



Claudio Lopresti
Responsabile Sezione Pianeti
Extrasolari
pianetiextrasolari@uai.it

Nella sezione di ricerca UAI "Pianeti Extrasolari" esiste un programma di ricerca dedicato al miglioramento dei dati relativi ai pianeti extrasolari già conosciuti, che però può essere considerato anche come potenziale strumento per trovare altri pianeti ancora sconosciuti.

“Il programma DETEX”

Il calcolo O-C relativo ai tempi di transito

Tutti coloro che si occupano di ricerca sanno che in ogni misura esiste un errore intrinseco, che deriva non tanto da un errore nella procedura usata o da un errore di chi compie la misura, quanto dal fatto che, per varie ragioni, nessun sistema di misurazione è così preciso da consentire misure perfette. I fattori che non consentono la qualità di perfezione nella fotometria stellare (e quindi anche in quella dei transiti dei pianeti extrasolari) sono molteplici. Ecco alcuni esempi: la temperatura del sensore (corretta in sede di elaborazione con il *dark*) produce rumore che si somma al segnale, le imperfezioni date dalle ottiche (come vignettatura e polvere), poi corretta con il flat field, le condizioni ambientali (umidità, trasparenza del cielo, seeing) la presenza di pixel difettosi, gli eventuali errori di guida, la distribuzione statistica dei pixel, la presenza di stelle di fondo... Si potrebbe andare avanti ancora per molto, ma è importante è capire che il concetto: in ogni passaggio c'è un potenziale errore intrinseco, e, alla fine, la misura può essere quanto si vuole sensibilmente migliorata, ma non potrà mai arrivare ad essere perfetta.

O-C: osservato meno calcolato

Esistono i valori teorici, calcolati, e valori trovati, a fronte di misure, che contengono più o meno grandi errori di misurazione, frutto dell'osservazione e della successiva analisi.

Ad esempio, se volessi tracciare con una matita, a mano libera, una retta su un foglio, potrei arrivare a tracciare, se ho la mano ferma, una retta molto simile a quella teorica (quella tracciata per esempio con una riga). Ma quanto mi sarò allontanato dall'aver tracciato una retta perfetta?

La risposta alla domanda "quanto è grande l'errore?" è data da una semplice operazione di differenza fra quello che si è effettivamente misurato dall'osservazione e quello calcolato dalla teoria. Brevemente, "osservato" meno "calcolato": il cosiddetto O-C. Ad esempio se si dovesse in una data os-

servazione misurare il valore 102, se il valore predetto dalla teoria fosse 100, il valore O-C in questo caso sarebbe $102 - 100 = +2$. L'errore può assumere anche valori negativi: se nella stessa osservazione avessi misurato 98, il valore O-C sarebbe $98 - 100 = -2$. Al termine di questo ragionamento occorre infine dire che c'è una cosa importantissima, che non deve sfuggire: anche il valore calcolato può contenere errori, per il semplice fatto che il calcolo deriva anch'esso da misure precedenti. E questo è il cuore del programma DETEX.

O-C nel programma DETEX

DETEX significa Determinazione Transiti Extrasolari. Nella ricerca dei pianeti extrasolari, concentriamoci sull'epoca del transito, inteso come valore "calcolato". Questo è un parametro che indica il cosiddetto "*midtransit*", cioè l'istante in cui un pianeta deve trovarsi a metà strada nel suo passaggio davanti alla sua stella. Dato che le orbite planetarie sono periodiche, a partire da una data epoca (in questo caso il *midtransit* della scoperta del transito, o una successiva migliore stima), è possibile calcolare tutti i successivi eventi, e quindi calcolare ciclicamente le effemeridi delle epoche successive, secondo la formula:

$$M = E + p \cdot x$$

Dove M è l'epoca del *midtransit* successivo calcolato, E l'epoca iniziale (*midtransit* usato come dato di partenza), p il periodo dell'orbita, e x una variabile che indica il numero dei cicli successivi; se il valore x viene incrementato di una unità in un algoritmo informatico (ad esempio un ciclo "for..next"), dove, ad ogni passaggio $x = x + 1$, il programma restituirebbe i valori delle epoche successive a E , trasformandole in istanti di tempo: in pratica i valori delle epoche successive, che possono essere considerate il nostro "C", calcolato, del parametro O-C.

Osserviamo al figura 1. I punti sulla retta delle ascisse x rappresentano i tempi calcolati. Nell'asse y si rappresenta l'errore (positivo o negativo) del tempo di *midtransit*. Se le nostre osservazioni fossero senza errori, ogni punto dell'osservazione

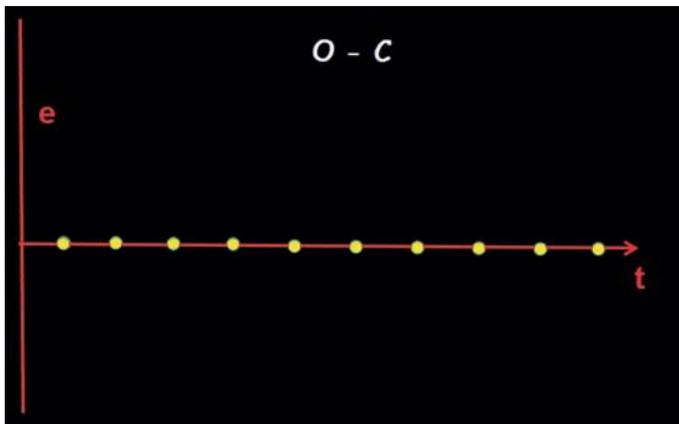


Figura 1. Se tutte le nostre misure delle epoche osservate fossero perfette, mettendo in un grafico i valori O-C avremmo un grafico come quello di questa figura.

sarebbe perfettamente sovrapposto ai punti calcolati, e l'errore sarebbe sempre uguale a zero.

In pratica non accade mai questo: accade invece quanto si vede in figura 2, e cioè un insieme di punti (in colore giallo chiaro) i cui valori oscillano nelle vicinanze della retta "perfetta".

Il fatto che gli errori siano più o meno grandi, e quindi si discostano dalla retta delle ascisse in maniera più o meno evidente, non ci deve far dimenticare che comunque tutti questi punti sono rappresentati al meglio proprio nella retta x , che ne rappresenta la media. Quindi si può dire che il valore calcolato, mediamente epurato dagli inevitabili errori, viene sostanzialmente confermato dalle osservazioni.

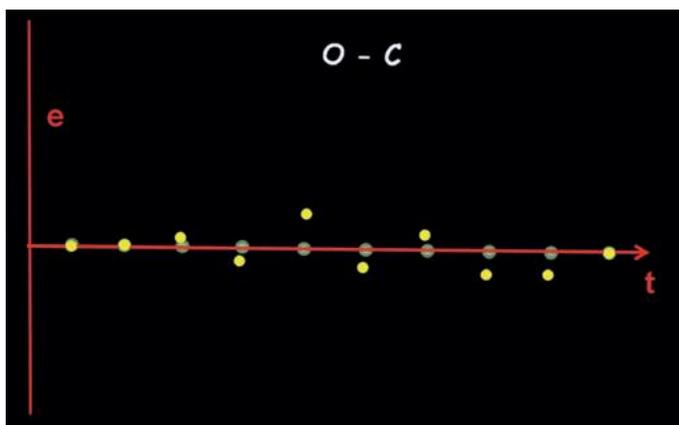


Figura 2. Le nostre misure delle epoche osservate presentano errori più o meno grandi, mettendo in un grafico i valori O-C avremmo un grafico simile a questo.

Ma accade che, a volte, vi sia nelle misure qualcosa di diverso, qualcosa di un po' più strano.

Guardiamo la figura 3:

Alcuni pianeti in transito mostrano "derive temporali" fra gli istanti dei periodi calcolati e quelli osservati, come se il tempo del transito ogni volta rallentasse o accelerasse di un valore continuo

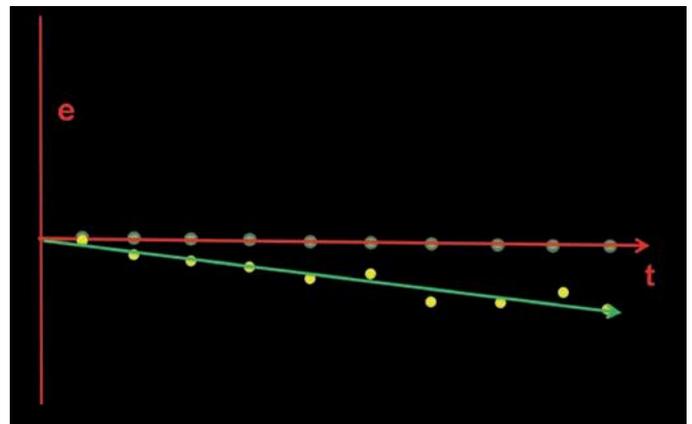


Figura 3. In questo caso i punti delle osservazioni si dispongono vicini ad una retta, ma essa è inclinata rispetto alla x retta delle ascisse: c'è un trend continuo verso il basso, in questo caso.

costante. Questo non può essere un caso. Occorre indagare sul motivo di questo comportamento, che non può essere casuale, ma c'è qualcosa che provoca tutto questo. Vediamo di capire da cosa deriva.

Questo trend potrebbe derivare da:

1) Epoca del transito e calcolo periodo non sufficientemente precisi (abbiamo detto prima che anche il valore calcolato è affetto da possibili errori);

2) Presenza di un terzo corpo "perturbatore"

Il programma DETEX della Sezione Pianeti Extrasolari si propone di approfondire queste anomalie al fine di rideterminare l'epoca e correggere il periodo del transito in modo da ricostruire le effemeridi reali dei transiti (programma di minima)

E' chiaro che se è errato il valore C dell'O-C, allora il problema sta nel ricalcolare l'epoca del midtransit attraverso nuove osservazioni mirate a questo scopo. Sarebbe già un buon risultato.

Ma se, nella migliore delle ipotesi possibili, l'errore del trend fosse determinato da quanto detto al punto 2, allora il terzo corpo perturbatore, che provoca il trend, potrebbe essere un pianeta sconosciuto in quel sistema stellare. E trovarlo sarebbe il massimo risultato per il programma DETEX. Ci si aspetterebbe, in questo caso, che ad un certo punto vi sia un'inversione del trend: e questa sarebbe la migliore conferma che ci troviamo di fronte alla scoperta di un nuovo pianeta!

Conclusioni

Abbiamo visto, per ora, solo un'introduzione teorica al programma DETEX. Abbiamo descritto il contesto in cui deve essere inquadrato questo tipo di ricerca. Sappiamo che il programma serve per correggere eventuali errori nella determinazione delle epoche dei transiti, e questo sarebbe già un contributo alla ricerca dei pianeti extrasolari. Ma possiamo anche sperare che tutto questo potrebbe servire anche a scoprire nuovi pianeti extrasolari. Non è facile, ovviamente, perché occorre conoscere come fare per ottenere questo scopo, e quindi le tecniche per raggiungerlo. Non ne abbiamo ancora parlato, ma inizieremo ad approfondire questo aspetto nei prossimi numeri di questa rubrica.