



107

WASP-33: una stella pulsante con un pianeta

Rappresentazione artistica di un pianeta gigante bollente che orbita in prossimità della sua stella ospite. [ESA/C.Carreau]

Dalla scoperta del primo pianeta extrasolare nel 1995, i grandi progressi negli strumenti e nelle tecniche hanno continuamente aumentato il numero di pianeti conosciuti e ci hanno dato la possibilità di studiare le loro proprietà. Mentre cerchiamo mondi abitabili simili alla Terra, alcuni sistemi esotici, come WASP-33, stanno ancora rivelando nuovi misteri e ci forniscono indizi su come i pianeti interagiscono con le stelle che li ospitano.

108

Alla fine del febbraio 2011, l'elenco degli esopianeti conosciuti con certezza conteneva 529 oggetti. Molti di essi sono Hot Jupiters (Giovi bollenti), pianeti giganti che orbitano molto vicino alle stelle che li ospitano. Di conseguenza, a causa delle altissime temperature superficiali, essi sono totalmente inadatti alla vita come noi la conosciamo. Oggigiorno, la maggior parte dei progetti scientifici e delle missioni spaziali inerenti alla ricerca degli esopianeti è focalizzata verso due obiettivi principali: la ricerca di esopianeti abitabili e la caratterizzazione delle atmosfere di esopianeti noti.

D'altra parte, la ricerca di esopianeti, soprattutto quella basata sul metodo del transito (si veda a pag. 108), ha diversi legami con una delle branche dell'astrofisica stellare attualmente in pieno sviluppo: l'astrosismologia. Gli astrosismologi studiano la struttura interna delle stelle pulsanti, interpretando gli spettri di frequenza delle loro oscillazioni superficiali.

Ad esempio, la stella variabile δ -Scuti solitamente mostra sia pulsazioni radiali sia

La stella WASP-33 è collocata nella parte orientale della costellazione di Andromeda. La sua temperatura superficiale, superiore a quella del Sole, la fa apparire blu in fotografia. Il campo è ricco di stelle, ed è quindi facile trovare stelle di confronto per studiare le variazioni di luminosità di WASP-33 attraverso il differenziale fotometrico.



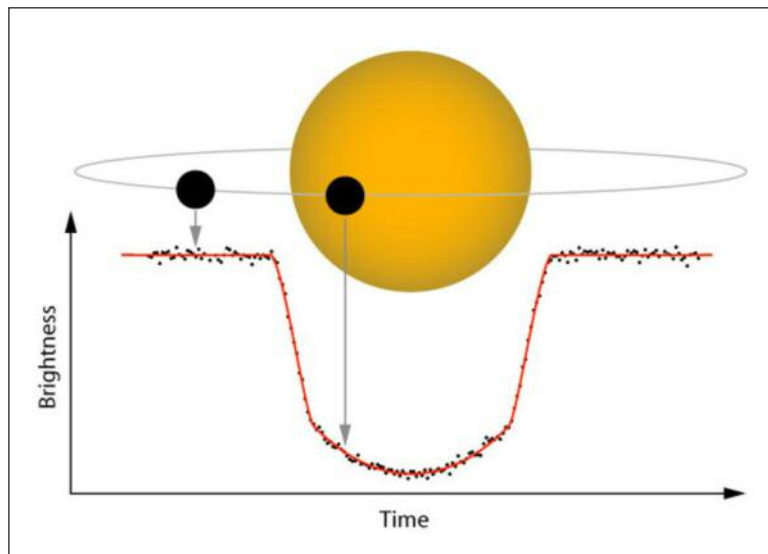
pulsazioni non radiali, con periodi che possono variare da qualche ora a diversi giorni, e dunque possono evidenziare piccole variazioni fotometriche, spesso vicine ai limiti di risoluzione dei nostri telescopi. Pertanto, sia le ricerche sui transiti di esopianeti sia lo studio di stelle pulsanti necessitano di osservazioni di alta precisione, e questo è il motivo per cui alcune missioni spaziali (come Kepler e COROT) includono entrambi i settori di ricerca fra i loro obiettivi scientifici. Sorprendentemente, conosciamo ancora pochissime stelle che ospitano esopianeti e che mostrano anche qualche tipo di pulsazione (sebbene le ultime scoperte abbiano aggiunto μ -Arae e HAT-P-7).

Di recente, il nostro gruppo di ricerca (J. C. Morales, I. Ribas and E. Herrero) dell'Institute of Space Sciences (CSIC-IEEC), Barcelona Autonomous University, assieme all'astrofilo Ramon Naves, ha scoperto la prima stella pulsante di tipo δ -Scuti con un pianeta: WASP-33. Sebbene WASP-33 sia stato scoperto nel 2006 utilizzando il metodo del transito, le misurazioni fotometriche ad alta precisione ottenute da noi hanno rivelato nella stella oscillazioni di piccola ampiezza, rendendo WASP-33 uno dei sistemi planetari più interessanti fra quelli ad oggi noti.

Esopianeti e astrofili

Negli anni recenti, le camere CCD per astronomia sono diventate sempre più alla portata degli astrofili. La strumentazione utilizzata con crescente raffinatezza e la quantità di informazione condivisa su Internet hanno permesso a numerosi astrofili di utilizzare avanzate tecniche osservative e quindi di fare ricerca con i loro stessi telescopi. Uno dei settori in cui se ne è dimostrata l'importanza è quello dell'osservazione fotometrica dei transiti di eso-

Quando un pianeta transita di fronte alla sua stella, noi possiamo misurare un calo nella luminosità apparente, attraverso la tecnica della "fotometria differenziale", comparando la magnitudine della stella con quella di altre stelle dello stesso campo. Tipicamente, per un pianeta di tipo gioviano attorno a una stella come il Sole, il calo del flusso luminoso è di circa l'1-2% ed è misurabile con strumenti amatoriali. L'esempio dell'immagine si riferisce a un transito dell'esopianeta WASP-10 b. [UH/J.Johnson]



pianeti. Oggigiorno, all'Exoplanet Transit Database (ETD, <http://var2.astro.cz/ETD>), curato dalla Czech Astronomical

Society, possiamo trovare oltre 2000 osservazioni di transiti, la maggior parte delle quali sottoposte da astrofili. Strumenti come l'EDT permettono sia ai professionisti sia ai dilettanti di condividere dati, e conseguentemente possono portare a importanti progetti di collaborazione, come quello che ha condotto alla scoperta delle pulsazioni di WASP-33 qui descritto.

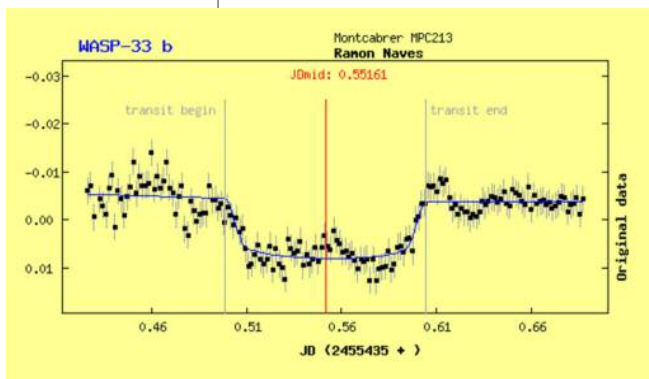
Il grafico in basso mostra una serie di dati fotometrici ottenuti da R. Naves al Montcabrer Observatory (20 km da Barcellona) durante un transito di WASP-33 nella notte del 26 agosto 2010. Il transito è chiaramente visibile, così come le pulsazioni, ma prima di spiegare la fisica di questo sistema planetario dovremmo parlare dei fattori chiave che hanno permesso a un astrofilo di otte-

nere dati fotometrici di qualità molto elevata con la sua strumentazione: un telescopio di 30 cm di diametro e una camera CCD SBIG ST8-XME CCD.

È superfluo dire che un fattore essenziale al successo è l'esperienza nell'uso della strumentazione stessa, ma ci sono anche alcuni passi metodologici che sono fondamentali nell'ottenimento di buoni dati fotometrici durante i transiti di esopianeti. Ad esempio, è necessaria una pianificazione delle osservazioni molto chiara, e dovremmo anche tenere a mente che è necessario acquisire immagini sia prima che dopo il transito, per ottenere una curva completa che possa essere analizzata. Un set di strumenti all'interno del sito web dell'ETD può inoltre essere utilizzato per calcolare quali transiti saranno osservabili in una

determinata notte.

Altro ingrediente essenziale per un lavoro di fotometria ad alta precisione è una corretta calibrazione delle immagini, con dark, flat e bias frame. Altrimenti il rumore risultante dagli effetti termici dell'elettronica del CCD, o gli effetti della differente sensibilità di parti diverse del sensore potrebbero risultare più elevati del segnale del tran-



Fotometria del transito di WASP-33 del 26 agosto 2010, ottenuta da R. Naves al Montcabrer Observatory con un telescopio Meade 12" LX200 e un CCD SBIG ST8-XME. Questi dati ci hanno allertato sulla possibile variazione luminosa della stella.

sito che vogliamo rilevare, e quindi impedire qualunque analisi significativa dei dati. In certi casi, quando la stella investigata è molto brillante (tipicamente più luminosa della magnitudine 10, ma dipende anche dalla strumentazione), è necessario sfocare l'immagine per sparpagliare la luce su un maggior numero di pixel e aumentare il tempo di esposizione delle immagini, senza

verso la nostra stessa esperienza) e confidando in buone condizioni atmosferiche è possibile raggiungere una precisione fotometrica pari a 2 o 3 millesimi di magnitudine con un piccolo telescopio e un CCD economico. Ciò consente lo studio di una buona frazione dei pianeti transitanti attualmente conosciuti. Essenzialmente, sono questi gli elementi chiave che ci hanno per-



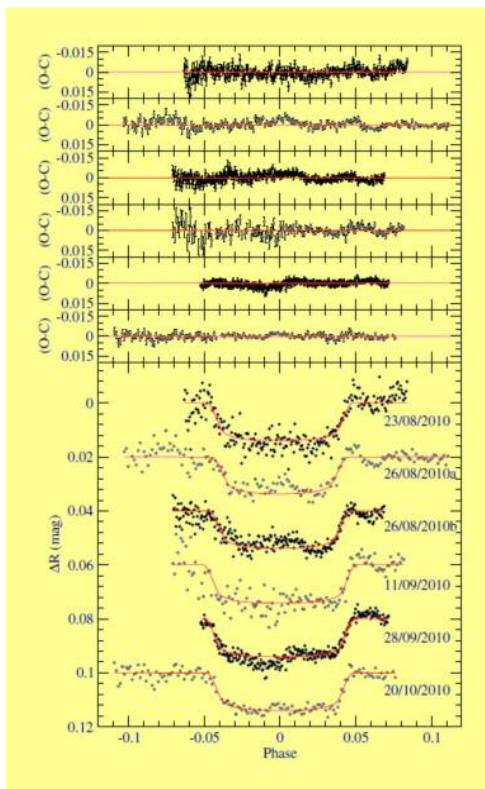
L'autore ripreso vicino al telescopio Joan Oró del Montsec Astronomical Observatory.

messo di scoprire le pulsazioni nel sistema di WASP-33, dal momento che il periodo e l'ampiezza delle osservazioni, che caratterizzano una variabile del tipo δ -Scuti, non erano state rilevate in misurazioni precedenti.

Un interessante sistema stella-pianeta

WASP-33, nota anche come HD15082, è una stella di sequenza principale classificata di tipo spettrale A5, e si trova nella costellazione di Andromeda a una distanza di 378 anni luce. La sua dimensione è pari a circa 1,5 volte quella del Sole, e la sua temperatura media superficiale è di circa 7500 K (per confronto quella del Sole è di 5777 K). Il suo pianeta, WASP-33 b, è ritenuto essere un gigante con una massa circa 4 volte quella di Giove, che orbita molto vicino alla stella ospite (0,02 ua, 3 milioni di km) in un tempo pari a 1,22 giorni. Inoltre, e sorprendentemente, il suo moto orbitale è retrogrado e inclinato rispetto all'equatore della stella. Quest'ultima è una "fast rotator", una rotatrice rapida, con un periodo di 0,85 giorni, e quindi costituisce un sistema peculiare e molto interessante dal punto di vista dinamico. Ciò ne ha stimolato lo studio da parte di numerosi gruppi di ricerca.

raggiungere la saturazione. Questo viene fatto per escludere gli effetti dell'oscillazione atmosferica, che causa variazioni nella luminosità della stella su tempi scala molto corti. In aggiunta, la luce della stella viene distribuita su un gran numero di pixel, consentendo un miglior campionamento e una fotometria più precisa. Seguendo tale procedura (sviluppata attra-



Serie di osservazioni di transiti utilizzate nel nostro lavoro per le analisi del sistema di WASP-33. I grafici superiori mostrano i medesimi dati dopo la sottrazione della curva del transito planetario. I residui mostrano le piccole oscillazioni del tipo δ -Scuti che sono intrinseche alla stella. È evidente che le pulsazioni massima e minima si presentano sempre nella medesima fase orbitale del pianeta.

Una recente investigazione ha dimostrato che il lato giorno di WASP-33 b potrebbe essere a temperature vicine ai 3000 K, cosa che ne farebbe il pianeta più caldo finora conosciuto. Quella rovente temperatura rende il pianeta definitivamente inabitabile, ma al tempo stesso ne fa un oggetto molto interessante da studiare, a causa delle proprietà della sua atmosfera e della relazione con la stella

zato sia il Montcabrer Observatory sia il Montsec Astronomical Observatory, con il suo telescopio robotico di 80 cm (foto a pag. 109), collocato sui Pirenei catalani. In aggiunta, abbiamo prelevato i dati di migliore qualità trovati nell'EDT. Le proprietà atmosferiche (temperatura effettiva e gravità superficiale) di WASP-33 indicano che si candida come stella variabile di tipo δ -Scuti. Numerose serie temporali di dati fotometrici hanno mostrato le oscillazioni quando corrette per gli effetti del calo di luminosità durante il transito planetario (si veda il grafico qui a fianco). Misure prese al di fuori del transito hanno anch'esse mostrato chiaramente le pulsazioni (si veda il grafico alla pagina seguente). Le nostre analisi sono proseguite con il calcolo di un periodogramma che ha fornito un valore di 68 minuti per il periodo e di un solo millesimo di magnitudine per l'ampiezza. Sia il periodo sia l'ampiezza confermano WASP-33 come stella pulsante del tipo δ -Scuti, e fra queste la prima conosciuta per ospitare un pianeta. Ma la nostra ricerca non si è fermata qui. Un interessante indizio derivato dalle nostre osservazioni dei transiti è che le oscillazioni di luminosità della stella sembrano ricorrere sempre nella medesima fase orbitale del pianeta, suggerendo così un qualche tipo di sincronizzazione con il periodo orbitale stesso. La regolarità della fase orbitale rispetto all'oscillazione di fondo è ancora visibile in osservazioni fatte recentissimamente, dopo la pubblicazione del nostro articolo e 150 giorni dopo le misurazioni mostrate a pag. 108.

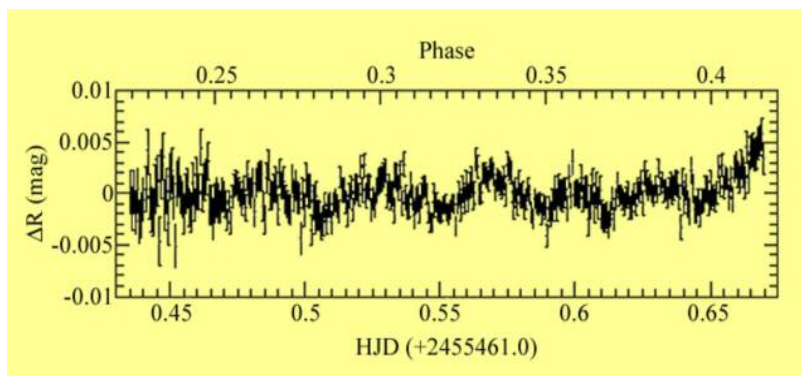
ospite. La figura di apertura mostra una visione artistica di un sistema simile a quello di WASP-33 b e della sua stella.

Le pulsazioni di una stella

WASP-33 è diventata il centro del nostro interesse all'inizio del settembre 2010, quando R. Naves ci ha contattato dopo aver esaminato al Montcabrer Observatory le sue osservazioni relative a un transito e aver scoperto un interessante andamento sinuoso nella curva di luce (si veda la figura in basso a pag. 108). Osservazioni successive inserite nell'EDT, prese da vari osservatori in date diverse, hanno reso evidente che le oscillazioni non erano errori sistematici causati da fluttuazioni atmosferiche o da componenti strumentali. Era evidente che si trattava di pulsazioni intrinseche alla stella. Una volta confermate, abbiamo ritenuto che fosse necessario un monitoraggio più profondo per ottenere una piena caratterizzazione del fenomeno. Abbiamo quindi utiliz-

Interazioni stella-pianeta?

Le osservazioni discusse più sopra indicano una forma di sincronizzazione fra il periodo di variazione della stella e il periodo orbitale del pianeta. Siamo giunti immediatamente



Misurazioni fotometriche di WASP-33 ottenute al Montsec Astronomical Observatory il 21 settembre 2010. Sono evidenti le variazioni di magnitudine.

a questa conclusione già dall'analisi visuale dei valori rilevati durante i transiti. Ma un rigoroso periodogramma mostra sorprendentemente che il rapporto fra il periodo orbitale del pianeta e il periodo misurato dalle pulsazioni è molto prossimo a 26. Sfortunatamente, in questo momento non abbiamo ancora nel periodo di pulsazione una precisione sufficiente a confermare l'esistenza del rapporto.

Molte delle variabili δ -Scuti conosciute appartengono a sistemi stellari binari. È stato ipotizzato che la stella compagna, specialmente se ha una breve distanza orbitale e un'orbita eccentrica, potrebbe essere la causa delle pulsazioni nella stella variabile. In quei casi, i periodi orbitale e della pulsazione tendono ad essere sincronizzati, come è stato visto accadere per la stella binaria HD 209295, nella quale il componente principale è una δ -Scuti.

Le attuali teorie spiegano che ciò accade a causa di forze mareali risonanti esercitate dalla compagna sulla stella variabile. Ma questo non è mai stato osservato in un sistema stella-pianeta.

WASP-33 potrebbe essere il primo esempio di una nuova classe di sistemi nei quali un pianeta induce o altera un periodo di pulsazione nella stella che lo ospita. La teoria sembra indicare che la probabilità di una tale evenienza sia remota, poiché l'effetto in questione dovrebbe essere troppo debole, ma una parte della teoria potrebbe essere riformulata considerando alcune delle peculiarità dinamiche del sistema di WASP-33 più sopra evidenziate. Dovremmo considerare se, in questo caso, la prossimità del pianeta,

la sua orbita retrograda e inclinata rispetto all'asse di rotazione stellare e la rapida rotazione della stella possono causare interconnessioni fra stella e pianeta, con le conseguenze che abbiamo osservato.

Senza dubbio, le misurazioni che astronomi professionisti e dilettanti prenderanno nei prossimi mesi saranno di capitale importanza per risolvere il mistero di uno dei più interessanti sistemi planetari finora conosciuti.

I dettagli tecnici sulla scoperta delle pulsazioni in WASP-33 possono essere trovate nell'articolo "WASP-33: The first delta-Scuti exoplanet host star", E. Herrero, J.C. Morales, I. Ribas and R. Naves, *Astronomy & Astrophysics*, 526, L10, disponibile su www.aanda.org/articles/aa/pdf/2011/02/aa15875-10.pdf.

Enrique Herrero è nato nel 1986 a Valencia (Spagna) e ha vissuto per diversi anni a Lleida. Ha conseguito la laurea in Fisica all'Università di Barcellona nel 2009. Dopo un Master in Astrofisica presso lo stesso istituto, sta ora svolgendo il dottorato presso l'Institute for Space Science (CSIC-IEEC) occupandosi di esopianeti e stelle di piccola massa. Anche per la sua provenienza dal mondo astrofilo, ha da sempre unito la sua attività di ricercatore alla diffusione dell'astronomia, molto spesso con immagini e lavori vari realizzati in proprio (www.celdenit.com).