

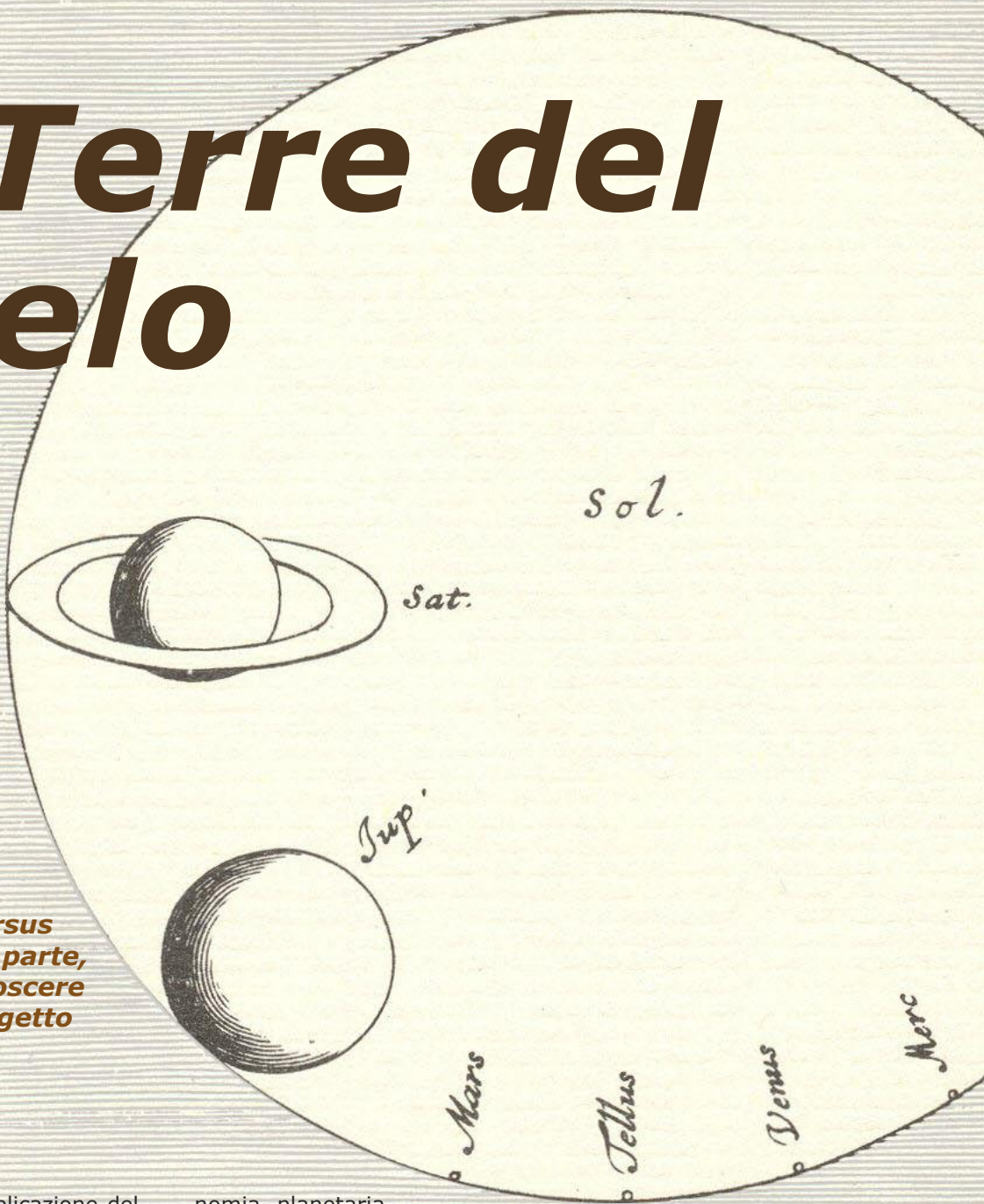
# Le Terre del Cielo

## SECONDA PARTE

30

di Rodolfo Calanca

**Dopo il breve excursus storico della prima parte, andiamo ora a conoscere gli obiettivi del progetto Le Terre del Cielo.**



**D**ieci anni dopo la pubblicazione dell'opera di Fontenelle *Entretiens sur la pluralité des mondes*, il grande scienziato Christian Huygens, ormai settantenne, scrive il *Cosmotheoros*, che esce postumo nel 1698, a cura del fratello. Huygens, da un lato, si occupa di astro-

nomia planetaria e di proto-astrobiologia quando parla delle condizioni in cui si trovano gli abitanti dei pianeti sulla superficie dei rispettivi mondi. D'altro lato, egli cerca di dimostrare che gli abitanti degli altri pianeti sono simili a noi, sia dal

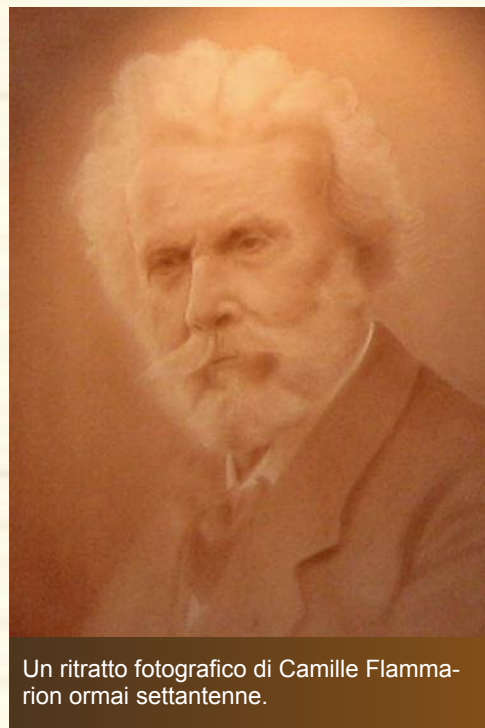
punto di vista fisico sia da quello intellettuale e morale. Anche le sue opinioni sulle stelle sono molto avanzate: "...esse sono disseminate per i vasti spazi del cielo e la stessa distanza che intercorre fra la Terra o il Sole e le stelle più vicine intercorre anche fra queste e le successive, e da queste ad altre ancora, in una progressione continua".

In sostanza, Huygens è "bruniano" quando parla di una identità di natura fra il Sole e le stelle: "Non si deve esitare ad ammettere, con i principali filosofi del nostro tempo, che il Sole e le stelle hanno una stessa natura. Ne risulta un'immagine dell'universo più grandiosa di quella fin qui tramandata. Chi ci impedisce di pensare che ciascuna di queste stelle o Soli abbia dei pianeti attorno a sé, a loro volta provvisti di lune?".

Una delle più belle pagine del *Cosmotheoros* è certamente quella che contiene queste considerazioni: "Conviene che ci consideriamo come posti al di fuori della Terra e capaci di guardarla da lontano. Possiamo allora chiederci se è vero che la natura ha conferito ad essa sola tutti i suoi ornamenti. In quel modo potremo capire meglio cosa è la Terra e come dobbiamo considerarla".

Nel Settecento si approfondiscono diversi aspetti filosofico-religiosi a proposito di pianeti, abitati o meno, che orbitano intorno ad altre stelle; a farlo sono filosofi e pensatori del calibro di Gottfried Wilhelm von Leibniz, Johann Bernoulli, Thomas Burnet e l'autore della *Cosmologia Sacra*, Nehemiah Grew, nonché lo stesso Isaac Newton, la cui visione "deistica" è molto lontana dalla concezione "epicurea" e bruniana" di Huygens, Borel, Wilkins, Cyrano e Fontenelle.

Anche Voltaire, in *Micromega*, racconto dissacrante e splendidamente ironico, si scaglia contro l'antropocentrismo in una descrizione dei giganteschi abitanti di Sirio e di Saturno che incontrano i minuscoli terrestri (li possono vedere solamente con una lente di ingrandimento...), rimanendo sconvolti dai loro gravi problemi morali, dalla loro mal-



Un ritratto fotografico di Camille Flammarion ormai settantenne.

31

vagità, pazzia, egoismo, cupidigia.

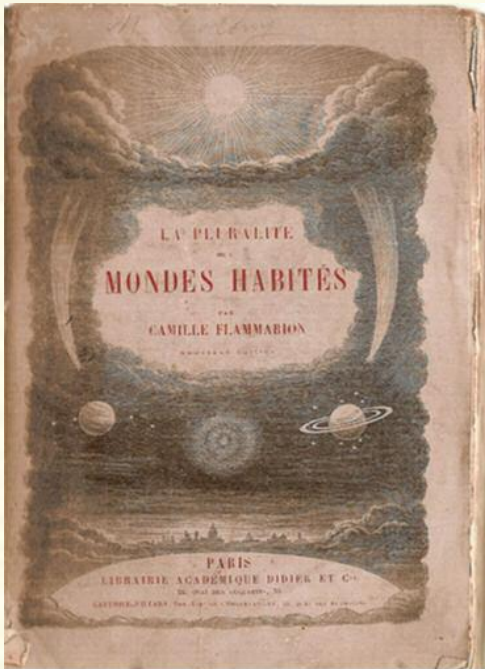
Tra gli altri autori, soprattutto francesi e tedeschi, che nel secolo dei Lumi hanno scritto della pluralità dei mondi, citiamo il conte di Buffon nelle sue *Epoques de la Nature*, Charles Bonnet negli *Essai analytique*, il grande filosofo Immanuel Kant nella sua *Storia naturale e universale e teoria dei Cieli*.

Nell'Ottocento a sostenere e a divulgare la pluralità dei mondi troviamo un grande volgarizzatore, Camille Flammarion, autore di opere famosissime come le *Terre del Cielo* e *La Pluralità dei mondi abitati*.

### Pluralità dei mondi e ricerca di pianeti extrasolari negli ultimi cento anni

È solamente agli inizi del Ventesimo secolo che i progressi nella progettazione e realizzazione degli strumenti astronomici consentono un nuovo approccio osservativo e scientifico al problema della ricerca di pianeti intorno a stelle lontane.

Nel *Cosmotheoros* Huygens raffigura, per la prima volta dopo l'invenzione del cannocchiale, le dimensioni relative dei pianeti del sistema solare.



Il frontespizio di una delle opere di divulgazione astronomica più famose di Camille Flammarion, la *Pluralité des mondes habités*.

Con il metodo delle microlenti sono stati scoperti 9 sistemi planetari costituiti da 10 pianeti (un sistema è multiplo). Con il metodo diretto delle immagini sono stati rivelati 9 sistemi planetari costituiti da 11 pianeti; infine con il metodo del *timing* sono stati rilevati 6 sistemi planetari costituiti da 9 pianeti (due sistemi sono multipli).

### Il transito di un pianeta extrasolare

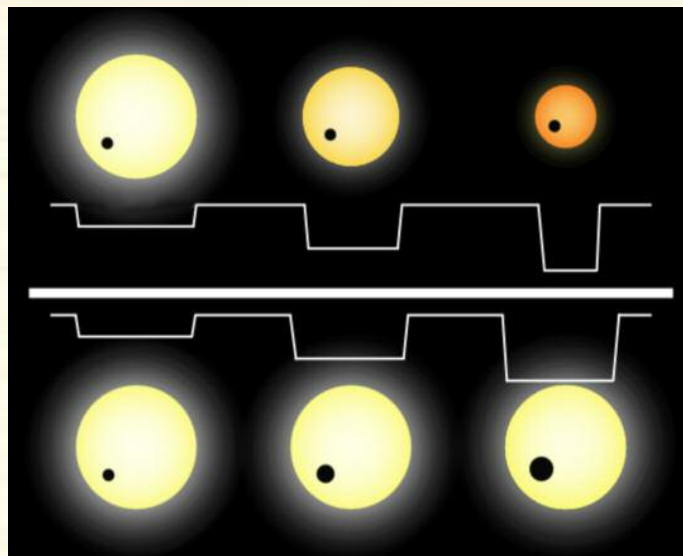
Il transito di un pianeta avviene solamente se il suo piano orbitale è visto di taglio da un osservatore terrestre. Ciò rende possibile un passaggio prospettico del pianeta sul disco della stella, capace di produrre una temporanea eclisse parziale che riduce, di una piccolissima quantità, la luminosità stellare. Si tratta quindi di un fenomeno abbastanza raro che fornisce però, importanti informazioni, in particolare, il raggio del pianeta (la profondità del transito è infatti condizionata dal rapporto tra i quadrati dei raggi del pianeta e della stella). La com-

32

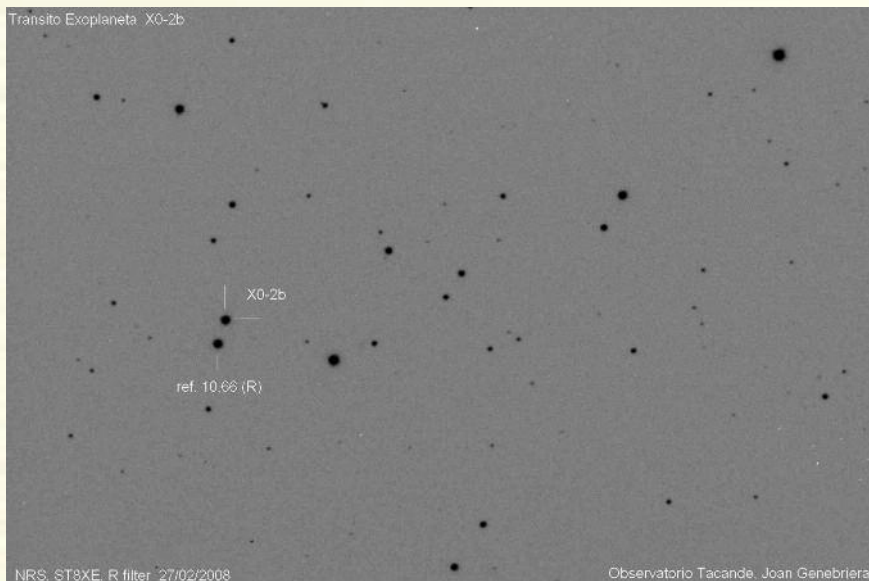
Le tecniche utilizzate negli anni Trenta per determinare le velocità radiali delle stelle e la loro accurata posizione astrometrica hanno aperto la via all'utilizzo dell'alta risoluzione angolare in interferometria e coronografia (torneremo sull'argomento negli ultimi paragrafi).

Nel 1992 furono annunciate le scoperte di pianeti intorno alle pulsar PSR 1257+12 e PSR 1829-10, ma è solamente nel 1995 che Michel Mayor e Didier Queloz scoprono il primo vero pianeta extrasolare intorno alla stella, di tipo solare, 51 Pegasi.

Alla data del 18 dicembre 2009, sono noti 415 pianeti extrasolari. Con il metodo delle velocità radiali ne sono stati scoperti 385, che fanno parte di 326 sistemi planetari (i sistemi con pianeti multipli sono 40); i pianeti che transitano sul disco della propria stella sono già 64.



La profondità di caduta della curva di luce e la durata complessiva di un transito dipendono dalle dimensioni della stella e del pianeta.



Il campo di XO-2b in una immagine ottenuta il 27 febbraio 2008 da Joan Genebriera al Tacande Observatory (nell'isola di La Palma, Canarie, a poca distanza dal Telescopio Nazionale Galileo), nel corso del progetto Extrasolari Live! con il telescopio Cassegrain-Relay di 40 cm, f/6.5, e CCD ST8XE.

binazione tra il raggio del pianeta e il semiasse della sua orbita determinano, durante il transito, la diminuzione luminosa, la sua durata e la forma della curva di luce. La diminuzione di luminosità è proporzionale alla superficie del pianeta ed è dell'ordine dell'1% per un pianeta gigante delle dimensioni di Giove e dello 0,01% per un pianeta della taglia della Terra.

Il sistema di ripresa, costituito dal telescopio e dal rivelatore (CCD o CMOS), necessario per poter apprezzare variazioni così ridotte di luminosità, dovrà avere una precisione fotometrica migliore dell'ampiezza della caduta del flusso stellare durante il transito. Così, dalla superficie terrestre si potranno registrare solamente i transiti dei pianeti giganti; per i pianeti delle dimensioni della Terra è invece necessario affrancarsi dagli effetti fotometrici dell'atmosfera e portare il telescopio in orbita.

Occorre infine considerare che la probabilità di registrare un transito è direttamente connessa al rapporto tra il raggio della stella e il semiasse maggiore dell'orbita del pianeta. Avremo una maggior probabilità di osservare transiti di pianeti vicini alla loro stella piuttosto che quelli più lontani.

### Il progetto internazionale Terre del Cielo: l'osservazione simultanea del transito del pianeta extrasolare XO-3b il 13 febbraio prossimo

Nel febbraio-marzo 2008 l'EAN, che a quel tempo operava con il nome di Planetary Research Team, diede vita ad un importante progetto collettivo, EXTRASOLARI LIVE!, condotta a livello europeo, per l'osservazione simultanea del transito del pianeta XO-2b. Questo progetto ebbe grande successo, con una ventina di Osservatori impegnati direttamente nelle riprese.

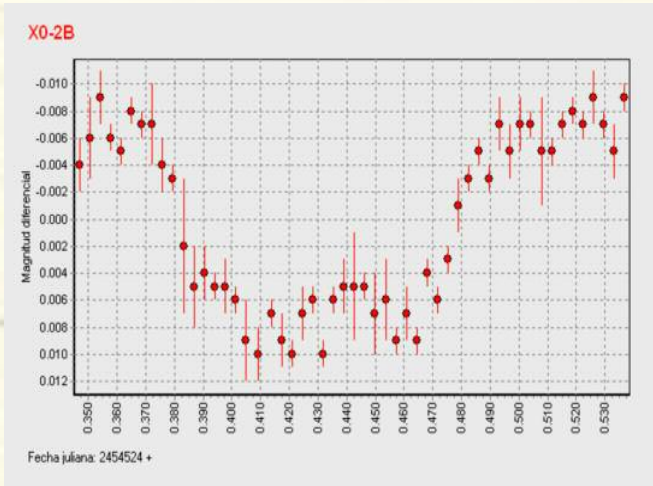
Ricordiamo l'Osservatorio Astronomico INAF di Collurania, che partecipò alle dirette web con il suo direttore, il prof. Oscar Straniero, e l'astronomo Mauro Dolci.

Anche l'Osservatorio INAF di Palermo diede un contributo fondamentale alla buona riuscita del progetto, mettendo on line in più occasioni le curve di luce dei

33



Curva di luce del transito di XO-2b ripresa l'11 marzo 2008 da Valentino Luppi e Gilberto Forni al telescopio di 40 cm dell'Osservatorio Comunale di San Giovanni Persiceto, con fotocamera digitale EOS 350d (a 400 ISO). Per costruire la curva di luce furono eseguite 100 immagini con pose di 90 secondi intervallate da una sosta di 90 secondi. Elaborazione e fotometria eseguita con il software IRIS.



La bella curva di luce di XO-2b durante il transito del 27 febbraio 2008, ottenuta da Joan Genebriera al Tacande Observatory. Per ottenere la curva Joan ha eseguito 106 immagini di 2,5 minuti di esposizione con un filtro fotometrico R.

Physics of Academy of Sciences (Polonia). Molte altre adesioni sono attese nel corso del prossimo mese di gennaio. Questa volta il progetto si chiamerà "Terre del Cielo - Worlds of the Sky", riprendendo così il titolo di una delle opere più fortunate di Camille Flammarion, già citata in questo articolo.

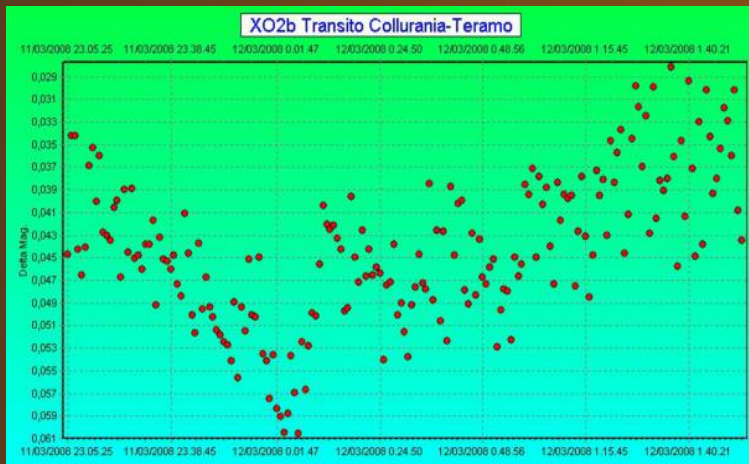
34

transiti osservati. Le migliaia di contatti al sito web testimoniarono l'inequivocabile interesse destato dal progetto che ora riproponiamo, in collaborazione con gli astronomi degli Osservatori Astronomici INAF di Brera e Palermo. Alla data in cui scriviamo, quando ancora il progetto è in piena fase di lancio, si contano già delle adesioni da altri Paesi, come quella del dr. Lech Mankiewicz, direttore del prestigioso Center for Theoretical

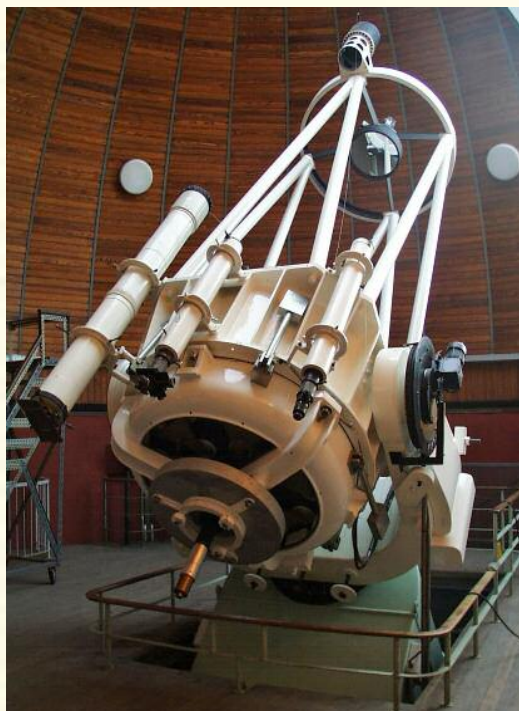
Il transito scelto è quello del 13 febbraio di XO-3b, che sarà preceduto, il 9 e il 15 gennaio dall'osservazione, rispettivamente, dello stesso XO-3b e di XO-2b (si veda la tabella a pag. 36), necessarie per un corretto setup dei telescopi e dei sistemi di ripresa.

L'Osservatorio di Brera utilizzerà il telescopio di 134 cm della stazione osservativa di Merate, e gli astronomi che si occuperanno della diretta web (in italiano,

Curva di luce del transito di XO-2b dell'11 marzo 2008 ottenuta con lo storico telescopio rifrattore Cooke, di 40 cm di diametro, fatto installare all'Osservatorio di Collurania, a Teramo, da Vincenzo Cerulli nel 1895. Il risultato dimostra che anche il Cerulli (1859-1927), già fondatore dell'Osservatorio e Presidente della



Società Astronomica Italiana, astronomo di fama mondiale, avrebbe potuto osservare il fenomeno con il suo telescopio, sempre che avesse avuto una moderna camera digitale o un fotometro fotoelettrico, come quelli costruiti e sperimentati a Collurania a partire dal 1929 dal suo successore alla guida dell'Osservatorio, Mentore Maggini.



Il telescopio Ruths di 134 cm dell'Osservatorio INAF di Brera, stazione osservativa di Merate, è uno dei telescopi che saranno utilizzati (condizioni meteo permettendo!) per il progetto Terre del Cielo: l'osservazione del transito di XO-3b del 13 febbraio prossimo.

inglese e cinese sul sito [www.crabnebula.it](http://www.crabnebula.it)) saranno: Stefano Covino, Stefano Sandrelli, Paolo D'Avanzo, Jirong Mao e Christina Thoenne. L'Osservatorio INAF di Palermo manderà in diretta web la curva di luce del transito.

Gli astronomi di Merate hanno anche realizzato un video promozionale scaricabile da [www.youtube.com/watch?v=wsbW5TRo9g0](http://www.youtube.com/watch?v=wsbW5TRo9g0).

Il progetto riveste una notevole importanza scientifica, oltre che culturale.

La raccolta di numerose curve di luce simultanee, infatti, apre la possibilità di analizzare questi dati globalmente al fine di ottenere un'unica curva di transito con precisione nettamente maggiore delle singole.

L'Osservatorio di Brera si propone di collezionare i dati acquisiti presso i vari siti osservativi il prossimo 13 febbraio e di procedere ad una loro analisi rigorosa: si tratta di una bellissima occasione per dare una finalità scientifica all' encomiabile lavoro di tutti coloro che avranno contribuito alle osservazioni.

Gli astronomi degli Osservatori INAF di Brera e Palermo saranno quindi grati a tutti gli amatori italiani ed europei che nella notte del 13 febbraio prossimo eseguiranno l'osservazione del transito e che vorranno mettere i loro dati a disposizione di questa bella e utile iniziativa.

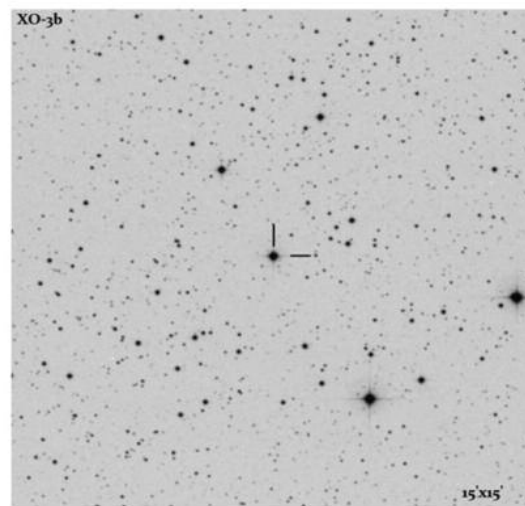
### Sintesi dei metodi per la ricerca dei pianeti extrasolari

Quello dei transiti non è l'unico metodo utilizzato per ricercare pianeti extrasolari. A beneficio dei lettori riassumiamo pertanto gli altri metodi, distinguendoli in *diretti* e *indiretti*.

I metodi diretti sono quelli che consentono di osservare direttamente il pianeta, per mezzo della fotometria o della spettroscopia ad alta risoluzione. Si tratta di sistemi assai complessi, accessibili solamente ai professionisti che dispongono di cospicui finanziamenti e di sofisticatissimi strumenti, e fortemente condizionati dalla debolezza luminosa del pianeta rispetto alla stella (talora anche di un miliardo di volte!). Per l'osservazione diretta si utilizzano dispositivi di *ottica adattiva* che correggono gli effetti di degrado introdotti dall'atmosfera terrestre, spesso uniti a dei coronografi.

#### XO-3 b (Cam)

RA (J2000): **04 21 52.71**, DE (J2000): **+57 49 01.89**,  
V = **9.86 mag**, dV = **0.005 mag**, duration = **173 minutes**



XO-3b è un pianeta extrasolare gigante scoperto nel 2007. Ha una massa 11,8 volte quella di Giove e orbita attorno alla sua stella in circa 3,2 giorni. Un transito dura circa 170 minuti, la magnitudine V è 10 circa (<http://en.wikipedia.org/wiki/XO-3b>).

Nella coronografia stellare si occultata la stella per far emergere il pianeta, per mezzo di un dispositivo concettualmente simile a quello introdotto da B. Lyot per osservare la corona solare. Infine, si utilizzano delle tecniche interferometriche, con le quali si fanno interferire fra loro i fasci di luce raccolti da due o più telescopi, la cui reciproca distanza costituisce il diametro efficace del sistema e il suo potere risolutivo effettivo. Un

alto potere risolutivo è necessario per poter osservare un pianeta angolarmente vicinissimo alla sua stella.

I metodi indiretti, invece, non mostrano il pianeta ma consentono di misurare gli effetti indotti dalla sua presenza. Ne descriviamo alcuni, tralasciando quello dei transiti, che già conosciamo.

Il *metodo delle velocità radiali* richiede l'utilizzo di spettrografi sofisticatissimi. È proprio quello utilizzato da M. Mayor e D. Queloz per scoprire il primo pianeta extrasolare, 51 Pegasi.

Il rilevamento delle velocità radiali consiste nell'utilizzare l'effetto Doppler-Fizeau. Se la velocità radiale misurata di una stella mostra delle variazioni periodiche, ci sono delle buone probabilità che

esse siano prodotte da un pianeta. Il metodo si presta bene per rilevare pianeti massicci assai vicini alla loro stella (che per tali caratteristiche sono chia-

#### I transiti di febbraio del progetto Terre del Cielo

Data	Inizio	Centro	Fine	Illum. Luna	Elong. Luna	Oggetto
13.02.2010	19:22 (71°,NW)	20:48 (60°,NW)	22:15 (49°,NW)	0%	105°	XO-3b
18.02.2010	20:27 (81°,NE)	21:48 (80°,NW)	23:09 (68°,NW)	20%	85°	XO-2b

**Nota:** sono dati i tempi di inizio, metà e fine dei transiti in tempo universale (UT); tra parentesi i corrispondenti valori di altezza sull'orizzonte e l'azimut per una località di long. 13° est e latitudine 43° nord. Con *illuminazione Luna* si intende la frazione percentuale illuminata del disco del satellite; con *elongazione Luna* la distanza angolare tra la stella e il nostro satellite nelle tre fasi salienti del transito.

mati *Gioviani caldi*), poiché in questo caso, il moto indotto sulla stella è massimo.

Il *metodo delle microlenti* si basa invece sul fenomeno della curvatura della traiettoria della luce prodotta dal campo gravitazionale di un corpo celeste (lente gravitazionale) interposto tra la sorgente e l'osservatore. Ciò che si osserva è lo sdoppiamento dell'immagine della sorgente, la quale, se è in movimento e passa dietro la lente gravitazionale, cambierà la sua luminosità, seguendo una curva di luce prevedibile teoricamente. Tale curva sarà alterata dalla presenza di un pianeta attorno alla sua stella.

Accenniamo anche al *metodo astrometrico* che sfrutta la misura delle perturbazioni angolari sulla traiettoria di una stella, una tecnica delicatissima e di difficile applicazione anche con i più moderni sistemi d'osservazione a causa degli spostamenti estremamente piccoli nella posizione delle stelle.

Infine, il *metodo del timing* che

L'astronomo Stefano Covino, dell'Osservatorio INAF di Brera, è uno dei conduttori della diretta web del 13 febbraio.

36





Gli altri astronomi dell'Osservatorio di Brera che parteciperanno alla diretta web del 13 febbraio prossimo: da sinistra, Paolo D'Avanzo, Jirong Mao e Christina Thoene.

si applica alle pulsar. Come noto, questi oggetti peculiari emettono fasci collimati di onde radio nella direzione parallela all'asse di dipolo magnetico; quando le si osserva dalla Terra,

tale asse non coincide con l'asse di rotazione e punta nella direzione dell'osservatore producendo una sorta di effetto faro. La presenza di un pianeta attorno ad una Pulsar si traduce in una variazione dei tempi di arrivo degli impulsi emessi. Il movimento attorno al centro di massa della stella fa sì che i segnali presentino un piccolo ritardo nell'arrivo se la Pulsar si allontana dall'osservatore e un anticipo se la pulsar si avvicina.

### La strumentazione e le procedure per rilevare i transiti di pianeti extrasolari

Nel nostro progetto, la magnitudine delle stelle con pianeti in transito è compresa fra la 8 e la 12 circa, non è pertanto necessario disporre di grandi telescopi per poter rilevare e studiare la curva di luce del pianeta in transito. Ecco di seguito alcune utili indicazioni per la scelta e per l'uso della propria strumentazione (per qualunque ulteriore approfondimento rimandiamo il lettore ai contenuti del sito [www.crabnebula.it](http://www.crabnebula.it)).

È necessario impiegare telescopi di buona qualità ottica e meccanica, con focali non troppo lunghe, non superiori ai 2 metri, per avere la certezza di trovare nel campo di vista del sensore le stelle di confronto utili per la fotometria differenziale. Dove necessario, consigliamo di inserire un riduttore di focale di buona qualità e bassa vignettatura.

È opportuno che il telescopio sia in montatura equatoriale e in postazione fissa. Lo stazionamento polare deve essere accuratissimo, per evitare che le immagini siano affette dalla rotazione del campo,

un fenomeno che introduce un elevato errore fotometrico, prodotto dal fatto che i pixel del "flat master", col passare delle ore, non sono più perfettamente sovrapponibili a quelli delle immagini da misurare. Si sconsiglia l'impiego di montature altazimutali amatoriali, anche se provviste di derotatore, a causa della loro scarsa precisione.

Il moto orario deve essere perfetto; i dischi stellari non devono essere "mossi", pena una consistente perdita di precisione nelle misure fotometriche.

È consigliato l'uso dei dispositivi di autoguida. Se non si dispone di questo utilissimo accessorio, è fondamentale limitare il tempo di esposizione all'intervallo entro il quale il moto orario garantisce un accurato inseguimento stellare, che non deve essere comunque inferiore ai 60 secondi.

Un CCD con buone prestazioni fotometriche deve avere un ridotto "readout noise" (l'errore che si introduce durante la lettura di un fotoelemento della matrice), possibilmente non superiore ai 10 elettroni.

È senz'altro consigliabile l'uso di digicam commerciali, della classe delle Canon EOS, che vanno impiegate impostando un valore ISO non superiore a 400, per evitare di aggiungere del "rumore" supplementare all'immagine.

Ora non resta che attendere i prossimi transiti!

**Rodolfo Calanca** si occupa da anni di comunicazione scientifica e divulgazione astronomica. Ha scritto decine di articoli per numerose testate ed è autore di un libro sui transiti di Venere. Tra i suoi principali interessi, la storia dell'astronomia (in particolare il periodo fra il XVI e il XVIII secolo) e il coordinamento, in ambito nazionale, di progetti di ricerca scientifica rivolti agli astrofili. È stato il primo in Italia a proporre con successo, nel 2007, l'osservazione dei transiti di pianeti extrasolari con strumentazione amatoriale. Dirige il portale di informazione astronomica EANweb.