



***La prima  
immagine di  
un nuovo  
mondo***

84

L'immagine rilasciata nel settembre 2008 che ritrae la stella 1RXS 1609 con il suo pianeta di 8 masse gioviane (è il dischetto sopra il titolo). È la prima fotografia di un pianeta non appartenente al nostro sistema solare. [Gemini Observatory]

**490 è il numero di esopianeti ufficialmente riconosciuti fino al 27 agosto 2010, numero destinato ad ampliarsi enormemente grazie ai nuovi telescopi spaziali dedicati a quel tipo di ricerca, Kepler su tutti. Intanto, sulla Terra c'è ancora chi alimenta il mito del decimo pianeta, senza rendersi conto che la realtà ha di gran lunga superato sia le menti più fantasiose sia i più avanzati modelli che interpretano la nascita dei sistemi planetari.**

*"Siamo tutti in una cloaca, ma alcuni di noi guardano alle stelle"*

Oscar Wilde

85

**V**ent'anni fa, e anche meno, si poteva solo immaginare il momento in cui avremo visto direttamente il primo pianeta appartenente a un sistema planetario diverso dal nostro. Ora che tutto ciò è diventato realtà, sembra che ben pochi si rendano conto della portata scientifica, filosofica e persino religiosa di tale avvenimento.

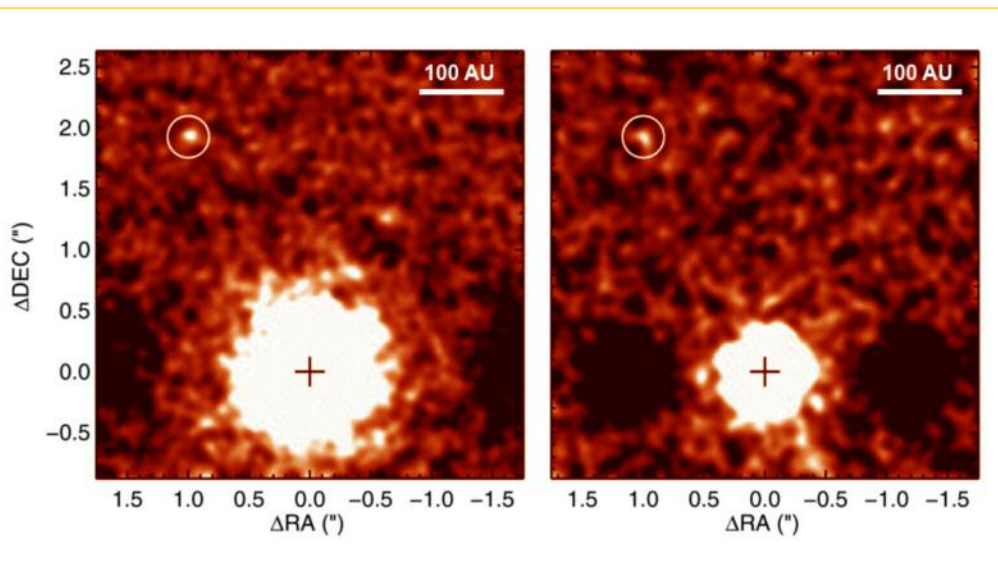
Una cosa era fantasticare, e lo si è fatto per secoli, sull'esistenza di lontanissimi pianeti, ben diverso è avere ora la loro immagine su uno schermo o sulla carta stampata.

L'essere umano è ormai avvezzo a consumare rapidamente qualunque cosa, anche le grandi conquiste dell'intelletto, e ciò che oggi è una notizia clamorosa (quasi sempre data superficialmente), domani è un argomento superato che non merita ulteriori riflessioni e approfondimenti. Vedera l'immagine del primo vero esopianeta riconosciuto come tale e saperlo di conseguenza in orbita attorno a una stella diversa dal Sole è

qualcosa di più di una semplice curiosità, e avere maggiore consapevolezza di come gli astronomi siano giunti a quell'importante traguardo potrebbe non essere inutile.

La storia della scoperta del primo pianeta "live" ha ufficialmente inizio il 27 aprile 2008, con tre ricercatori dell'Università di Toronto al lavoro presso il Gemini North Telescope delle Hawaii. Si tratta di uno strumento di 8 metri di diametro collocato alla sommità di un vulcano spento alto ben 4200 metri, il Mauna Kea, luogo che ospita numerosi altri grandi strumenti. Come il nome può lasciare già intendere, il Gemini North Telescope ha un gemello, il Gemini South Telescope, situato nell'emisfero australe, in Cile, sul Cerro Pachón. Entrambi sono dotati delle tecnologie più avanzate e assieme coprono l'intero cielo nelle bande del visibile e del vicino infrarosso. La loro sinergia ne fa una delle strutture all'avanguardia nella ricerca astrofisica.

1RXS 1609 e il suo pianeta in immagini acquisite nell'infrarosso a 3,05 e 3,78 micron e dimostrate utili per determinare la massa del corpo planetario. Le chiazze scure sono artefatti introdotti dall'elaborazione. [Gemini Observatory/AUR A/David Lafrenière (Univ. of Montreal), Ray Jayawardhana and Marten van Kerkwijk (Univ. of Toronto)]



86

Fra le nazioni impegnate nella realizzazione e nella manutenzione dei due Gemini c'è il Canada (oltre a USA, UK, Cile, Australia, Argentina e Brasile), i cui ricercatori hanno pertanto diritto a utilizzarli per i propri programmi di ricerca. Fra quelli in attuazione nel 2008 c'era una survey di giovani stelle appartenenti all'associazione dello Scorpione Superiore, ricca di 2525 astri con massa maggiore di 0,1 masse solari, nati da un unico complesso nebulare fra i 4 e i 5 milioni di anni fa, e distribuiti su un'area di circa 150 gradi quadrati.

A condurre la survey erano David Lafrenière, Ray Jayawardhana e Marten H. van Kerkwijk (dell'Università di Toronto, con Lafrenière che si trasferirà poi a quella di Montréal), i quali, sfruttando al meglio le potenzialità del Near-Infrared Imager (NIRI) e dell'ottica adattiva Altair in dotazione al Gemini North, si erano posti come obiettivo l'individuazione di debolissimi compagni in orbita attorno ai membri dell'associazione, questo per capire se stelle così giovani ospitassero con maggiore frequenza piccole stelle, nane brune oppure pianeti giganti.

Il fatto di aver scelto come target una vasta popolazione di stelle giovani non è ovviamente casuale: gli eventuali compagni sono inevitabilmente a loro volta molto

giovani e dunque il loro accrescimento gravitazionale deve essere terminato da poco tempo o essere in fase di completamento; ciò comporta alte temperature dei nuclei e conseguenti alte temperature delle primordiali atmosfere.

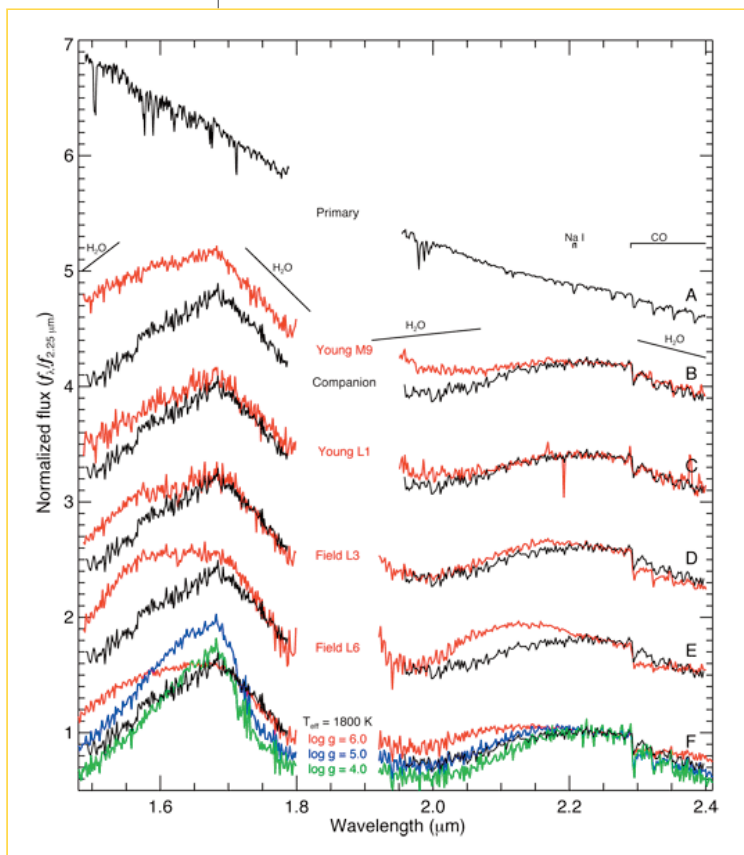
Il tutto si traduce in abbondante luminosità infrarossa, che consente anche a compagni relativamente piccoli di essere individuati dai migliori strumenti a terra. Se poi si selezionano stelle di taglia solare o più piccole, le probabilità di successo della ricerca aumentano ulteriormente.

Nell'aprile del 2008 le stelle dello Scorpione Superiore studiate da Lafrenière e colleghi erano all'incirca 85, non molte rispetto alla popolazione totale ma sufficienti a mettere in evidenza una, distante 472 (+/-65) anni luce, che ha subito attratto l'attenzione dei tre astronomi. Nota con la sigla 1RXS J160929.1-210524, abbreviata per comodità in 1RXS 1609, quella stella di per sé non aveva nulla di particolare: tipo spettrale K7V (+/-1), temperatura fotosferica di 4060 (+300/-200) K (Kelvin), massa pari a 0,85 (+0.20/-0,10) masse solari, diametro di circa 1,9 milioni di km, età prossima ai 5 milioni di anni.

Ma in una serie di immagini prese il 27 aprile e replicate poi il 21 giugno risultava evidente, dopo una quantità di sofisticate

elaborazioni, la presenza di un secondo, piccolo astro a 2,22" di distanza da 1RXS 1609, corrispondenti a 330 AU (unità astronomiche), con angolo di posizione pari a 27,7°.

Era sicuramente troppo debole per poterlo definire "stella", ma di primo acchito anche angularmente troppo distante da 1RXS 1609 per poter pensare a un pianeta.



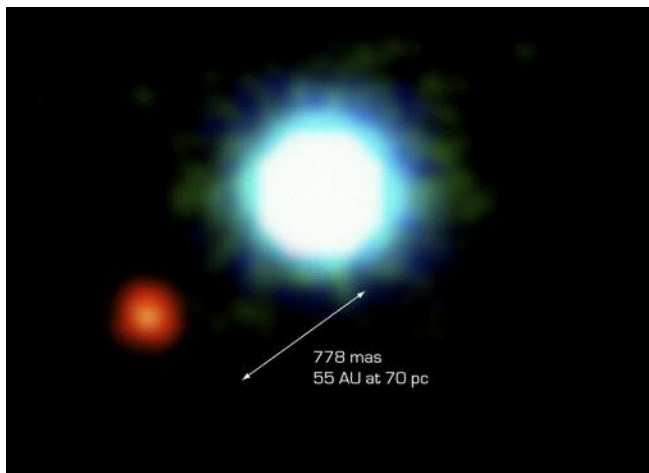
Gli spettri di 1RXS 1609 (Primary, A) e del suo pianeta (Companion, da B a F) messi a confronto con quelli di due giovani nane brune (M9 e L1, B e C) e con quelli di due nane brune più vecchie e quindi più fredde (L3 e L6, D e E). È evidente la somiglianza fra lo spettro del pianeta e lo spettro della nana bruna più giovane e più piccola (L1). La forma nettamente triangolare che la curva prende alle frequenze più elevate è indice di bassa gravità superficiale e consistente con un oggetto al termine del suo accrescimento. Nella riga F alcune curve di temperatura dedotte da modelli confermano i 1800 K calcolati per il pianeta e quindi la sua giovane età. [D. Lafrenière, R. Jayawardhana, M. van Kerkwijk]

Lo stesso 21 giugno, Lafrenière, Jayawardhana e van Kerkwijk iniziano le analisi spettroscopiche infrarosse, proseguite poi il 21 e il 24 agosto (i tempi/telescopio sono quelli che sono...). Appaiono subito evidenti un importante assorbimento dovuto a vapore acqueo nelle bande H (2,2 μm) e K (1,65 μm), una rilevante presenza di CO (ossido di carbonio) oltre i 2,29 μm, e l'idrogeno molecolare.

La tipologia degli spettri ottenuti risulta coerente con un'atmosfera espansa e con una relativamente ridotta gravità superficiale, esattamente ciò che ci si aspetta per oggetti di taglia planetaria (e anche più massicci) al termine della loro contrazione gravitazionale.

Esaminando il colore dell'oggetto nelle bande J (1,25 μm) e K, e utilizzando gli spettri di alcune nane brune dell'associazione come riferimento, i tre canadesi assegnano all'enigmatico oggetto il tipo spettrale L4 (+1/-2), al quale corrisponde una temperatura superficiale (o, meglio, dell'atmosfera visibile) di 1800 (+200/-100) K. Per confronto, Giove, che si sta complessivamente raffreddando da 4,5 miliardi di anni, ha una temperatura di 160 K (-113°C).

Noti lo spettro, la temperatura e l'età del compagno di 1RXS 1609 (ipotizzato coevo e successivamente denominato 1RXS J1609-2105b), Lafrenière e colleghi compiono il passo successivo, ossia quello di determinarne la massa, valutando teoricamente la temperatura iniziale e il tasso di raffreddamento nel periodo considerato, vale a dire 5+/-1 milioni di anni. Il risultato è 0,008 (+0,004/-0,002) masse solari, equivalenti a circa 8  $M_{Jup}$  (masse gioviane), per un diametro prossimo ai 238000 km. A quel punto era evidente che poteva trattarsi solo di un pianeta, perché il limite di massa che segna il confine con la sovrastante classe delle nane brune è fissato a circa 13  $M_{Jup}$ . Al tempo stesso, l'enorme distanza dalla sua stella, le 330 AU, corrispondenti a circa 50 miliardi di km (11 volte la distanza di Nettuno dal Sole), lasciava qualche dubbio sul fatto che il pianeta fosse legato gravitazionalmente a 1RXS 1609.



Nel 2004 veniva fotografato con il VLT Yepun di 8,2 metri dell'European Southern Observatory un oggetto di circa 5 masse gioviane apparentemente in orbita attorno a una nana bruna (denominata 2M1207) distante 230 anni luce e 42 volte meno massiccia del Sole. Quell'oggetto non è stato unanimemente classificato come vero e proprio pianeta poiché non è in orbita attorno a una stella. [ESO]

Non esistevano casi precedenti, anche perché tutte le altre tecniche utilizzate per scoprire esopianeti (monitoraggio della velocità radiale delle stelle, transiti sui loro dischi e microlensing) sono tanto più efficaci quanto più essi sono massicci e vicini alle loro stelle. Solo attorno ad alcune nane brune erano stati scoperti compagni molto distanti, e l'unico caso precedente di una stella propriamente detta, quello di Fomalhaut, risalente al 2004, riguardava un probabile pianeta (accertato solo 4 anni dopo) ancora in formazione all'interno del disco protoplanetario, posto comunque a circa 1/3 della distanza in discussione.

Ma ancor più pressante della distanza in sé c'era (e c'è) il fatto che nessun modello relativo alla formazione dei sistemi planetari prevedeva la presenza di un pianeta così lontano dalla stella ospite; dunque una falla che si aggiungeva a varie altre presentatesi negli anni e che porteranno inevitabilmente a una revisione pesante di tali modelli o, quanto meno, a una loro versione ben più elastica dell'attuale.

Era insomma fondamentale dimostrare il legame gravitazionale fra 1RXS 1609 e il suo potenziale compagno, poiché la vicinanza poteva essere solo prospettica: forse era di passaggio perché scacciato da qualche altro sistema planetario a causa di un incontro ravvicinato con un suo simile durante la fase di migrazione verso orbite stabili, successiva a quella di forma-

zione, eventualità già riscontrata in alcuni casi. Per escludere questa possibilità, Lafrenière, Jayawardhana e van Kerkwijk hanno calcolato qual era la probabilità di un simile allineamento casuale, e anche

esagerando ne è uscito che c'era non più di 1 probabilità su 2000 che un pianeta errante si trovasse prospetticamente così vicino a 1RXS 1609.

La prova definitiva del reale legame fisico non poteva però che venire dal riscontro di un comune moto di traslazione nello spazio, non facile da rilevare a causa del basso livello di dispersione delle velocità all'interno dell'associazione dello Scorpione Superiore, che essendo però note (ed equivalenti a  $-11.2 \pm 1.5$  mas yr<sup>-1</sup> in R.A. e  $-21.9 \pm 1.5$  mas yr<sup>-1</sup> in Dec. per 1RXS 1609) permettono di prevedere, conoscendo anche i limiti strumentali del Gemini North, un'attesa di 1-2 anni prima che il moto divenga misurabile.

È il settembre del 2008 e i tre astronomi canadesi divulgano i risultati del proprio studio attraverso *The Astrophysical Journal Letters*.

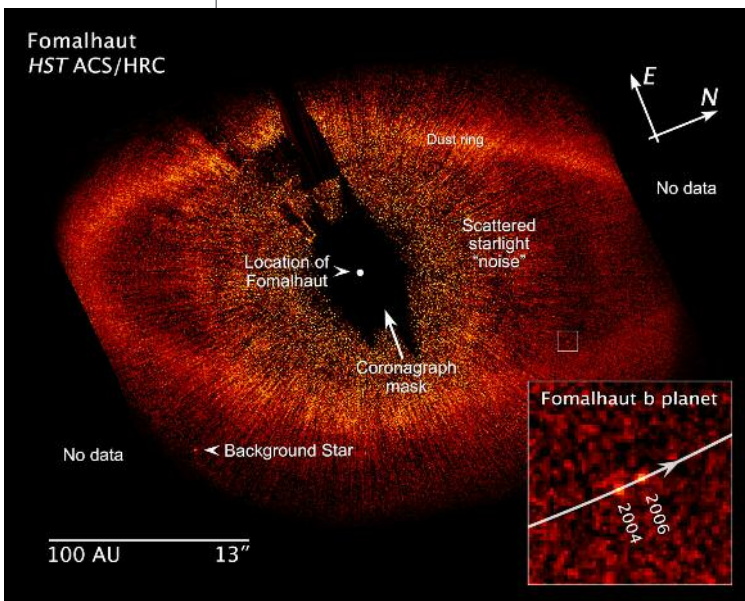
Quello stesso mese, con la medesima tecnica applicata al medesimo Gemini, viene fotografato direttamente un sistema planetario multiplo: ben 3 pianeti in orbita attorno alla stella (di tipo A) HR 8799, tutti di massa ( $\sim 7-10 M_{\text{Jup}}$ ) paragonabile a quella del pianeta di 1RXS 1609, ma collocati su orbite ben più interne, che non fanno dubitare sulla loro natura planetaria. Per poter rivendicare il loro primato, Lafrenière e colleghi sono ora obbligati a dimostrare che anche il loro è un pianeta, e già nel 2009 iniziano a collezionare nuove immagini e nuovi spettri: il 6 aprile e l'1

luglio posizioni astrometriche; il 2 maggio e l'8 giugno riprese a  $3,05 \mu\text{m}$  ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e  $3,78 \mu\text{m}$  (banda L'); il 3 luglio spettri in banda J. Il 6 aprile erano state anche fatte una serie di esposizioni per individuare la presenza di eventuali altri corpi planetari più deboli e interni.

Il tempo necessario per ridurre i dati e si arriva al 2010 con una situazione ormai già ben chiara, che viene ulteriormente confermata: 1RXS J1609-2105b risulta muoversi come 1RXS 1609: stessa direzione e stessa velocità, e questa è la conferma che sono legati gravitazionalmente. Inoltre, grazie a uno studio del 2009 di Bouy e Martín sulla dispersione del moto proprio all'interno dell'associazione dello Scorpione Superiore, Lafrenière e colleghi possono calcolare la probabilità di un moto solo casualmente uniforme, dunque senza l'esistenza di vincoli gravitazionali, e il risultato è di 2-3 su 10000, una pro-

leggermente ritoccato il margine di errore del valore della massa, ora fissato a  $0,008 (+0,003/-0,002)$  masse solari, equivalenti a  $8,3 (+3/-2) M_{\text{Jup}}$ . Nuovi rilievi spettroscopici confermano poi il valore della temperatura, e si accerta in atmosfera anche la presenza di potassio e idruro ferrico. Dunque, quell'oggetto di magnitudine infrarossa  $17^{\text{a}}$  circa, visibile nell'associazione dello Scorpione Superiore vicino a quella remota stella dotata di un flusso energetico mille volte superiore e di magnitudine infrarossa  $10^{\text{a}}$  circa, è realmente il primo pianeta extrasolare fotografato direttamente, ed è anche il più lontano dalla propria stella fra tutti quelli di taglia gioviana finora noti.

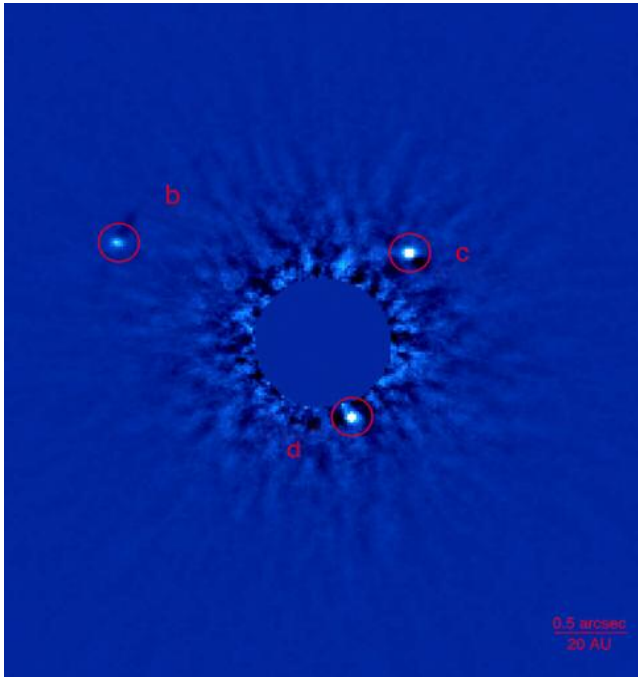
Grazie ai nuovi dati raccolti, i tre astronomi arrivano anche ad escludere per il sistema di 1RXS 1609 la presenza di pianeti più massicci di  $1 M_{\text{Jup}}$  oltre le 440 AU (equivalenti a una separazione di  $3''$ ), di 2



babilità talmente bassa da confermare di fatto il legame anche in assenza di un percepibile moto orbitale di 1RXS J1609-2105b attorno a 1RXS 1609. Infine, attraverso accurate misurazioni della luminosità bolometrica (la quantità totale di radiazione elettromagnetica emessa a tutte le lunghezze d'onda rilevabili) viene

Ancora nel 2004 e poi nel 2006 veniva fotografato un probabile protopianeta nel disco di Fomalhaut ( $\alpha$  Piscis Austrinus). Nel 2008 giunge la conferma della sua esistenza e della sua azione "spazzatrice" all'interno del disco. Nemmeno questo può essere definito il primo vero e proprio pianeta fotografato direttamente. [NASA, ESA, P. Kalas, J. Graham, E. Chiang, E. Kite, M. Clampin, M. Fitzgerald, K. Stapelfeldt, J. Krist.]

$M_{\text{Jup}}$  oltre le 100 AU ( $0,7''$ ) e di  $8 M_{\text{Jup}}$  oltre le 50 AU ( $0,35''$ ). Ciò non esclude che possano comunque esistere altri pianeti meno massicci e/o più interni, ma pone un ulteriore problema relativo alla nascita di quel desolato sistema planetario: come accennato più sopra gli attuali modelli che descrivono la formazione dei pianeti, unitamente alle stelle che li ospitano, non prevedono che 1RXS J1609-2105b possa essere nato dove oggi lo vediamo, e si tenta di aggirare il problema chiamando in causa la già menzionata migrazione che può comportare anche il sensibile allontanamento di un pianeta come quello in discussione, giustificandone in tal caso la posizione riscontrata. Purtroppo però, af-



La prima immagine diretta di un sistema multiplanetario è quella di HR 8799, che qui vediamo nella ripresa del 5 settembre 2008 effettuata nell'infrarosso (banda K) al Gemini Observatory. Il più distante dei tre pianeti rilevati si trova a 70 AU dalla stella. Osservazioni multi-epoca hanno permesso di evidenziare il moto kepleriano dei tre pianeti. [National Research Council Canada, Gemini Observatory]

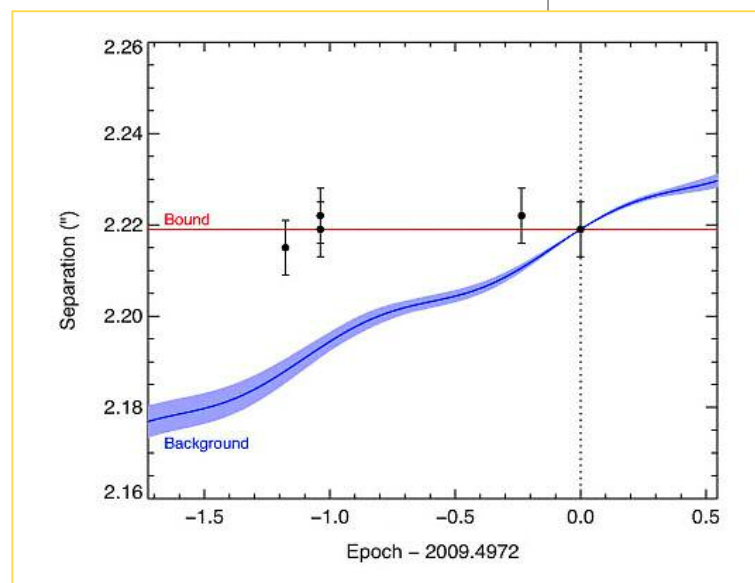
90

finché un evento del genere si verifichi è necessaria la presenza di diversi altri pianeti non meno massicci a distanze di 30-100 AU dalla stella, e come abbiamo appena visto non è questo lo scenario di 1RXS 1609, salvo ipotizzare che al di sotto delle 50 AU finora indagate possano esistere più pianeti, cosa tutta da dimostrare.

Fino a quel momento, l'evoluzione dinamica del sistema 1RXS 1609/1RXS J1609-2105b resterà inspiegabile per tutti i modelli basati sull'accrescimento da disco protoplanetario (troppo lento per generare un corpo di  $8 M_{\text{Jup}}$  a quella distanza in 5 milioni di anni, e incapace di portare alle

temperature misurate), sul collasso diretto da nubi di gas e polveri per instabilità gravitazionale (è il preferito dai giganteschi compagni delle nane brune, ma richiede un enorme disco di accrescimento di cui esisterebbero ancora tracce), sulla frammentazione di nucleo protostellare (assai improbabile per la piccola massa del pianeta).

In mancanza di future nuove scoperte di pianeti massicci più interni, l'unica possibilità di venire a capo della questione (che recentemente si è allargata ad una manciata di altri casi per certi versi simili) è quella di rilevare lo spostamento di 1RXS J1609-2105b nella sua orbita, perché solo così facendo si potrà almeno avere un'idea sulla forma



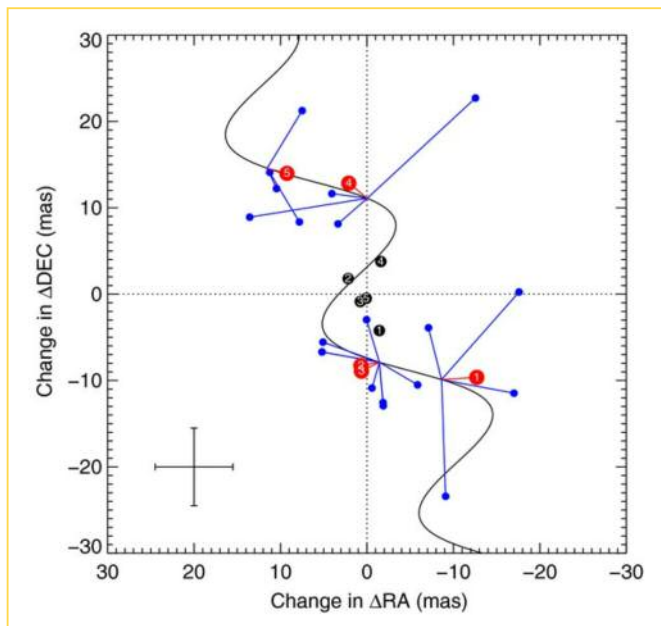
Le misure astrometriche (punti neri con margine di errore) compiute in poco più di un anno sul sistema di 1RXS 1609 dimostrano che la separazione non è variata e che quindi i due oggetti sono legati gravitazionalmente. Se la prossimità fosse solo prospettica, le misure si sarebbero distribuite nell'area bluastrea del grafico. [Gemini Observatory, AURA, D. Lafrenière, R. Jayawardhana, and M. van Kerkwijk]

Ancora una dimostrazione del legame fra 1RXS 1609 e il suo pianeta: i dischetti neri indicano le variazioni della separazioni (rilevate sulla base di 5 osservazioni), praticamente nulle considerando il margine di errore (croce in basso a sinistra); i dischetti blu sono misure astrometriche prese su 4 stelle di fondo, che mediate (dischetti rossi) si collocano perfettamente sulla curva prevista per oggetti non legati gravitazionalmente a 1RXS 1609.

[D. Lafrenière, R. Jayawardhana, and M. van Kerkwijk]

dell'orbita e capire se le 330 AU oggi osservate rappresentano approssimativamente il semiasse maggiore dell'orbita oppure se per proiezione indicano un punto qualunque di un'orbita più vasta e forse ad elevata eccentricità. Il fermo immagine di cui disponiamo non ci dice infatti in quale direzione il pianeta si sta muovendo, né dove si trova esattamente nello spazio, salvo vederlo in quella determinata posizione. L'orbita potrebbe essere quasi circolare (e sarebbe un guaio per i modelli) con un periodo di circa 6000 anni, ma potrebbe essere anche fortemente ellittica (nel caso di migrazione verso l'esterno) con periodi minimi di circa 1000 anni, e non si può nemmeno escludere a priori che sia aperta e che il pianeta sia stato "recentemente" fiondato fuori dal sistema, ma questa sembra davvero l'ipotesi più azzardata. Il moto proprio di 1RXS J1609-2105b che Lafrenière, Jayawardhana e van Kerkwijk si aspettano di rilevare negli anni a venire è veramente piccolo,  $\sim 2,2$  miliardesimi all'anno (assumendo che il semiasse maggiore dell'orbita sia prossimo alla separazione proiettata), e quanti ne dovranno passare prima di riuscire nell'impresa dipenderà anche dall'evoluzione delle tecnologie a disposizione degli astronomi. Nel frattempo si tenterà di acquisire spettri a più alta risoluzione per individuare altri elementi chimici oltre a quelli già noti, così da avere un quadro più completo del livello di metallicità del pianeta, che aiuterebbe a ripercorrere la nascita del sistema.

Un affinamento dei parametri noti potrà infine venire dalla precisa misurazione della parallasse stellare, che consentirà di fissare con minore incertezza la distanza del sistema e quindi di ridurre l'approssimazione con cui è nota la massa del pianeta, individuando così quale dei modelli



attuali spiega meno peggio di altri lo scenario riscontrato, lasciando presagire la possibile forma dell'orbita.

Quante cose dietro a quell'apparentemente insignificante puntino di luce! Per tutti i dettagli tecnici rimandiamo il lettore all'articolo "The directly imaged planet around the young solar analog 1RSX J160929.1 – 210524: confirmation of common proper motion, temperature, and mass" di David Lafrenière, Ray Jayawardhana e Marten H. van Kerkwijk, apparso su *The Astrophysical Journal* 719 (2010) 497, disponibile come preprint su <http://arxiv.org/abs/1006.3070>.

**Michele Ferrara**, divulgatore scientifico e libero pensatore, dopo un'ultradecennale collaborazione con la rivista *l'Astronomia* (per la quale è stato autore, rubricista, redattore e coordinatore editoriale), e consapevole dell'agonia che sta attraversando l'informazione astronomica su carta stampata, ha deciso di trasferirsi sul web fondando la testata telematica *l'Astrofilo*, di cui è attualmente direttore responsabile.