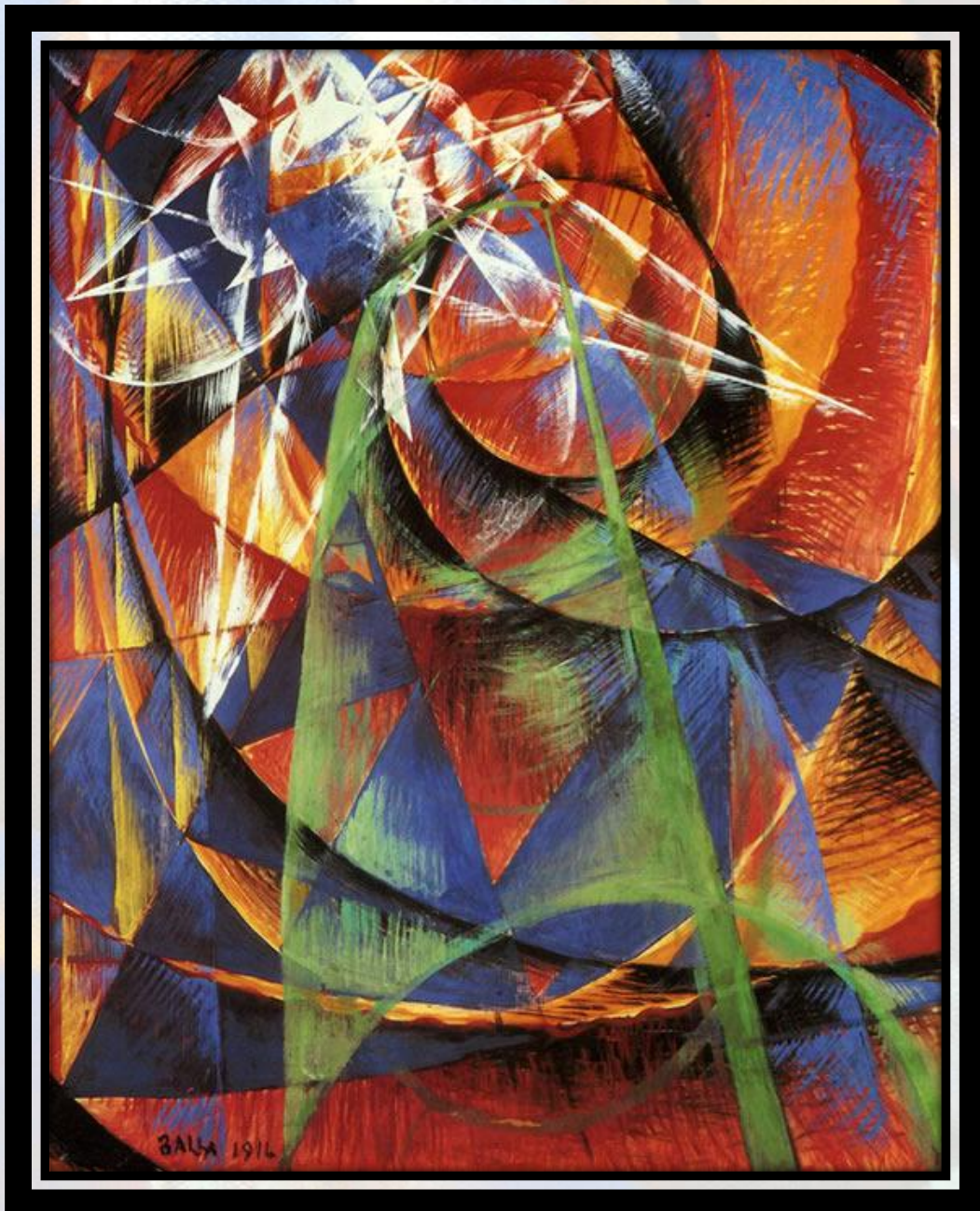


Il Transito di un Pianeta Extra-solare



Giacomo Balla: "Il pianeta Mercurio passa davanti al Sole nel telescopio"

PRESENTAZIONE:

Il cielo stellato ha sempre esercitato un' influenza particolare sull'uomo e sulla natura. L' astronomia si sviluppa insieme alle prime civiltà, non nasce come scienza ma come semplice contemplazione delle stelle che scandiscono il tempo e la vita dell'uomo.

Per fare astronomia servono solo due cose, gli occhi e il tempo. L'uomo moderno ha perso il tempo e, nello svolgimento della sua vita frenetica fatta di corse e scadenze, ha perso l'abitudine di fermarsi, di sedersi e di contemplare la volta celeste e in generale la bellezza del mondo perdendo così -insieme a questo sublime spettacolo- anche un po' di se stesso. L'astronomia ha il potere di farci puntare lo sguardo verso l'infinito e il cuore verso la nostra coscienza. A questo proposito mi piace citare una frase di Giacomo Leopardi e una di Immanuel Kant che ribadiscono questo concetto:

"La più sublime, la più nobile tra le Fisiche scienze ella è senza dubbio l'Astronomia. L'uomo s'innalza per mezzo di essa come al di sopra di sé medesimo, e giunge a capire la causa dei fenomeni più straordinari"

"Solo due cose riempiono l'animo con sempre nuovo e crescente stupore e venerazione, quanto più spesso e accuratamente la riflessione se ne occupa: il cielo stellato sopra di me e la legge morale dentro di me"



Figura 1: "Lampada ad arco" di Giovanni Balla. La luce moderna della lampada che scura la luce naturale della Luna.



Figura 2: Quattro amici, un telescopio e gli occhi verso il cielo

Questa tesina è il risultato di un lungo lavoro, che si è sviluppato in più fasi:

- 1) Lo studio teorico di nozioni di fisica, matematica e astronomia.
- 2) L'acquisizione dei dati al telescopio
- 3) L'elaborazione dati

Presenterò uno dei fenomeni più straordinari che il cielo ci possa offrire: **il transito di un pianeta extra-solare: Wasp b_12**, e ne mostrerò un'interpretazione fisica e una pittorica.

L'interpretazione fisica consiste nello sviluppo di una nuova tecnica introdotta nel 1995 dopo l'invenzione del sensore ottico CCD: la Fotometria. Questa metodologia ha permesso a tutti gli astrofili appassionati (con qualche base teorica) di fare scienza ad alto livello. Prima del 1995 dire di poter dimostrare con un piccolo telescopio e un sensore CCD l'esistenza di questi pianeti, che non sono visibili nemmeno dalle foto scattate dal telescopio, era impensabile. Oggi giorno sempre più astrofili aiutano gli astronomi professionisti nello studio di questi fenomeni e qualche volta qualche appassionato, con un po' di fortuna, riesce anche a scoprirne qualcuno.

Presenterò il transito del pianeta Wasp_b12 ripreso direttamente da me presso l'Osservatorio Astronomico Città di Seveso (di cui sono membro) il 24/02/2012, e il lavoro fotometrico che ha fornito prove inconfutabili

per la dimostrazione dell'esistenza di questo pianeta ed una quantità di dati da cui si possono estrarre molte proprietà fisiche dello stesso.

La seconda interpretazione, quella pittorica, verterà sul commento del celebre quadro: " Il pianeta Mercurio passa davanti al Sole nel telescopio" [in copertina] di Giacomo Balla, che rappresenta esattamente il lavoro da me svolto al telescopio.

Pietro Aceti



Sommario:

1) Che cos'è un pianeta extrasolare?	5
1.1) Che cosa si intende per transito esoplanetario?	6
1.2) Esistono vite extraterrestri?	7-9
2) Il lavoro dell'astrofilo e la sua importanza	10-11
3) Acquisizione ed elaborazione dati	12-20
4) Interpretazione artistica del fenomeno: analisi del quadro " Il pianeta Mercurio passa davanti al Sole nel telescopio"	21-22

1-CHE COS'È UN PIANETA EXTRASOLARE?

Poiché il Sole è una stella come tutte le altre, viene spontaneo chiedersi se anche le altre stelle sono circondate da un corteo planetario come quello del Sole.

La risposta è affermativa: anche altre stelle fuori dal nostro sistema solare hanno attorno a loro grandi pianeti, spesso gassosi, che non superano però 13 masse gioviane. L'esistenza di questo valore limite è spiegabile dal fatto che, oltre questo numero, i gas sviluppano temperature alte che innescano fusioni termonucleari che trasformerebbero il pianeta in una nuova stella.

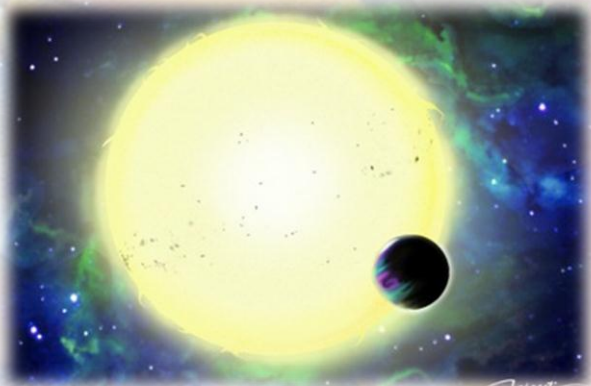


Figura 3: Rappresentazione pittorica del fenomeno

Un pianeta extrasolare non è altro che un corpo che ruota attorno a una stella diversa dal Sole, quindi fuori dal sistema solare.

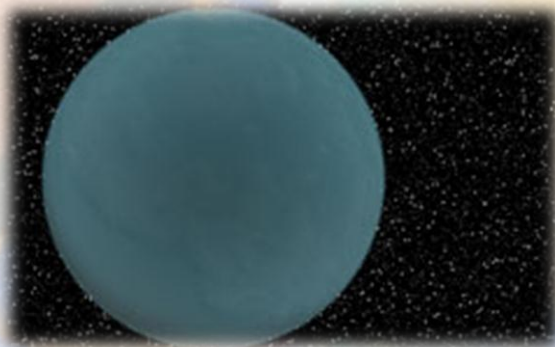


Figura 4: Rappresentazione di un pianeta sospeso nello spazio

I diversi pianeti che si creano a causa della condensazione di gas possono avere sostanzialmente due sorti differenti: orbitare attorno a una stella o rimanere in sospeso nello spazio. Infatti, se una volta creati essi non vengono attratti da una forza gravitazionale, questi pianeti rimangono nella posizione originaria.

Nel caso in cui nelle vicinanze sia presente una stella che riesce ad applicare una forza gravitazionale abbastanza forte, questo pianeta inizia ad orbitare attorno ad essa dando origine a deliziosi fenomeni come il transito di un pianeta.

1.1-CHE COSA S'INTENDE PER TRANSITO ESOPLANETARIO?

Il transito di un pianeta extrasolare è del tutto simile a quello di un pianeta solare, come per esempio quello che si è verificato pochi giorni fa con Venere, il 6/06/2012.

La differenza sostanziale che esiste tra un transito planetario e uno esoplanetario consiste nella stella

attorno alla quale ruotano i pianeti. Saranno transiti planetari quelli che si riferiscono al Sole, esoplanetari quelli che ruotano attorno ad un'altra stella.

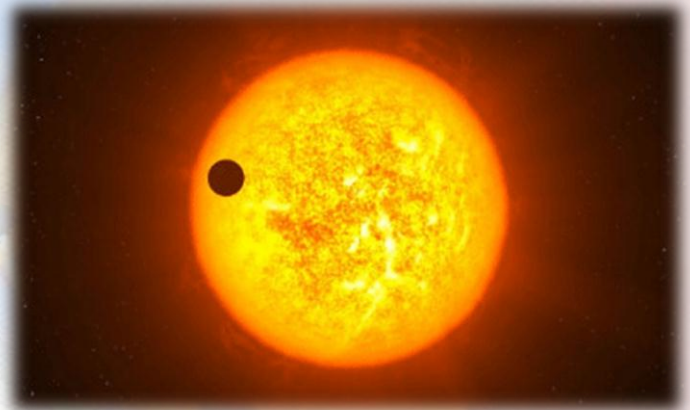


Figura 5:Transito di Venere del 6/6/2012



Figura 6:Posizione di transito: Stella, esopianeta e Terra

Il transito è semplicemente il passaggio del pianeta tra l'osservatore e la stella attorno al quale orbita. Questo passaggio oscura parte della stella eclissandola: l'effetto ottico è quello di un punto nero che si muove sulla superficie solare.

Ciò crea inevitabilmente un'eclisse parziale

della stella centrale. Il pianeta extrasolare, infatti, crea un cono d'ombra che causa un leggero abbassamento della luminosità percepita dall'osservatore.

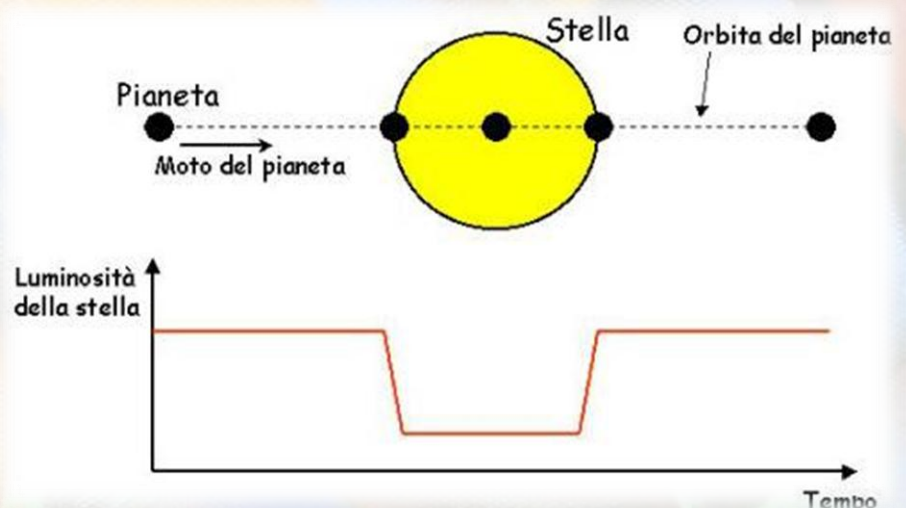


Figura 7:Diminuzione della luminosità della stella al passaggio del pianeta

1.2-ESISTONO VITE EXTRATERRESTRI?

La domanda sulla vita aliena affascina oggi come nell'antichità moltissime menti. Nel corso dei secoli si sono sviluppate molte teorie ed ipotesi che, dall'analisi di caratteristiche della Terra e dell'universo, hanno tentato di dare una risposta a questa domanda. Ciò che fino ad oggi abbiamo ottenuto sono solo ipotesi, dato che non è ancora stato trovato alcun organismo o microrganismo fuori dalla biosfera terrestre. La principale teoria che esclude la vita extraterrestre è quella basata sul principio di rarità della Terra. Questa ipotesi parte dall'osservazione del fatto che la creazione di un pianeta come il nostro, adatto alla vita, sia il risultato di una miriade di coincidenze fisiche, chimiche ed astronomiche. Mediante questa osservazione, pur non attribuendo una posizione centrale alla vita terrestre, la Terra viene considerata comunque in una posizione privilegiata e quindi difficilmente replicabile.



Figura 8: Un esempio di extraterrestre

La seconda teoria si basa sul principio di mediocrità dell'universo, ovvero un'estensione del principio copernicano. Questa ipotesi può essere generalizzata nel concetto di "non particolarità" di qualsiasi evento: qualunque fenomeno osservato può verificarsi o essersi verificato molte altre volte nell'universo. Questa teoria parte appunto dal riscontro di somiglianze tra il nostro pianeta e altri nell'universo, indi per cui la dimostrazione dell'esistenza di pianeti extrasolari è di basilare importanza per questa teoria.

Nel dicembre dell'anno scorso la sonda Kepler scopre un nuovo pianeta Kepler-22 con temperatura attorno ai 22 °C. Questo, ad oggi, viene considerato il gemello della terra, che potrebbe oggi o in futuro ospitare la vita. Anche Wasp-12 è molto interessante poiché ricco di CO₂, quindi ne indica una formazione

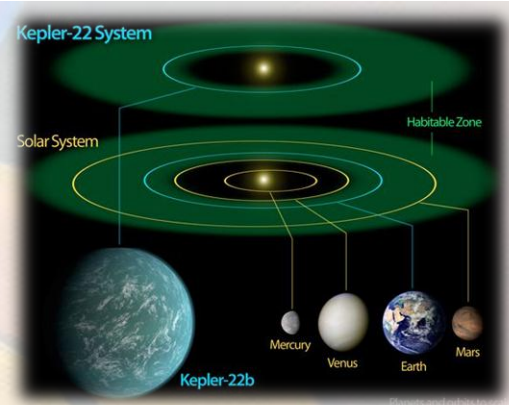


Figura 9: il sistema Kepler 22

rocciosa a base carbonica (diamante e grafite) ottima ad ospitare la vita. Il maggior esponente e sostenitore di questa teoria è l'astrofisico Frank Drake, famoso per la targa di saluto umano per gli extraterrestri mandata nello spazio con la sonda Pioneer 10 nel 1972.

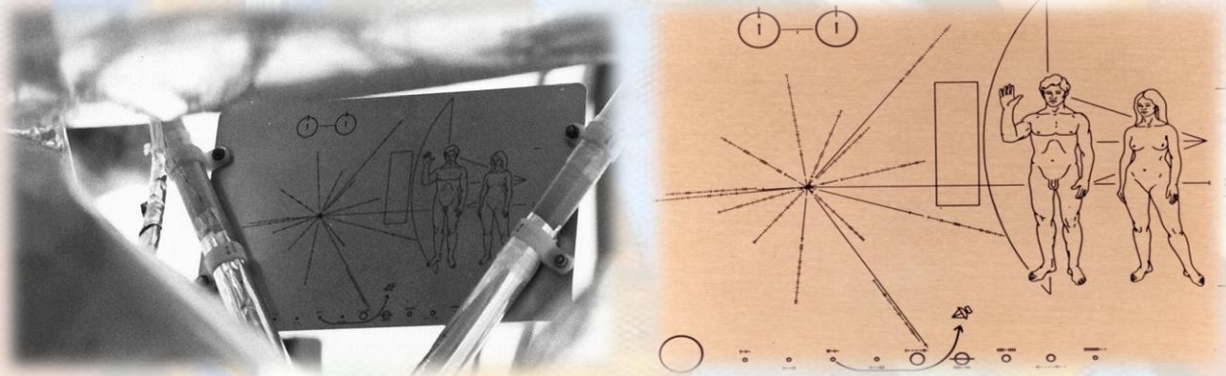


Figura 10: La placca applicata alla sonda

Egli si spinse nel formulare una equazione che in base a diversi parametri doveva stabilire il numero di civiltà extraterrestri in grado di comunicare. Il problema sorse quando, a seconda dei parametri (pessimisti o ottimistici), il risultato poteva oscillare da 0,0000001 a 600000 rendendo questa equazione priva di significato scientifico.

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

Figura 11: Rappresenta l'equazione di Drake dove:

- N= è il numero di civiltà extraterrestri presenti oggi nella nostra Galassia con le quali si può pensare di stabilire una comunicazione
- R* = è il tasso medio annuo con cui si formano nuove stelle nella Via Lattea
- f_p = è la frazione di stelle che possiedono pianeti
- n_e è il numero medio di pianeti per sistema solare in condizione di ospitare forme di vita
- f_l = è la frazione dei pianeti n_e su cui si è effettivamente sviluppata la vita
- f_i = è la frazione dei pianeti f_l su cui si sono evoluti esseri intelligenti
- f_c = è la frazione di civiltà extraterrestri in grado di comunicare
- L = è la stima della durata di queste civiltà evolute

Drake, però, volle sottolineare il fatto che in realtà nessuno dei parametri poteva essere zero quindi una vita extraterrestre sarebbe dovuta esistere: da qui nacque il progetto SETI.

Acronimo di Search for Extra-Terrestrial Intelligence (Ricerca di Intelligenza Extraterrestre), è un progetto che si occupa sia di captare sia di inviare messaggi nel cosmo mediante onde radio, per mezzo di potenti antenne, e mediante onde luminose per mezzo di potenti laser.



Figura 12: Strumentazione del progetto SETI

Messaggio trasmesso dal radiotelescopio di Arecibo (Porto Rico) nel 1974 verso l'ammasso di stelle M13. Dall'alto in basso, in linguaggio binario, sono indicati i numeri da 1 a 10; la rappresentazione degli elementi più diffusi sulla Terra, primo tra tutti il carbonio; la rappresentazione grafica della composizione chimica de l'acido desossiribonucleico, il DNA e la relativa doppia ellisse della molecola; la figura di un essere umano con a sinistra un numero che indica la popolazione della Terra, circa 4 miliardi e a destra la lunghezza d'onda del messaggio, 12,6 cm; in corrispondenza della figura umana, su un'altra linea rispetto gli altri pianeti non abitati, la Terra; infine, una raffigurazione schematica del radiotelescopio di Arecibo.



Questo progetto nel 1974 ricevette molte critiche, quando Drake, dopo aver inviato nello spazio un messaggio per gli extraterrestri, disse che per la risposta avremmo dovuto aspettare un tempo minimo di 50 000 anni.

Il 15 agosto 1977 venne rilevato dal radiotelescopio Big Ear il segnale Wow!, ovvero un forte segnale radio a banda stretta. Il segnale non proveniva dalla Terra o dal sistema solare. Esso durò 72 secondi e non venne mai più rilevato.

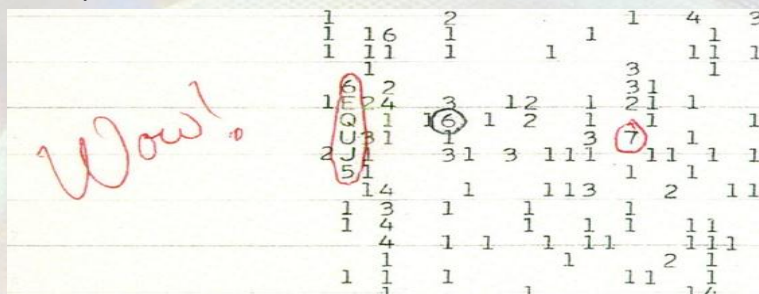


Figura 13: Messaggio trasmesso dal radio-telescopio

Figura 14: La scritta Wow che diede il nome al segnale

2-IL LAVORO DI UN ASTROFILO E LA SUA IMPORTANZA

Astrofilo è colui che ama gli astri. È una figura che è divenuta sempre più importante e che negli ultimi anni ha acquisito un ruolo di primaria



Figura 15: Astrofilos

importanza per gli astrofisici. Sono amanti delle stelle e appassionati di scienza che con qualche base teorica e un telescopio riescono ad acquisire dati utili agli astronomi (che non dispongono di tante ore di osservazione) per la formulazione delle loro teorie. Gli astrofilos, insieme ai satelliti, sono la principale fonte di dati nel campo astronomico. In Italia la prima associazione è l' U.A.I. (Unione Astrofilos Italiani) dove ogni persona può collaborare aiutando gli astronomi professionisti, ma anche portando avanti qualche proprio progetto e pubblicando articoli a livello mondiale, come mi è accaduto nel Settembre scorso, pubblicando un articolo riguardante stelle variabili in collaborazione con U.A.I.:

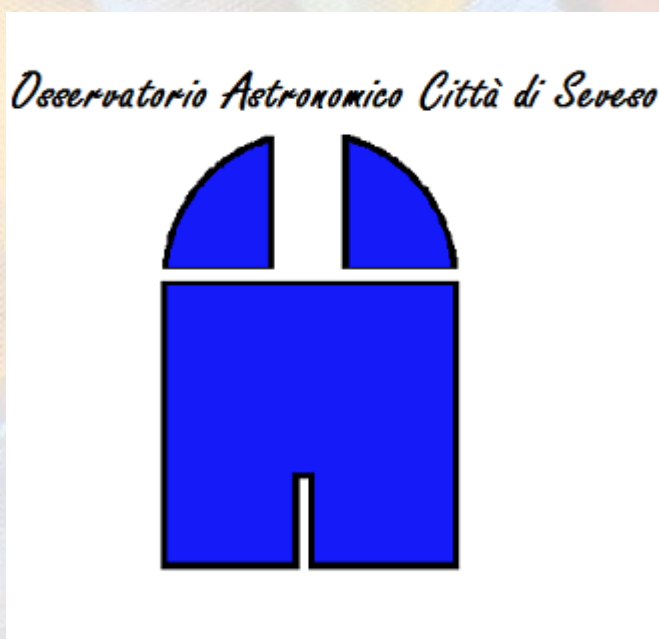


Figura 16: Logo dell'Osservatorio Astronomico Città di Seveso

"Minima of eclipsing binaries, variability of V840 Her and NSV5740, new ephemerides for V997 Cyg, V1037, V1098, V1100 Her Information Bulletin on Variable Stars, IBVS n. 5997 - Konkoly Observatory, University of Budapest, 6 September 2011"

COMMISSIONS 27 AND 42 OF THE IAU
INFORMATION BULLETIN ON VARIABLE STARS

Number 5997

Konkoly Observatory
Budapest
6 September 2011
HU ISSN 0374 - 0676

MINIMA OF ECLIPSING BINARIES, VARIABILITY OF V840 HER AND
NSV5740, NEW EPHEMERIDES FOR V997 CYG, V1037, V1098, V1100 HER

ARENA, C.^{1,2}; ACETI, P.³; BANFI, M.¹; BELLIA, I.⁴; BIANCIARDI, G.⁴; CORFINI, G.¹; MAR-
CHINI, A.^{1,5}; MARINO, G.^{1,2}; MARTINENGO, M.¹; PAPINI, R.¹; PESENTI, L.³; ROMEO, G.²;
RUOCCO, N.^{1,6}; VINCENZI, M.¹; ZAMBELLI, R.¹

¹ Sezione Stelle Variabili - Unione Astrofili Italiani (UAI), e-mail: stellevariabili@uai.it

² Gruppo Astrofili Catanesi - via Milo, 28 I-95125 Catania, ITALY

³ Liceo Scientifico *Iris Versari*, Cesano Maderno (MI), ITALY

⁴ Skylive/Telescopio remoto UAI - ITALY

⁵ University of Siena Astronomical Observatory - Via Roma, 56 I-53100 Siena, ITALY

⁶ Astrocampaia, Sez. Stabia - Penisola Sorrentina - ITALY

DU CVn	55658.3619	0.0011 0.0007	I	r	Ruocco/SC25/ST7
DU CVn	55658.5164	0.0005 0.0004	II	r	Ruocco/SC25/ST7
DU CVn	55661.4319	0.0007 0.0008	I	r	Ruocco/SC25/ST7
WZ Cyg	55412.3457	0.0005 0.0001	II	R	Romeo, Marino/SC20/ST7
V997 Cyg	55459.3667	0.0014 0.0003	II	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V997 Cyg	55460.5135	0.0006 0.0017	I	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V997 Cyg	55462.3445	0.0007 0.0003	I	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V997 Cyg	55463.4917	0.0012 0.0010	II	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V997 Cyg	55469.4474	0.0004 0.0002	II	c	Zambelli/SC25/ST8
V997 Cyg	55469.4481	0.0017 0.0006	II	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V997 Cyg	55472.4243	0.0020 0.0015	I	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V997 Cyg	55476.3207	0.0022 0.0006	II	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V997 Cyg	55478.3836	0.0011 0.0002	I	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V997 Cyg	55479.2994	0.0004 0.0002	I	R610	Corfini/NW20/CCD-UAI
V1905 Cyg	55739.4298	0.0002 0.0001	I	V	Martinengo/SC20/QSI 516wsg
V2197 Cyg	55754.3883	0.0001 0.0001	I	V	Banfi, Aceti, Pesenti/SC25/ST7
V2278 Cyg	55710.4459	0.0009 0.0004	I	V	Marino/NW20/ST7

Figura 17: Frontespizio dell'articolo di cui sono co-autore.

3-ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

L'acquisizione e l'elaborazione dei dati richiede un lavoro che si sviluppa in 5 fasi principali:

- 1-identificazione dell'oggetto da osservare
- 2-preparazione della strumentistica: telescopio e sensore CCD
- 3-serata osservativa e acquisizione dei frame astronomici
- 4-elaborazione frame ed estrapolazione dei dati
- 5-pubblicazione dati

Fase 1: Identificazione dell'oggetto

Prima di iniziare una serata osservativa bisogna avere ben in mente che cosa osservare e soprattutto dove puntare il telescopio. Per fare ciò gli astrofili utilizzano le effemeridi ricavate dai dati di precedenti osservazioni. Un effemeride consiste essenzialmente nella previsione della posizione di un dato oggetto in un dato istante di tempo.

I transiti sono fenomeni detti periodici, poiché si ripetono costantemente in un determinato intervallo di tempo detto periodo.

Esistono siti come quello dell' AAVSO (American Association of Variable Star Observers) oppure quello del BRNO, che raccogliendo i dati presi

dagli astrofili, riescono a calcolare un periodo preciso e quindi, inserendo data e coordinate

dell'osservatore, indicano l'ora e il punto più o meno preciso dell'avvenimento

di alcuni transiti esoplanetari. Inoltre forniscono utili

informazioni sul campo stellare e sulla magnitudine della stella.

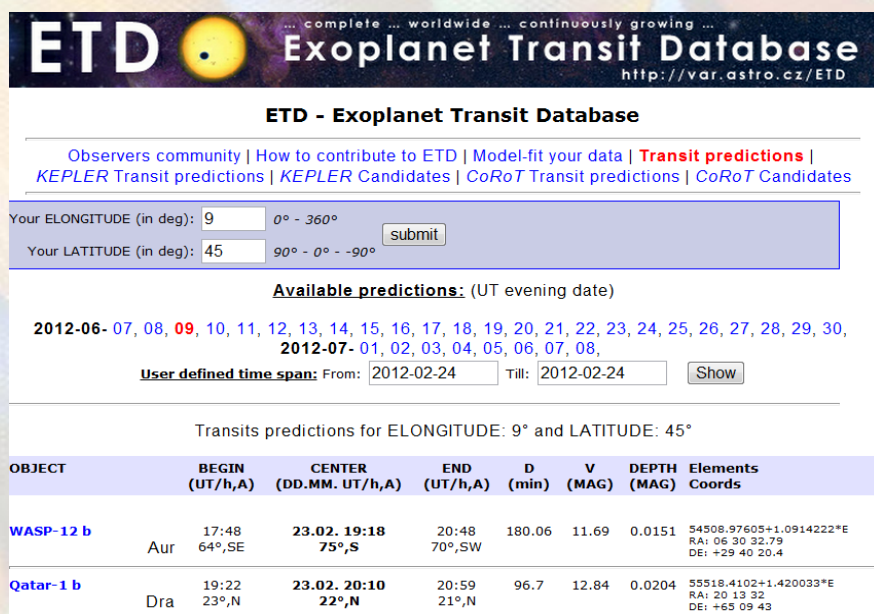


Figura 18: Effemeridi della sera del 24/02/2012

Fase 2: Preparazione della strumentistica

Per raccogliere i dati necessari per registrare un transito di un pianeta extrasolare serve un telescopio e una speciale "macchina fotografica" chiamata CCD.

Anzitutto bisogna procedere con l'allineamento del telescopio, una procedura che, attraverso l'indicazione della posizione di due stelle, permette al software di creare una mappatura interna della volta celeste che indica al telescopio quale porzione di cielo sta puntando in quel momento. Questa è una procedura importante anche per l'inseguimento: il telescopio è dotato di motori che gli permettono di fare un giro su se stesso ogni 24h in modo da inseguire le stelle che durante la notte si "spostano" a causa del moto di rotazione della terra.

Il secondo strumento è il CCD ovvero un sensore fotografico molto sensibile (ideato per l'astronomia ma che oggi ha sostituito i CMOS delle normali digitali); è affiancato da un congegno di raffreddamento chiamato cella di Peltier che permette di abbassare la temperatura interna di 30 °C rispetto all'ambiente. L'abbassamento della



Figura 19: Telescopio con CCD

temperatura del CCD è molto importante per diminuire i disturbi fotografici causati dai cosiddetti "pixel caldi" ovvero pixel riscaldati dalla corrente che alimenta il sensore e che nella foto corrispondono a piccoli puntini bianchi facilmente confondibili con piccole stelle.



Figura 20: Dark Frame: Pixel Caldi

Fase 3: Acquisizione dei frame astronomici.

Una volta allineato il telescopio e raffreddato il CCD non resta che puntare l'oggetto con l'ausilio di planetari astronomici come, per esempio, Sky Map. Si procede inserendo le coordinate nel programma che sposta il telescopio in quella direzione. Una volta puntato il telescopio si esegue un Frame di prova e si controlla che il telescopio abbia puntato correttamente. Questa è una procedura non facile poiché spesso i campi fotografati sono sottosopra o ribaltati rispetto a quello del planetario e identificare quindi la giusta posizione diviene difficoltoso.

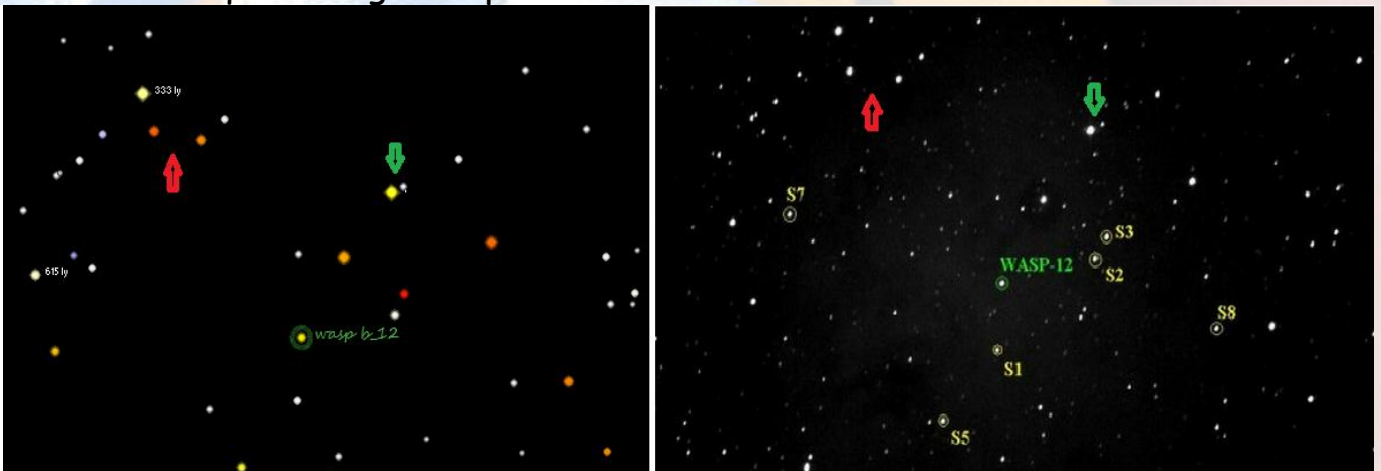


Figura 21: Confronto immagine planetario (sx) e frame (dx)

Identificato il campo e la stella si decide il tempo di esposizione, ovvero il tempo in cui l'obiettivo rimarrà aperto e verrà esposto ai fotoni emanati dalle stelle. Più il tempo è lungo più arriverà segnale (fotoni) dalle stelle e più la foto risulterà ricca e definita. Bisogna fare in modo però che il tempo non sia eccessivamente lungo tanto da saturare in alcuni punti il sensore a causa di qualche stella più luminosa. Questa saturazione comporterebbe errori nella misura.

Fase 4: Elaborazione frame ed estrapolazione dati

Acquisite le foto si è solo a metà del lavoro: I frame acquisiti sono foto dette allo stato "grezzo" in quanto piene di imperfezioni causate dal sensore fotografico e dagli specchi del telescopio in uso.

Le principali correzioni che bisogna apportare per fare una buona fotometria sono il Dark Frame e il Flat Field.

Il **Dark Frame** è una imprecisione dovuta al semplice funzionamento del rilevatore fotografico e consiste nel rumore di fondo: il disturbo della corrente elettrica alimentando il sensore surriscalda dei pixel che, diventando caldi, si tramutano in piccoli puntini bianchi facilmente confondibili con piccole stelle [Fig.20].

Per capire meglio il fenomeno basta pensare a un televisore a cui è stata staccata l'antenna. L'alternanza di punti bianchi e neri non è altro che il passaggio della corrente nel televisore. Inserendo l'antenna il segnale che arriva è molto potente e copre questi punti bianchi. In astronomia il segnale è dato dai pochi fotoni che arrivano dalle stelle insufficienti a coprire l'errore della corrente.



Figura 22: Corrente che passa attraverso lo schermo del televisore

Questo errore è facilmente eliminabile facendo una foto con il tappo al sensore. In questo modo verranno fotografati solo i pixel caldi che, con un apposito software, verranno rimossi [Fig.20].



Figura 23: Immagine prima e dopo la sottrazione del Dark Frame

Il **Flat Field** è un errore causato da molti fattori come disomogeneità del sensore fotografico, imperfezioni della lastra di vetro, impurità negli specchi o granelli di polvere sparsi sul sensore sui filtri o sui vetri del telescopio. Per eliminare questo errore

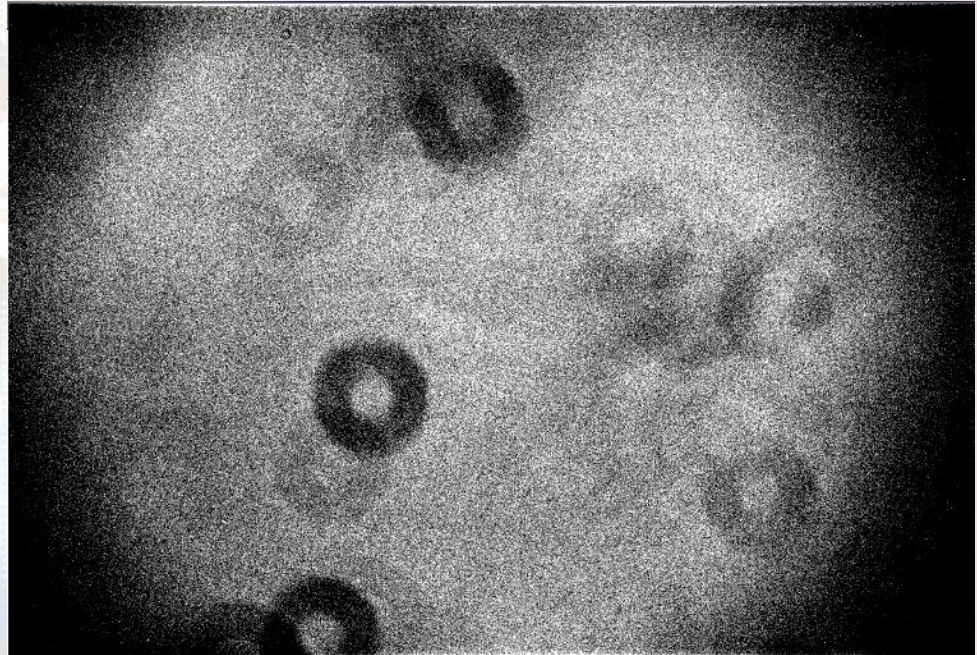


Figura 24: Esempio di Flat Field

bisogna fotografare una zona omogeneamente illuminata che mette in risalto tutte le imperfezioni, dopo di che si procederà come per il Dark Frame eliminando le imperfezioni con l'ausilio di un software.



Figura 25: Immagine prima e dopo la correzione del Flat Field

Una volta elaborate e corrette tutte le immagini si può procedere con la Fotometria. È una fase molto importante e permette di dimostrare e registrare il transito di un pianeta extrasolare. Consiste nel delineamento della **curva di luce della stella**, ovvero un grafico dove vengono messi in correlazione il tempo e la luminosità della stella.

Transit Light Curves

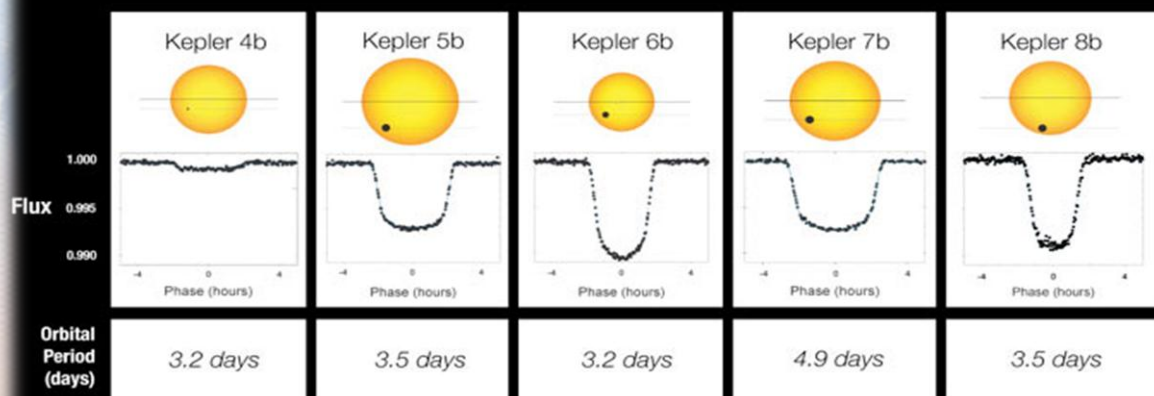


Figura 27: Differenti curve di luce di diversi pianeti

Una stella normale, dove non sono presenti fenomeni particolari, si presenterà una curva di luce piatta, poiché la sua luminosità (negli istanti della serata osservativa) non varierà. Al contrario, in una stella interessata da un transito di un pianeta extrasolare non tutti i fotoni arrivano all'osservatore poiché una piccola parte viene oscurata dal pianeta che sta transitando. In questo modo, istante per istante, osserveremo una leggera diminuzione di luminosità che dimostrerà questo passaggio. Questo metodo viene **definito indiretto** poiché si dimostra la presenza del pianeta guardando gli effetti che produce.

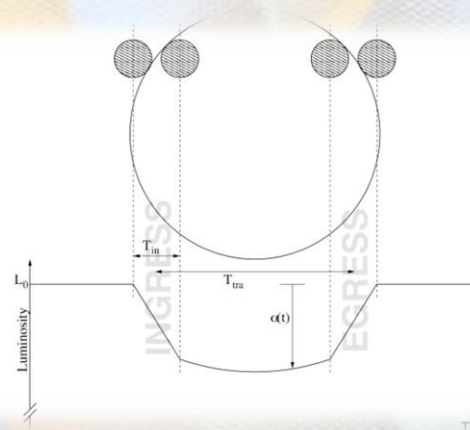


Figura 28: Si nota come il transito crea un calo di luminosità

Per delineare la curva di luce si utilizza la tecnica fotometrica, che, come dice il nome, è la misura della grandezza luminosa.

Con l'ausilio di un piccolo software chiamato Maxim si possono contare, pixel per pixel, i fotoni che sono arrivati al sensore fotografico quindi la luminosità (o flusso) della stella.

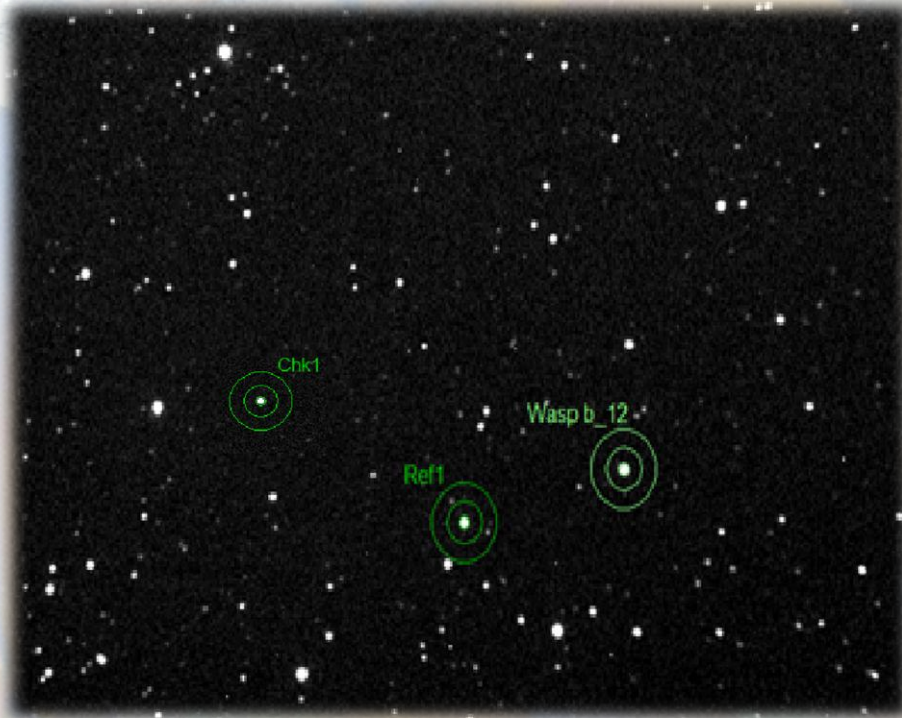


Figura 29: Campo stellare con cerchi fotometrici.

Utilizzando un apposito strumento si cerchia la stella in cui presumiamo sia avvenuto un transito. Si delineano così tre cerchi:

-Il primo incornicia la stella e calcola la somma di tutti i fotoni registrati dal sensore in quella porzione di cielo trovando la luminosità (o flusso) della stella.

-Il secondo cerchio viene chiamato "gap circle" ed è una porzione di cielo che ha l'unico compito di distaccare la stella dall'ultimo cerchio che viene chiamato cerchio di fondo cielo.

-Quest' ultimo cerchio misura la luminosità del fondo cielo.



Figura 30: I cerchi fotometrici

Bisogna tenere conto del fatto che all'interno del primo cerchio, oltre a esserci la luminosità della stella, si aggiunge la piccola luminosità del fondo cielo che non è perfettamente oscuro. Per ovviare a questo errore si calcola semplicemente la luminosità del fondo cielo (con il 3° cerchio) e

si sottrae a quello della stella (1° cerchio) .

Questa sottrazione viene svolta dal software eseguendo il logaritmo del rapporto dei flussi tra fondo cielo (terzo cerchio) e quello della stella (primo cerchio), ovvero applicando la definizione di magnitudine. Così si ottiene una magnitudine grezza della stella detta strumentale.

A questo punto si compie la stessa operazione su altre due stelle del campo che abbia una magnitudine simile alla prima Ref.1 e Chk 1.

Dopo aver ripetuto l'operazione su tutti i frame (101 nel caso di Wasp-b12) si procede con la costruzione della curva di luce: si mettono in grafico in funzione del tempo la differenza tra la magnitudine strumentale della Reference e quella della stella.

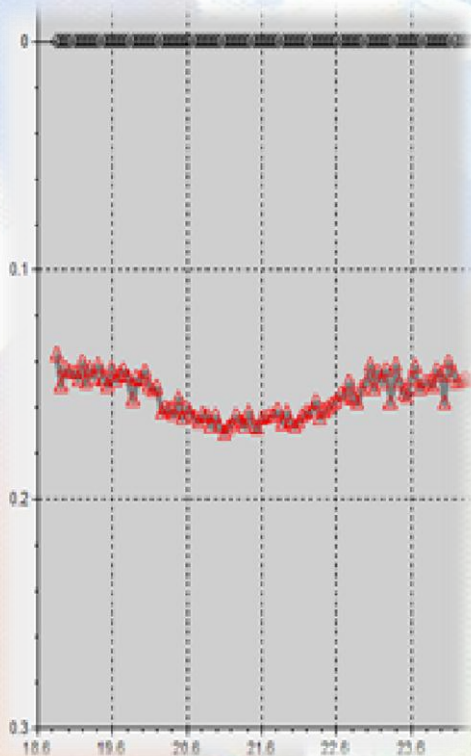


Figura 31: Curva di luce in rosso Wasp b_12 in nero la Ref.1

La Reference si suppone non essere variabile, quindi sottraendo la magnitudine della stella (variabile) si otterrà una curva. Si compie la differenza per eliminare vari errori di variazione di luminosità dovuti al passaggio di una nuvola o a una fonte di luce esterna.

Si costruisce lo stesso grafico tra la Reference Star e la Check star; se questo grafico risulterà piatto si dimostrerà che la Reference star non è variabile e che quindi la fotometria è corretta.

Fase5: Pubblicazione dei dati

Si intende come pubblicazione del dato la trasmissione del TOM ovvero del Time Of Minimum: consiste nell'istante in cui la stella raggiunge il minimo di luminosità. Nel caso dei pianeti il minimo è molto ampio, poiché occupa tutta la porzione di tempo durante il quale il pianeta è transitato. Dunque, come Tom, si prende l'istante durante il quale la stella ha compiuto mezzo transito.

Il dato singolo, però, è pressoché insignificante, ma se i dati vengono uniti sono di grande utilità per tutti gli

astronomi e astrofili. A tal proposito esistono siti che raccolgono questi dati a livello nazionale come l' U.A.I. o a livello mondiale come l' AAVSO e il BRNO. Questi dati vengono messi tutti insieme e sono molto utili per costruire ciò che viene chiamato "Diagramma O-C" ovvero Osservato meno Calcolato. Questo diagramma mette in correlazione la differenza di tempo che passa tra il momento in cui si pensava avvenisse il transito e il momento in cui è realmente accaduto e il tempo delle osservazioni.

-Se questo diagramma ha un andamento piatto tendente allo zero allora si può dimostrare la correttezza dell'effemeride.

-Se l'andamento è lineare si nota un errore nel calcolo dell'effemeride e più precisamente del periodo, infatti se la differenza tra il calcolato e l'osservato aumenta con il passare dei giorni allora c'è un errore ciclico dovuto a un valore errato del periodo.

-Se l'andamento è esponenziale significa che sulla stella, oltre al transito avvengono fenomeni di altro tipo. Per esempio la stella può avere attorno a sé più di un pianeta orbitante.

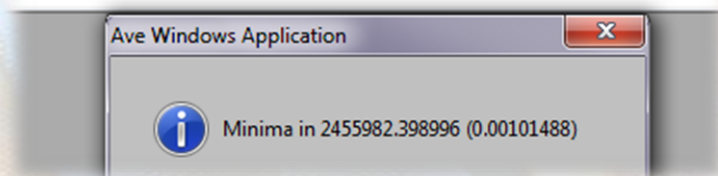
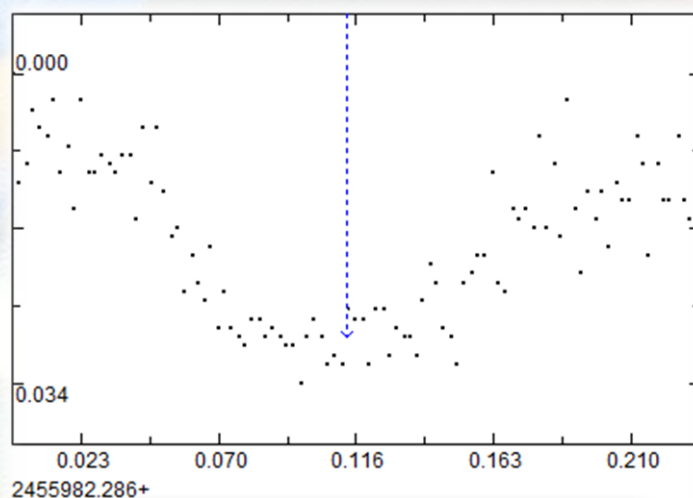


Figura 32: Tom (Time Of Minimum) che corrisponde alle 23:34:48 del 24/02/2012

Bibliografia:

- "Observing Guide to Transiting Extrasolar Planets" di M. Barbieri, C. Lopresti, A. Marchini, R. Papini, F. Selvaggio.
- "Il manuale delle stelle variabili" S. Toschi, S. Santini, F. Zattera, I. Peretto.
- "Elementi di Astronomia" P. Giannone
- "Osservare l'universo" P. De Bernardis
- "Idee per diventare Astrofisico" Margherita Hack

Sitografia:

- Sito Cieco del BRNO var2.astro.cz
- Sito AAVSO (American Association of Variable Star Observers) www.aavso.org
- Wikipedia www.wikipedia.it
- Sito di discussione per astrofili www.astrofili.org
- Sito Unione Astrofili Italiani www.uai.it
- Sezione italiana variabilisti www.stellevariabili.uai.it
- Sezione italiana esopianeti www.esopianeti.uai.it