

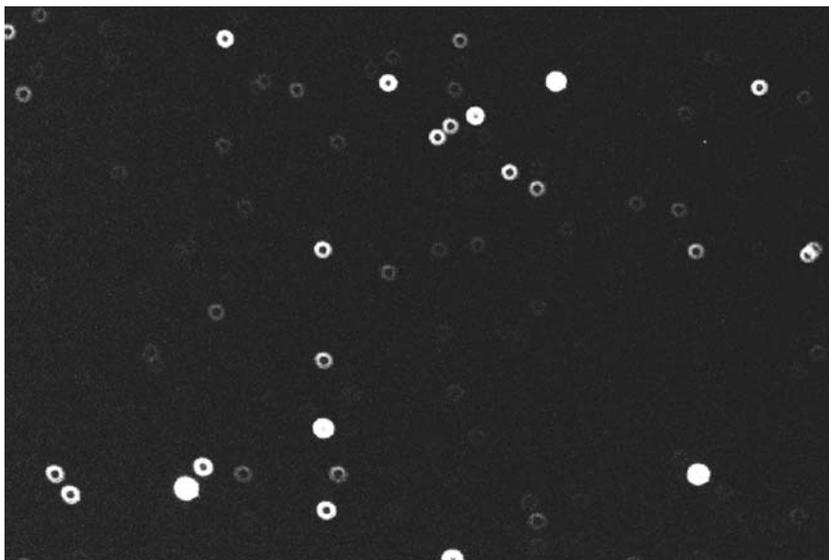


Claudio Lopresti

Responsabile Sezione Pianeti
Extrasolari
pianetiextrasolari@uai.it

Chi si dedica alla ricerca astronomica, sia professionale che amatoriale, sa bene che deve effettuare alcune operazioni che in tutti i casi sono indispensabili, quale che sia la ricerca a cui ci si sta dedicando. Ad esempio, da quando esiste la cosiddetta "astronomia digitale", alcuni termini sono diventati di uso comune fra gli addetti ai lavori.

Figura 1. Sfocatura stellare usata nelle sequenze dei transiti dei pianeti extrasolari.



La tecnica della sfocatura in fotometria

Introduzione

Le parole "dark" e "flat", che ancora oggi spaventano, in un certo senso, tutti coloro che si accostano per la prima volta al mondo dei CCD, ora sono concetti talmente acquisiti, che si dà per scontato che si sappia di cosa si sta parlando. Nessuno può trascurare queste operazioni elementari che devono esser fatte per la normalizzazione delle immagini.

Anche la perfetta messa a fuoco del sistema viene considerata un'operazione assolutamente indispensabile, oltre che piuttosto ostica e di difficile realizzazione, se non al prezzo, volendo inseguire la perfezione, di molto tempo dedicato all'inizio di ogni osservazione.

Accanto a questo c'è anche da tenere in conto la puntiformità finale delle stelle, da realizzarsi attraverso una guida accurata ed esente da difetti di inseguimento.

A queste operazioni se ne aggiungono altre, specifiche per il tipo di ricerca che si sta facendo. Anzi, a volte occorre fare cose in senso contrario all'ortodossia astronomica. Ad esempio, nella ricerca sui transiti dei pianeti extrasolari, spesso conviene utilizzare una tecnica che fa

storcere il naso ai puristi dell'immagine, ma che è senza dubbio efficace per la precisione delle misure fotometriche.

La sfocatura delle stelle nella ricerca dei pianeti extrasolari.

Guardate la figura 1. Qui c'è un esempio di come viene utilizzata la sfocatura delle stelle in questo tipo di ricerca. In questa immagine possiamo notare che la sfocatura è talmente grande che le stelle appaiono a forma di "ciambella", e cioè mostrano, negli strumenti a specchio, l'ombra dell'ostruzione del secondario. Chiarisco subito che la tecnica di cui stiamo parlando vale per tutti i tipi di fotometria e, anche se è utilissima per i pianeti extrasolari, se ne può giovare anche la fotometria tradizionale di stelle variabili, poiché ne migliora la precisione.

Ora ci si chiederà il perché di questa tecnica. Non c'è un solo motivo, ma più d'una causa consiglia questa procedura.

Stelle a fuoco contro stelle sfuocate

Quando si vuole ottenere il massimo in fotometria, è necessario avere il massimo del segnale e, contemporaneamente, il minimo del rumore. Se dobbiamo misurare la luce (il segnale) delle stelle, conviene avere una finestra di apertura che contenga il massimo del flusso luminoso proveniente dalla stella e una corona di fondo-cielo che rappresenti al meglio il rumore dell'immagine nella regione della stella da misurare. In altre parole è quello che si chiama rapporto segnale/rumore, che deve essere al valore più alto possibile.

La scintillazione

Il nemico numero uno è la scintillazione delle stelle. Anche se le serate sono ottimali dal punto di vista del seeing, della turbolenza, della stabilità degli strati d'aria, la scintillazione esiste sempre, e contribuirà in maniera più o meno si-

gnificativa al peggioramento del rapporto segnale/rumore.

Il fenomeno della scintillazione consiste in variazioni repentine, nel tempo (si parla di secondi o frazioni di secondo) della luminosità delle stelle e anche di spostamenti laterali del centroide stellare. Quindi dobbiamo pensare alle stelle da misurare come dei punti che lampeggiano e contemporaneamente si spostano. E' un po' come se volessimo centrare un bersaglio che appare e scompare e contemporaneamente si sposta in tutte le direzioni in maniera imprevedibile. Difficile centrarlo.

Bene, torniamo alla fotometria e osserviamo le figure 2 e 3.

Qui, in figura 2, possiamo vedere uno schema di una stella a fuoco coperta dall'apertura fotometrica (cerchio centrale in verde). Molti pixel, durante l'esposizione, per effetto della turbolenza atmosferica, escono dalla finestra di apertura (circoli bianchi laterali) e non saranno conteggiati.

In figura 3 vediamo invece, a parità di spostamento laterale rispetto alla figura 2, una stella sfocata, e quindi con finestra fotometrica molto più grande; qui solo una piccola percentuale di fotoni andranno persi e sfuggiranno alla misura, mentre la stragrande maggioranza saranno sempre dentro la finestra fotometrica e quindi saranno misurati.

Spesso, durante la posa, la stella a fuoco puntiforme si sposta lateralmente in tutte le direzioni di una quantità pari o addirittura superiore al proprio diametro. Rispetto alla stella a fuoco, la stella sfocata non avrà questo problema, se non nella piccola percentuale dei pixel periferici, e quindi si comporterà meglio nel rapporto segnale/rumore.

Questo ragionamento appena fatto vale per gli spostamenti spaziali, ma come fare per le variazioni di luminosità della stella durante la posa? Queste variazioni avvengono nel tempo, e quindi la soluzione è una sola: allungare i tempi di posa quanto più possibile, per aumentare complessivamente il numero di fotoni catturati e registrare statisticamente tutti gli istanti, nell'arco di un tempo x , in cui la pioggia di fotoni sul sensore è più fitta. Più è lungo il tempo, più probabilità ci sono di registrarne molti. Ovviamente non bi-



Figura 2. La scintillazione in una stella a fuoco.



Figura 3. La scintillazione in una stella sfocata.

sogna esagerare troppo per non andare incontro ad un altro problema collaterale, e cioè la necessità di avere un sufficiente campionamento temporale, che possiamo chiamare “risoluzione cronologica”. In sostanza la precisione fotometrica contrasta con la risoluzione temporale.

E allora, quanto occorre allungare i tempi di posa?

Ogni CCD ha una propria retta di linearità e può essere calcolata e misurata.

In figura 4 possiamo vedere il test di linearità che ho realizzato sul mio CCD Sbig St-10xme.

Tutte le nostre esposizioni per la ricerca fotometrica devono tener conto della curva di linearità dei nostri CCD. Non c'è da fidarsi delle dichiarazioni delle case costruttrici, ma ognuno dovrebbe fare questo test per il proprio CCD, tenendo presente che la curva, anche per stessa marca e tipo di sensore, può variare. Nel caso in figura 4, come si vede, il CCD è lineare fino alla soglia di circa 55 000 ADU, poi al variare del tempo la linearità decade. Anche se questo sensore (come tutti gli altri a 16 bit) ha una dinamica teorica a 65 536 livelli, in realtà, dopo i 55 000 continua a registrare i fotoni, ma non più linearmente nel tempo. Occorre tenerne conto quando si fa fotometria, anche in relazione al fatto che uno stesso oggetto, ripreso all'orizzonte o allo zenit, risente della diversa massa d'aria che attraversa, e, quanto più si avvicina al meridiano, tanto più il sensore sarà illuminato. La soglia dei 55 000 ADU non deve essere superata proprio in questa fase, che è quella in cui entra il maggior

numero di fotoni.

La statistica

In tutto il discorso della sfocatura non bisogna dimenticare la statistica. Anche la statistica depone a favore della sfocatura stellare. Infatti, quando la stella è sfocata, la sua luce di distribuisce su un'area maggiore e quindi interessa molti pixel: molti di più rispetto alla stella a fuoco. Questo comporta che il segnale è statisticamente distribuito su un campione di pixel superiore e anche questo riduce gli errori dovuti alla diversa risposta dei singoli pixel e contribuisce a migliorare il rapporto segnale/rumore.

In conclusione

Forse qualcuno potrebbe chiedersi perché essere così puntigliosi nella ricerca di un setup osservativo che tenga conto di tutti questi fattori, ma occorre considerare che per evidenziare i transiti dei pianeti extrasolari servono precisioni molto maggiori rispetto alla fotometria tradizionale. Si parla di variazioni di qualche millesimo, e, se non si adottano tutte le strategie valide, non ci si arriva.

Abbiamo detto, quindi, che, per giungere allo scopo, bisogna abbattere la scintillazione attraverso le pose lunghe e la contemporanea sfocatura stellare, pena la saturazione dei pixel.

L'ideale sarebbe poter effettuare pose di almeno un minuto, ma anche più: diciamo due-tre minuti, e occorre regolare la sfocatura in base ai tempi scelti e a seconda della luminosità delle stelle da misurare.

Teniamo presente che questo discorso appena fatto funziona benissimo con stelle fino all'ottava o nona magnitudine. Oltre si ha ancora qualche miglioramento, non eccessivamente significativo. E' utile tanto più la sfocatura quanto più il telescopio è di modesta apertura e quanto più la stella è brillante. Con stelle di undicesima e oltre non c'è più guadagno con questa tecnica, in quanto le pose diventerebbero lunghissime oltre che non adatte alla fotometria per quanto riguarda la risoluzione temporale.

Ad ogni modo, per ogni configurazione strumentale e per ogni campo stellare occorre prevedere un periodo iniziale di apprendimento, che poi rimarrà patrimonio per le future osservazioni e per poter decidere preventivamente il tutto in base all'esperienza accumulata.

Figura 4. Curva di linearità di risposta dello Sbig ST-10xme.

