

Search the Sky!

Progetto di ricerca Pianeti Extrasolari

CON IL METODO DEI TRANSITI: I PREPARATIVI

di Rodolfo Calanca

Nel numero di Coelum del novembre scorso ho descritto l'ottimo lavoro svolto da alcuni bravissimi amatori che, da ogni angolo d'Italia, hanno aderito al progetto di ricerca **Search The Sky!**, una proposta congiunta del **Planetary Research Team** e di **COELUM**.

La prima fase del progetto si è svolta durante la memorabile estate del 2007, con la ripresa di numerose curve di luce di pianeti extrasolari in transito. Questa esperienza, pienamente coronata da successo, è stata una straordinaria palestra per tutti coloro che, ora, sono pronti a cimentarsi in una prova ancora più impegnativa: **la ricerca di nuovi esopianeti**.

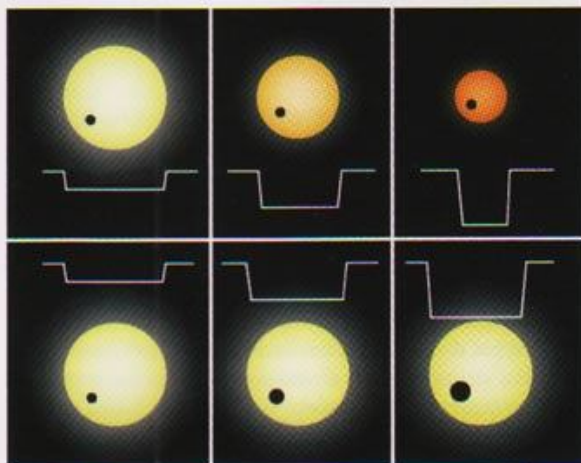
Ricerca di pianeti extrasolari con il metodo dei transiti

La ricerca di pianeti extrasolari non è una prerogativa esclusiva dei grandi telescopi o dei satelliti in orbita. Anzi, possiamo dire che questo settore dell'astronomia del terzo millennio è aperto al contributo di tutti coloro che dispongono di telescopi (anche di modeste dimensioni) muniti di sistemi di ripresa digitale. Senza tema di smentita posso quindi tranquillamente affermare che un gran numero di appassionati è oggi potenzialmente in grado di contribuire alla scoperta di lontanissimi pianeti!

Qual è la tecnica di ricerca alla effettiva portata dell'amatore?

Abbiamo già illustrato il fenomeno del transito di un pianeta nel nostro precedente articolo (Coelum n. 111, p. 50). Questo evento accade solamente se il piano orbitale del pianeta è visto di taglio da un osservatore terrestre. Ciò rende possibile un passaggio prospettico del pianeta sul disco della stella, capace di produrre una temporanea eclisse parziale che riduce, di una piccolissima quantità, la luminosità stellare.

Si tratta quindi di un fenomeno abbastanza raro che fornisce però importanti informazioni, in particolare sul raggio del pianeta (la profondità del transito è infatti condizionata dal rapporto tra i quadrati dei raggi del pianeta e della stella). La combinazione tra il raggio del pianeta ed il semiasse della sua orbita determinano, durante il transito, la diminuzione lumi-



In alto (Fig. 1). La profondità di caduta della curva di luce e la durata complessiva di un transito dipendono dalle dimensioni della stella e del pianeta.

nosa, la sua durata e la forma della curva di luce (Fig. 1).

Un osservatore terrestre può rilevare pianeti in transito di taglia confrontabile a quella di Giove e Saturno, mentre solo dallo spazio è possibile indagare l'esistenza di pianeti di tipo terrestre.

Il metodo dei transiti è quindi accessibile all'amatore solo se questi si rivolge alla ricerca di pianeti di grandi dimensioni e di corto periodo.

Possiamo indicare due tipi di approccio alle osservazioni.

Il primo riguarda la fotometria complessiva di un gran numero di stelle. L'altro, invece, prevede di realizzare la fotometria di una singola stella.

Il metodo dei transiti richiede che si eseguano dei campionamenti frequenti (dell'ordine di uno ogni 2 o 3 minuti) delle stelle in esame, con una precisione fotometrica valutabile intorno alle 2 o 3 milli-magnitudini.

Sono possibili due metodi distinti di ricerca, entrambi messi in pratica da diversi Team in tutto il mondo. Quello a "**campo piccolo e profondo**" (con telescopi "grandi", alto rapporto segnale/rumore per magnitudini fino alla 16-17^a) e quello detto a "**campo largo e stelle brillanti**" (telescopi o teleobiettivi di ridotte dimensioni, campo di vista molto ampio, anche di diversi gradi quadrati e con magnitudini misurabili fino alla 12-13^a).

Il secondo permette un miglior "ritorno" scientifico in quanto le stelle sono sufficientemente brillanti per essere seguite con la spettroscopia. È anche il metodo scelto dal Planetary Research Team.



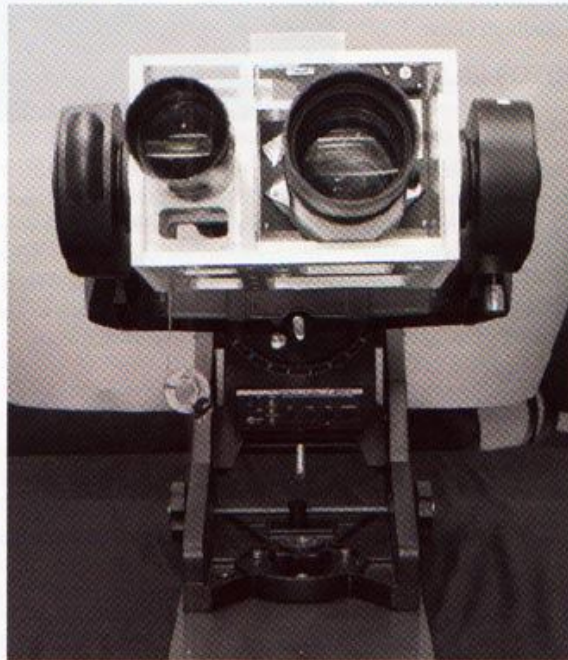
In alto (Fig. 2). Timothy Brown, uno dei responsabili del progetto **TrES**, effettua delle regolazioni al telescopio **STARE**. Lo strumento di 10 cm di diametro è supportato da una montatura equatoriale Meade LX 200 e dispone di un CCD di 2034 x 2034 pixel. Le riprese per la ricerca degli esopianeti sono effettuate in genere con due minuti di esposizione.

Alcuni programmi professionali

Per una rapida panoramica esplicativa sulla strumentazione utilizzata da importanti gruppi di ricerca professionale che cercano pianeti con il metodo dei transiti, diamo qualche cenno su alcuni dei progetti più noti.

Vediamo subito che, in genere, si fa uso di telescopi di "piccolo" diametro e di corta focale, per coprire vasti campi stellari, secondo l'approccio del "campo largo e stelle brillanti".

Uno dei programmi più importanti, denominato **TrES** (Trans-Atlantic Exoplanet Survey), è condotto da David Charbonneau e Timothy Brown ed ha già portato alla scoperta di quattro esopianeti. A questo programma aderiscono tre gruppi che utilizzano telescopi di 10 cm. Il primo è **STARE** (Stellar Astrophysics and Research on Exoplanets), che dispone di un telescopio, situato alle Canarie, con il quale si riprendono circa 24 000 stelle in



In alto (Fig. 3). Il telescopio **Sleuth** a Monte Palomar è costituito da un obiettivo di 10 cm, f/2,8, montatura Meade LX200 GPS, CCD 2048 x 2048 ed autoguida.



In alto (Fig. 5). Il **superWASP** è uno dei progetti di ricerca strumentalmente più sofisticati tra quelli oggi attivi. I due telescopi in dotazione dispongono di 8 teleobiettivi **Canon** di 11 cm di diametro e di CCD della Andor di Belfast (uno dei migliori produttori europei di camere digitali professionali).



In alto (Fig. 4). Il telescopio tedesco del progetto **BEST** è uno strumento di media qualità anche secondo gli standard qualitativi amatoriali. La combinazione ottica è quella Schmidt, 20 cm, f/2,7 con CCD 2048x2048, campo: 3,1°x3,1°.

Auriga in un campo di $5,7^\circ \times 5,7^\circ$ (Fig. 2). Il secondo è PSST (Planet Search Survey Telescope), è ubicato al Lowell Observatory con un telescopio che copre un campo di $5,7^\circ \times 5,7^\circ$. Infine il terzo, denominato Sleuth (Fig. 3), è situato presso il Palomar Observatory e ogni notte riprende 10 000 stelle in un campo di 6 gradi quadrati.

Di dimensioni assai maggiori è il telescopio ASP (Arizona Search for Planets) di 90 cm situato a Kitt Peak, affiancato da qualche anno, da uno strumento di 1,3 m, che adotta però l'approccio "campo piccolo e profondo".

Gli ultimi due progetti che segnalano riguardano il BEST (Berlin Exoplanet Search Telescope System), un telescopio commerciale di 20 cm (Fig. 4) che riprende immagini in un campo di $3^\circ \times 3^\circ$, e il sofisticato superWASP, promosso da un consorzio di università britanniche e situato in due diverse sedi, alle Canarie e in Sud Africa. Entrambi gli strumenti utilizzano delle batterie di 8 teleobiettivi Canon di 11 cm, con campo di ripresa assai ampio, circa $8^\circ \times 8^\circ$ (Fig. 5).

La scelta del campo di ricerca

Per quanto i progetti finora descritti (Figg. 2-5) non facciano ricerca in campi stellari privilegiati, sono ampiamente da preferire le zone di cielo in prossimità del piano galattico, dove ci si può attendere una densità stellare tipica, **effettivamente misurabile**, di circa 200 stelle per grado quadrato. Per misurabile intendo quella popolazione di stelle di magnitudine visuale compresa tra +9 e +11, la cui eventuale variazione di luminosità non sia inferiore all'1%.

Di un certo interesse per la ricerca sono comunque anche gli ammassi aperti (si veda: <http://users.camk.edu.pl/mochejsk/PISCES/index.html>), all'interno dei quali è stato stimato che sia possibile rilevare, con strumentazione non professionale, pianeti di massa almeno 1,5 volte quella di Giove.

Gli strumenti per la ricerca

Da quanto abbiamo finora esposto emerge chiaramente un fatto consolante: non sono necessari strumenti né molto sofisticati e neppure molto grandi per intraprendere una ricerca seria dei pianeti extrasolari. Un buon teleobiettivo, oppure un astrografo di corta focale (ad esempio, 400-500 mm), con un diametro di 80-100 mm (Fig. 6 e 7), può fornire risultati confrontabili con quelli conseguiti, ad esempio, dal network TrES. Anche le camere Schmidt o Baker-Schmidt di 200-250 mm di diametro sono adattissime a questo genere di ricerca. La scelta dei sensori utilizzabili è poi piuttosto ampia, dai "vecchi", ma ancora validi, ST7 fino alle nuove camere CCD a basso rumore di lettura.

Devo però spendere una parola a favore delle digicam con tecnologia CMOS che si stanno velocemente evolvendo dal punto di vista tecnologico e presto saranno del tutto paragonabili, nelle prestazioni fotometriche, alle camere CCD, con il vantaggio, per niente trascurabile, di un costo molto più contenuto. Purtroppo sono pochi coloro che stanno testando le digicam su stelle variabili, asteroidi e che con esse realizzano curve di luce complete. Mi arrischio a dire, sperando di essere subito smentito, che oggi in Italia ci sono pochissimi astroimager che fanno sperimentazioni fotometriche con la



In alto (Fig. 6). Un piccolo astrografo di 80 mm ($F = 380$ mm) montato in parallelo su un Meade 8", è davvero un ottimo strumento per delle riprese di campi stellari, come quelle che servono per la ricerca dei transiti. Sull'astrografo è installata una digicam Canon Eos 350D, mentre al fuoco dello SC è presente un dispositivo di autoguida (cortesia di Gimmi Ratto).

In basso (Fig. 7). Un altro strumento adatto alla ricerca è questo astrografo, un Takahashi FSQ 106N, 100 mm, f/5 con CCD.



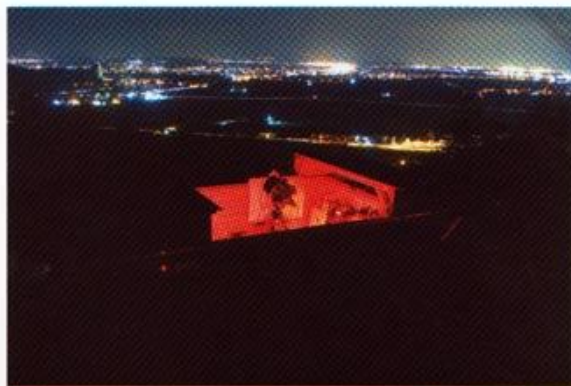
digicam, tra di essi ricordo Gimmi Ratto, Angelo Angeletti ed il Team di Monte d'Aria, Valentino Luppi e Gilberto Forni.

Un accessorio indispensabile è comunque l'autoguida; infatti, come ho già sottolineato nel precedente articolo (Coelum n. 111, p. 53) si ottengono buone immagini fotometriche in alta risoluzione solamente se i dischetti stellari risultano perfetti e senza traccia di mosso.

La strategia di ricerca

Dopo aver individuato un campo stellare di ricerca, naturalmente concordato con gli altri partecipanti al progetto "Search the Sky", si tratterà di riprenderlo per ogni notte serena, e per almeno un paio di mesi (complessivamente, almeno 20 notti d'osservazione per ogni campo), tenendo presente quanto segue:

- si realizzino un numero minimo di 50 flat field, per abbattere il Poisson Noise (si veda Coelum, n. 111, pp. 54-55), e almeno 20 dark frame e bias.
- Le riprese avranno una durata minima di 120 secondi, in modo da ridurre l'effetto della scintillazione.



In alto. A sinistra (Fig. 8), Hubert Boussier nel suo Osservatorio privato di Avignone. Il suo telescopio principale è un Meade 10", f/6,3, CCD Atik 16HR, guida: rifrattore 110mm, f/7, montatura ZX4 Trassud. A destra (Fig. 9). Una bellissima immagine notturna dell'osservatorio di Gimmi Ratto in cui è ospitata la strumentazione visibile in Fig. 6.

- Tenere sempre inserita l'autoguida.
- Riprendere per almeno 5 ore ogni notte (70-80 immagini circa).
- Conservare i file in formato FITS.
- Si sospendano le osservazioni per una settimana circa, intorno alla Luna piena, quando la luce diffusa dall'astro riduce il numero delle curve di luce di alta qualità.

Che probabilità di scoperta?

Ci tengo subito a sottolineare, tanto per sgombrare il campo da qualsiasi fraintendimento, che la probabilità di incappare in un transito è bassa. Aumenta però se diversi osservatori seguono contemporaneamente lo stesso campo per un numero consistente di notti (e in questo sta appunto l'utilità di partecipare al progetto "Search the Sky").

E, allora, direte voi, perché impegnarsi in una attività di ricerca che probabilmente non porta al risultato sperato?

A mio parere, i motivi che giustificano tanto impegno da parte dell'amatore, qualunque sia il risultato finale, sono molteplici. In primo luogo, è assai gratificante sperimentare di persona delle tecniche d'osservazione sofisticate e professionali che, allo stesso tempo, sono pienamente alla portata dell'amatore medio.

Inoltre, applicandosi seriamente a questa ricerca almeno per la durata di una campagna completa (2 o 3 mesi d'osservazione) si acquisiscono conoscenze di alta qualità che aiutano a maturare, specialmente nei più giovani, una mentalità "scientifica", sicuramente utile anche nella vita quotidiana.

Infine, un ultimo motivo, certamente non meno importante dei precedenti: aderendo a questo progetto si apprendono i principi basilari per concepire progetti ed eseguirli in gruppo, una attività di alto valore culturale e sociale.

1 LO SVILUPPO DELLA PROCEDURA PER L'ANALISI FOTOMETRICA DELLE IMMAGINI

Il Planetary Research Team sta sviluppando una procedura per l'elaborazione di una serie di immagini digitali di un medesimo campo stellare, raccolte durante una notte d'osservazione, al fine di individuare il segnale periodico prodotto, nella curva di luce, da un transito di un esopianeta.

Le immagini trattate con la nostra procedura sono realizzate con un tempo fisso (per mezzo di una digicam o CCD), con stelle perfettamente puntiformi, un buon rapporto S/N, un basso rumore di Poisson e un ridotto contributo della scintillazione.

La procedura è indicata, per punti, nelle sue linee generali. Buona parte delle funzioni richieste è già disponibile nel set di comandi standard di IRIS.

- Calibrazione della serie di immagini, con due script distinti, che si riferiscono all'acquisizione di immagini a colori con

digicam oppure con immagini CCD b/n. Gli script prevedono il massimo livello possibile di automazione. Per l'immagine a colori si estrae, per l'analisi fotometrica, il canale verde.

- Messa a registro e interpolazione delle immagini.
- Realizzazione di una immagine di riferimento: per la scelta delle immagini si usino comandi di IRIS quali BESTOF [NOME] [NUMERO], oppure BEST_STREHL [NOME] [NUMERO]; mentre, per la creazione vera e propria dell'immagine di riferimento si utilizzi il comando ADD_NORM [NOME] [NUMERO] che normalizza il livello ADU a 32700.
- Sottrazione di ogni singola immagine della serie dall'immagine di riferimento con il comando OPT_SUB [NOME]
- Rilevamento delle stelle variabili. Alle immagini ottenute al punto precedente, si applica il comando FINDSTAR, i dati delle stelle sono contenuti nel file testo

STAR.LST.

- Curva di luce. La curva di luce delle stelle variabili si ottiene applicando le funzioni fotometriche di IRIS oppure un qualche software esterno che utilizza i file testo generati da IRIS.

Allo sviluppo della procedura che, come abbiamo visto, utilizza comandi e script in IRIS, contribuiscono Gimmi Ratto, Valentino Luppi, Fabiano Barabucci, Angelo Angeletti, Gianluca Masi, con la consulenza dello stesso Christian Buil.

La procedura sarà distribuita gratuitamente a tutti coloro che ne faranno richiesta, con una prima release prevista nella primavera del 2008.

Chi tra i nostri lettori avesse buone conoscenze informatiche e volesse contribuire allo sviluppo del progetto, può scrivere a: planetary.team@gmail.com
Ogni aiuto sarà ben accetto! ★



In alto (Fig. 10). Alcuni componenti del team del Centro astronomico di Libbiano - Peccioli (PI), mentre eseguono dei test di collimazione dello strumento che sarà impiegato per la ricerca di esopianeti. Da sinistra: Paolo Piludu, Emilio Rossi, Alberto Villa (in piedi), Francesco Biasci (in ginocchio) e Domenico Antonacci.

I preparativi del Planetary Team

Diversi singoli amatori e gruppi si stanno preparando per la ricerca di pianeti extrasolari, ma non solo in Italia. L'amico **Hubert Boussier** di Avignone (Francia) ha aderito con entusiasmo ai progetti del Planetary Team ed ora sta sperimentando, con la sua strumentazione (Fig. 8), la ripresa di curve di luce dei transiti visibili nel corso di questo inverno.

Gimmi Ratto, la cui bellissima postazione osservativa (Fig. 9) è purtroppo assediata dall'inquinamento luminoso, riesce comunque ad ottenere degli eccellenti risultati. In particolare, i suoi test fotometrici si stanno rivelando di grande interesse perché stanno chiarendo i limiti fotometrici di impiego delle attuali digicam.

Anche il Team del Centro Astronomico di Libbiano Peccioli (PI) è in piena attività (Fig. 10) con un riflettore di 200 mm $f/5$, al quale è applicato il CCD per l'autoguida, uno STARLIGHT SXVF-H5; in parallelo, un rifrattore semi-apocromatico di 80 mm, $f/7,5$ (Fig. 11) con un CCD di grande qualità per le riprese dei campi stellari (Finger Laker FLI IMG, con sensore KAF 1001E, area utile di $24,6 \times 24,6$ mm).

Il Team di Monte d'Aria di Serrapetrona (MC), è impegnato nei test della strumentazione. In Fig. 12 vediamo un C8 con riduttore a $f/3,3$ sul quale è collegato un CCD. La guida è assicurata da un rifrattore di 70 mm $f/10$ con il sensore di guida della Starlight. Lo strumento è sostenuto da una montatura EQ6 computerizzata. La combinazione fornisce un campo di $35,8' \times 26,9'$, utile per delle riprese abbastanza profonde.

Anche all'Osservatorio di San Giovanni Persiceto (BO), fervono i preparativi (Fig. 13). Luppi e Forni stanno eseguendo delle riprese sia con digicam Canon 350D sia con CCD al fuoco di un rifrattore di 80 m e $f/8,7$ (autoguida CCD HySys 33 su rifrattore di 150 mm, $f/15$).

A qualche decina di chilometri di distanza, in provincia di Reggio Emilia, l'Osservatorio di Castenuovo di Sotto sta invece mettendo a punto un nuovo telescopio robotizzato che potrà essere utilizzato anche per la ricerca di esopianeti.

Lo strumento di Castelnuovo è un C11 con montatura Losmandy (Figg. 14 e 15), gestito in remoto e alloggiato in una cupola di due metri, realizzata con quattro spicchi in vetroresina che si aprono totalmente, lasciando libero tutto il cielo a partire da 20° di altezza.



In alto (Fig. 11). Un primo piano del telescopio approntato dal Team di Libbiano. Sullo sfondo l'Osservatorio astronomico.



In alto (Fig. 12). Il Team di Monte d'Aria mentre esegue delle riprese celesti con l'astrografo per valutarne le prestazioni nella ricerca di esopianeti. Da sinistra: Angelo Angeletti, Fabiano e Francesco Barabucci, Gianclaudio Ciampechini. Sullo sfondo la cupola dell'Osservatorio.

A destra (Fig. 13). Da sinistra Valentino Luppi e Gilberto Forni, all'Osservatorio di S. Giovanni in Persiceto, eseguono delle riprese digitali con il piccolo apocromatico di corta focale.





In alto. A sinistra (Fig. 14). Il C11 di Castelnuovo (RE) è stato automatizzato dal Team che gestisce l'Osservatorio, composto da Alessio Perini, Gianni e Pieraldo Pantaleoni, Andrea Zamboni, Angelo Biolcati, Roberto Barilli, Giuseppe Pani, Silvano Pagliarini e Alessandro Guatteri, quest'ultimo visibile nella foto a destra all'interno della cupola dell'Osservatorio (Fig. 15).

Conclusioni

Le attività del Planetary Research Team connesse al progetto per la ricerca di esopianeti avranno inizio a partire dalla primavera prossima. Nei pochi mesi che mancano, gli obiettivi sono duplici: mettere a punto le procedure di ripresa delle immagini (facendo tesoro delle esperienze maturate nel corso degli ultimi mesi) e completare il software per l'elaborazione fotometrica (vedi scheda n. 1 a pag. 35).

Alla fine di marzo daremo comunicazione delle coordinate dei campi stellari sui quali si eseguiranno le riprese digitali.

A tutti coloro che volessero aderire al progetto, do un consiglio: è importante fare esperienza riprendendo le curve di luce di pianeti extrasolari già noti (vedi scheda n. 2).

Per informazioni: planetary.team@gmail.com ★

Rodolfo Calanca si è occupato della progettazione e costruzione di strumentazione astronomica. Nel 1993 ha curato la costruzione di una delle prime camere CCD italiane per astronomia. Ha anche svolto attività divulgative e didattiche, nonché programmi di ricerca di asteroidi, con la scoperta di alcune decine di questi piccoli corpi celesti.



2 TRANSITI OSSERVABILI NEL PRIMO TRIMESTRE 2008

Nella tabella a fianco riportiamo l'elenco di transiti dei pianeti extrasolari **GJ 436b** e **XO-2b**, gli unici osservabili con mezzi amatoriali nel primo trimestre 2008. A tutti coloro che vogliono intraprendere l'attività di fotometria in alta precisione dei transiti, consiglio vivamente di osservarne alcuni presi da questa lista.

La loro osservazione costituisce un esercizio utilissimo, perché prepara al meglio alla caccia di nuovi pianeti extrasolari. Le procedure di ripresa e i campi di riferimento, con le stelle di confronto, si trovano nelle circolari del Planetary Research Team, dalla n. 13 alla 19 pubblicate in www.coelum.com nella sezione dedicata.

GJ 436b, scoperto nel 2004, è un pianeta di composizione incerta, con una massa simile a quella di Nettuno. Possiede un'orbita piuttosto eccentrica con una distanza media che è appena 14 volte il raggio della sua stella, di tipo spettrale M. La sua massima variazione di luminosità è di appena **7/1000 di magnitudine!** I suoi transiti sono molto difficili e mettono

Pianeta Extrasolare	Inizio transito			Fine transito		
	Data	TU	h	Data	TU	h
GJ 436b	02/01/08	23:06	29°	03/01/08	00:35	45°
XO-2b	03/01/08	22:33	73°	04/01/08	01:18	76°
XO-2b	24/01/08	20:47	69°	24/01/08	23:33	79°
GJ 436b	01/02/08	01:04	69°	01/02/08	02:35	73°
XO-2b	06/02/08	22:41	79°	07/02/08	01:27	53°
GJ 436b	08/02/08	23:25	48°	09/02/08	00:57	72°
XO-2b	14/02/08	19:01	65°	14/02/08	21:47	81°
GJ 436b	24/02/08	20:07	34°	24/02/08	21:41	51°
XO-2b	27/02/08	20:55	81°	27/02/08	23:41	65°
GJ 436b	09/03/08	01:22	65°	09/03/08	02:57	48°
XO-2b	11/03/08	22:49	57°	12/03/08	01:35	32°
GJ 436b	16/03/08	23:43	72°	17/03/08	01:19	60°
GJ 436b	24/03/08	22:04	72°	24/03/08	23:41	70°

NOTA: h indica l'altezza sull'orizzonte della stella per una località a 43° di Lat. Nord e 13° Long Est. In rosso il transito di **XO-2b**, che sarà osservato pubblicamente da numerosi Osservatori Astronomici Italiani (vedi la sezione "Extrasolari LIVE" nel sito www.coelum.com).

duramente alla prova l'abilità degli astroimager!

XO-2b è un pianeta scoperto nel 2007 da un gruppo internazionale di ricercatori, tra i quali due bravissimi italiani, Franco Mallia e Gianluca Masi.

Questo pianeta è appena un po' più piccolo di Giove, percorre la sua orbita in 8 giorni e 15 ore ad una distanza di 5,5 milioni di chilometri dalla sua stella, la quale dista da noi 500 anni luce, è di colore arancione ed ha le dimensioni del nostro Sole. ★