delle misure astrometriche di posizione degli asteroidi. Ed in questo ero confortato dal fatto che i residui delle mie osservazioni di asteroidi (differenze tra posizioni osservate e calcolare) si attestavano su un valore di 0,2 secondi d'arco.

Basandomi quindi su questa mia esperienza ho affrontato il problema nello stesso modo e con gli stessi strumenti, utilizzando un telescopio Meade LX200GPS da 8" ed una camera CCD Meade DSI-C nelle prime osservazioni, e successivamente una StarLight Xpress SXVF-M7 a f/5,3 (focale 1100 mm), con una scala di 1,6 arcsec/pixel. Per la riduzione astrometrica ho utilizzato il software Astrometrica di Herbert Raab ed il catalogo stellare UCAC2.

Ho effettuato 18 osservazioni su un arco temporale di 15 mesi (dal 22 agosto 2006 al 30 novembre 2007), e per ognu-





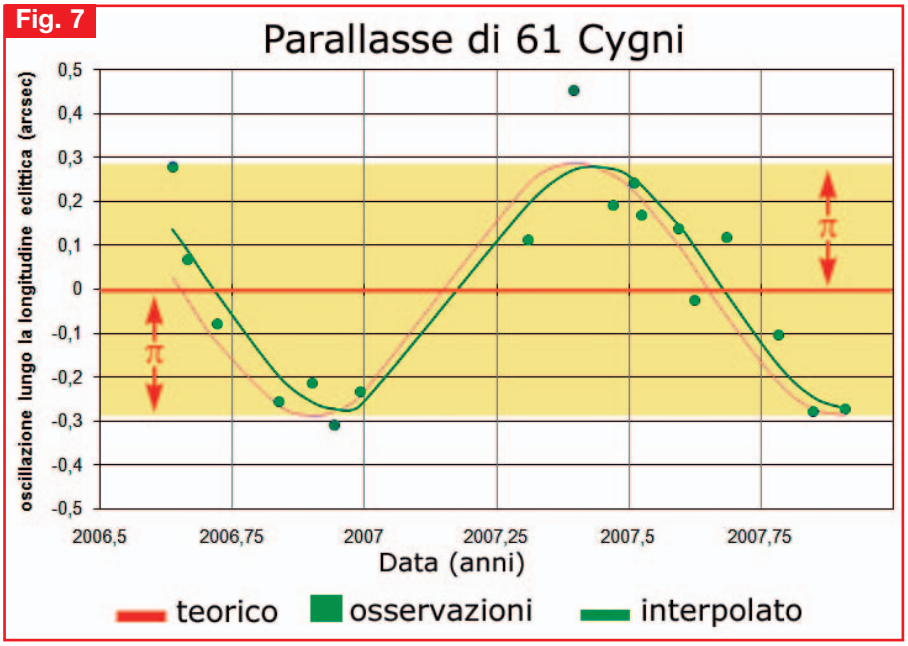
In alto. La **Fig. 5** mette in evidenza il moto proprio della stella (che si sposta di circa 5" l'anno rispetto alle stelle più lontane), attraverso la sovrapposizione in falsi colori di due immagini riprese a distanza di un anno.

Nella **Fig. 6**, che mostra lo stesso spostamento parallelo delle due compomenti A e B, riferito però alla griglia delle coordinate equatoriali, si riesce ad apprezzare anche un leggero movimento ondulatorio dovuto alla parallasse. La scala in RA e DEC è espressa rispettivamente in secondi di tempo ed in secondi d'arco.

na ho acquisito dai 30 ai 70 frame con brevi tempi di esposizione di 0,1-0,2 secondi (per evitare la saturazione del sensore), per un totale complessivo di circa mille immagini.

La precisione delle singole osservazioni variava ovviamente sulla base delle condizioni osservative (trasparenza e seeing) e il grafico nella Fig, 3 mostra la dispersione degli errori in AR e DEC (deviazione standard) delle osservazioni effettuate. Si può notare come la maggior parte dell'incertezza nelle misurazioni si attesti su di valore (più che buono) di 0,2 secondi d'arco.

Fig. 7



Per ogni immagine ho poi effettuato la calibrazione con il software Astrometrica, operazione che consiste nel far corrispondere le stelle dell'immagine con le stelle di riferimento del catalogo astrometrico UCAC2, le cui posizioni hanno una precisione compresa tra 0,02 e 0,07 arcosecondi. Al termine della procedura il software mostra le stelle di riferimento con un cerchio verde o giallo a seconda se tali stelle verranno incluse o meno nel calcolo dei coefficienti di trasformazione delle coordinate da rettangolari (griglia CCD in pixel) ad equatoriali (equinozio J2000).

Completata la fase di calibrazione sono passato alla misurazione della posizione delle componenti A e B di 61 Cygni e di quella di due stelle di riferimento a scopo di controllo. La Fig. 4 mostra una fase della misurazione della posizione del centroide della stella attraverso la PSF (Point Spread Function) che meglio l'approssima.

Per ogni sessione osservativa ho mediato i valori di AR e DEC delle componenti A e B della stella, ed inoltre, per ottenere una maggiore precisione nella determinazione della parallasse (considerando che non ho misurato apprezzabili variazioni della distanza tra le due componenti, stabile su un valore di 31,11" con una incertezza di 0,07"), ho deciso di mediare anche le posizioni delle due componenti A e B, ottenendo così un'unica posizione media (AR e DEC) per ogni osservazione.

I risultati ottenuti

Dalle posizioni medie ottenute ho calcolato quindi la retta di regressione lineare e da questa il moto proprio (Figg. 5-6) . I valori da me calcolati sono risultati di 0,358" e 3,16" l'anno, rispettivamente per l'ascensione retta e per la declinazione. Tali valori si discostano soltanto dell'1,3% rispetto ai valori determinati dalla missione Hipparcos (0,353" e 3,20", come media dei valori delle componenti A e B).

Le coordinate delle singole osservazioni (media delle singole misure e media delle posizioni delle due componenti) sono state poi depurate dal moto proprio e trasformate in coordinate eclittiche, attraverso le quali l'ellissoide di rotazione si dispone con l'asse maggiore parallelo al piano dell'eclittica. Il semiasse maggiore di questa ellisse rappresenta proprio la parallasse annua della stella.

Una stella posta vicino al piano dell'eclittica manifesterà un'ellisse di parallasse molto schiacciata, che tenderà a diventare un segmento se la stella è posta proprio sull'eclittica, mentre una stella posta vicino al polo dell'eclittica mostrerà un'ellisse prossima alla figura circolare.

Il grafico della Fig. 7 mostra l'oscillazione della posizione della stella lungo l'asse maggiore dell'ellisse, che è sempre disposto parallelamente al piano dell'eclittica (longitudine eclittica). L'ampiezza massima dell'oscillazione (che equivale quindi ad un'oscillazione misurata lungo la longitudine eclittica) corrisponde all'angolo di parallasse della stella.

Nel grafico i punti rappresentano la differenza, lungo la longitudine eclittica, tra la posizione osservata e la posizione relativa alla retta di regressione lineare che meglio approssima il moto proprio, la linea di colore rosso rappresenta il percorso teorico del movimento di parallasse e la linea di colore blu riproduce la sinusoide che meglio approssima i dati osservati (coefficiente di correlazione 0,93) ottenuta con il metodo dei minimi quadrati. L'ampiezza di questa sinusoide rappresenta dunque la misura da me osservata della parallasse di 61 Cygni, con un valore di **0,28** secondi d'arco, corrispondente ad una distanza di 1/0,28 = 3,6 parsec = **11,6** anni luce. Tale valore è in buon accordo (un errore del 3%) con quello determinato dal satellite Hipparcos: 0,278 secondi d'arco, pari ad una distanza di 11,36 anni luce.

Questa esperienza dimostra come oggi sia possibile misurare la parallasse delle stelle più vicine anche con una strumentazione di tipo amatoriale non particolarmente sofisticata. Il prossimo passo sarà quello di riuscire a misurare la distanza di una stella con una parallasse di circa 0,15 secondi d'arco (circa la metà di quella di 61 Cygni), così da arrivare a misurare una distanza di oltre 20 anni luce. ★

Lorenzo Franco, nato a Monte S. Angelo (FG) e astrofilo sin dalla prima infanzia, si è laureato in Astronomia a Bologna discutendo una tesi sulla "identificazione di controparti ottiche di radiosorgenti". Vive e lavora a Roma nel settore informatico di una Banca e dal 2005 si dedica all'astrometria dei corpi minori (NEO e comete) ed alla ricerca di supernove extragalattiche.