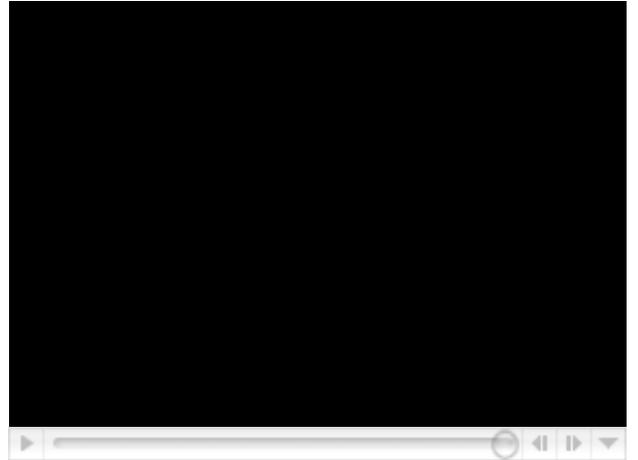


# Introduzione

Poichè il Sole è una stella come le altre, è naturale chiedersi se tutte le stelle sono circondate da un corteo planetario come lo è il Sole. Per di più, ci si può chiedere se, nel caso esistano, qualcuno di questi "pianeti extrasolari" possa sviluppare una forma di vita.

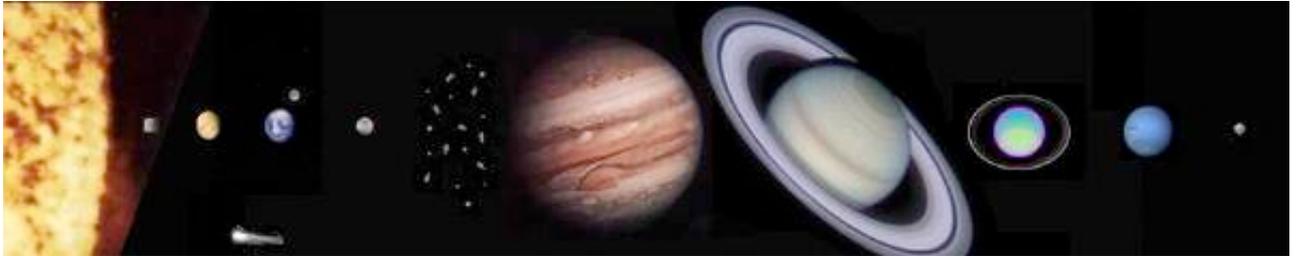
Viviamo in un'epoca straordinaria nella quale si può cominciare a dare una risposta scientifica a queste domande.

Questo capitolo fa il punto sull'insieme di tali questioni, dalle recenti scoperte alle prospettive future fino agli anni 2020-2030.



*Credito* : Osservatorio di Parigi / UFE

# Definizione di un pianeta



Il Sole e i pianeti del sistema solare (le distanze non sono rispettate).

*Credito : NASA*

## Ruolo dell' energia nucleare interna

Un pianeta si distingue da una stella essenzialmente per il fatto che non ha sorgenti di energia interne che durano miliardi d'anni. Una tale sorgente d'energia che dura non può essere che di origine nucleare. Un pianeta è dunque un corpo senza energia nucleare interna. I calcoli mostrano che le reazioni termonucleari possono innescarsi soltanto per corpi di massa superiore a 13 volte la massa di Giove. Questo valore fissa il limite al di là del quale un astro non può più, secondo la definizione precedente, essere chiamato "pianeta".

## Scenari di formazione

Un'altra differenza tra una stella e un pianeta è il modo con il quale si sono formati. Una stella si forma per il collasso di una nube di gas, mentre, generalmente, un pianeta si forma grazie alla condensazione delle particelle silicatiche ("polvere") e di ghiaccio in un disco ("protoplanetario") di materiali diversi che sono in orbita intorno ad una stella.

Le due definizioni precedenti conducono più o meno allo stesso risultato: un pianeta extrasolare è un corpo con una massa al massimo di circa 13 masse di Giove in orbita intorno ad una stella. Esistono tuttavia eccezioni a questa coincidenza.

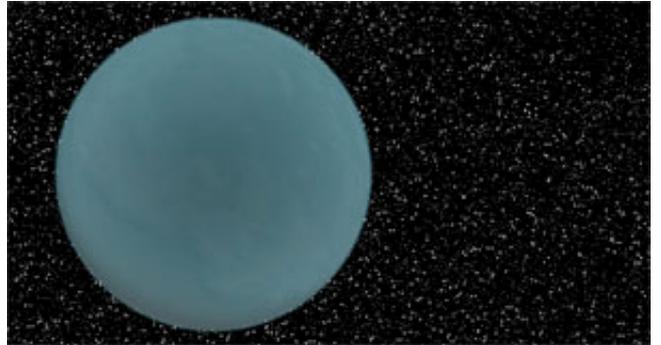
# Definizione di un pianeta

## Pianeta più massiccio di 13 volte Giove

Niente impedisce che certi pianeti comincino, nel corso della loro formazione, ad essere meno massicci di 13 volte Giove e che "crescano" fino a raggiungere una massa superiore a questo limite.

## Pianeti galleggianti

Niente impedisce che certi astri si formino grazie al collasso di una nube di gaz e di polvere senza mai arrivare alla massa limite di 13 volte Giove. Sono dei pianeti secondo la prima definizione, ma non sono in orbita intorno ad una stella. Si chiamano pianeti galleggianti.



Un "pianeta" che non è in orbita intorno ad una stella, o "pianeta galleggiante". Lavoro d'artista.

*Credito* : Osservatorio di Parigi / UFE

# Prima motivazione: planetologia comparata

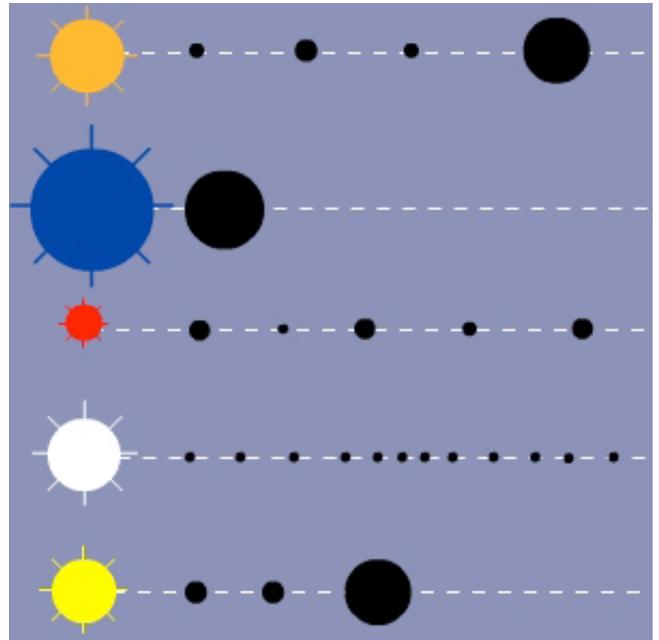
L'esplorazione del sistema solare ha mostrato a quale punto i pianeti del nostro sistema planetario sono diversi tra di loro; è dunque interessante vedere come si manifesta questa diversità negli altri sistemi planetari. Molte sono le questioni a questo proposito:

- Quanti pianeti in ciascun sistema planetario?
- Come sono distribuite le orbite e le masse dei pianeti?

E' inoltre molto interessante vedere come queste proprietà siano correlate al tipo di stella "genitrice", alla sua posizione nella Galassia...

## Una motivazione a lungo termine: la ricerca della vita

Un'altra motivazione, più profonda è cercare se può esistere una forma di vita su taluni pianeti extrasolari.

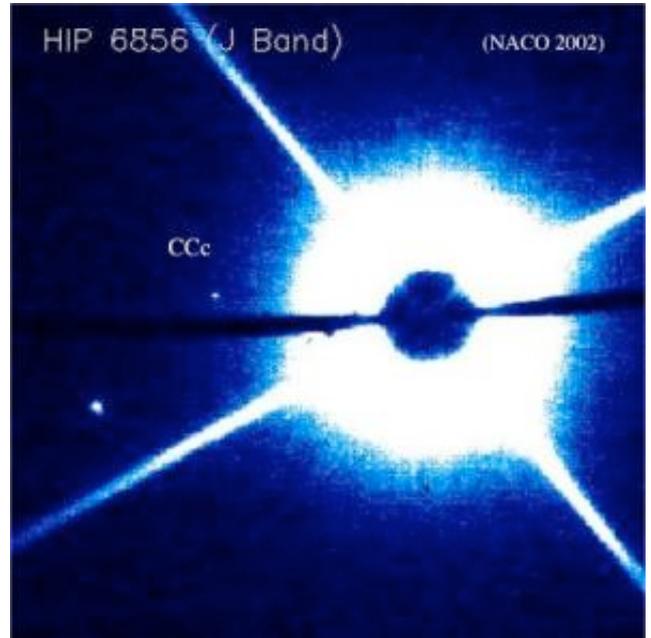


Diversi sistemi planetari possibili.

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

# Introduzione

L'idea più semplice è prendere un'immagine del sistema planetario dove il pianeta apparirà come un punto debolmente luminoso vicino alla sua stella. Purtroppo, il pianeta è così poco luminoso rispetto alla stella e angolarmente così vicino a quest'ultima che l'osservatore è "abbagliato" dalla stella. Nell'attesa di poter rimediare a questi inconvenienti, la ricerca è iniziata con metodi indiretti.



Scoperta di due compagni deboli della stella HIP6856.  
*Credito : VLT / NACO 2002*

# Metodi dinamici

## Trajectoires dans l'espace des orbites

Le leggi di Keplero implicano che l'orbita di un pianeta sia un'ellisse di cui uno dei fuochi sia occupato dalla stella genitrice. Questa orbita ellittica è caratterizzata da 5 parametri geometrici :

- 2 angoli per caratterizzare l'orientamento del piano dell'ellisse
- Su questo piano, un angolo per caratterizzare la direzione del semi-asse maggiore
- Il valore  $a$  di questo semi-asse maggiore
- Eccentricità  $e$  dell'ellisse

Gli astronomi hanno l'abitudine di utilizzare dei parametri angolari leggermente diversi per caratterizzare il piano dell'orbita:  $i, \omega, \Omega$

- $i$  è chiamata inclinazione dell'orbita ed è l'angolo tra il piano dell'orbita e il piano del cielo (altrimenti  $90^\circ$  -  $i$  è l'angolo tra il piano dell'orbita e la "linea visuale" che congiunge l'osservatore al sistema planetario).
- $\omega$
- $\Omega$

Il movimento del pianeta sulla sua orbita è caratterizzato dal periodo  $P$  di rivoluzione orbitale e dal istante  $*$  di passaggio in un punto dato dell'orbita, per esempio il periastro... Per una data orbita il periodo

dipende dalla massa della stella:  $P = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM_\star}}$

I metodi dinamici consistono nell'individuare la perturbazione indotta dalla rivoluzione orbitale del pianeta sul moto della stella. Questi movimenti sono regolati dalle leggi della meccanica celeste. La stella ed il pianeta girano tutti e due intorno al centro di gravità del sistema stella-pianeta. Per un pianeta situato a una distanza  $a$  dalla sua stella, la stella è a una distanza

$$a_\star = a \frac{M_{pl}}{M_\star}$$

dal centro di massa del sistema. Per un'orbita circolare del pianeta,  $a$  è costante e lo è anche  $a_{et}$ , cosicché la stella segue una traiettoria circolare intorno al centro di massa. Questo movimento si può osservare in tre modi:

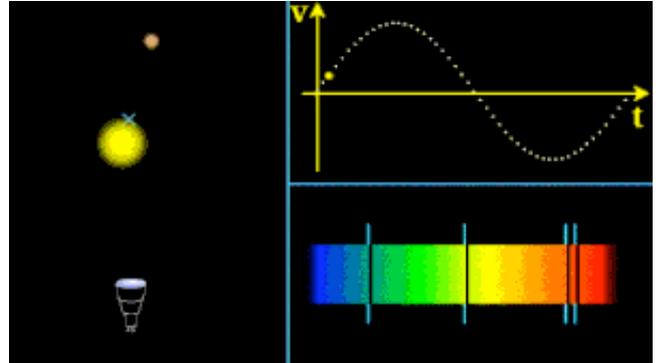
# Velocità radiali

La velocità radiale  $v_R$  è la proiezione del vettore velocità della stella sulla "linea visuale" che congiunge la stella all'osservatore. Per un'orbita circolare del pianeta vale ad ogni istante

$$v_R(t) = \vec{v} \cdot \vec{z} = K \sin\left(\frac{2\pi t}{P}\right)$$

dove  $K$  è l'ampiezza della variazione di  $v_R(t)$ , data da:

$$K = \frac{M_{pl} \sin i}{M_{\star}} \sqrt{\frac{GM_{\star}}{a}}$$



Lo spostamento delle righe scure nello spettro della stella è la traccia del movimento del pianeta e della stella intorno al loro centro di gravità.

*Credito* : Emmanuel Pécontal

# Altri metodi dinamici

## Astrometria

L'astrometria consiste nel misurare le variazioni della posizione apparente della stella sul fondo del cielo (rispetto alle altre stelle). Questo movimento apparente è un'ellisse che, per un'orbita circolare del pianeta, si descrive con:

$$x(t) = a_{\star} \sin\left(\frac{2\pi t}{P}\right) \sin i$$
$$y(t) = a_{\star} \sin\left(\frac{2\pi t}{P}\right)$$

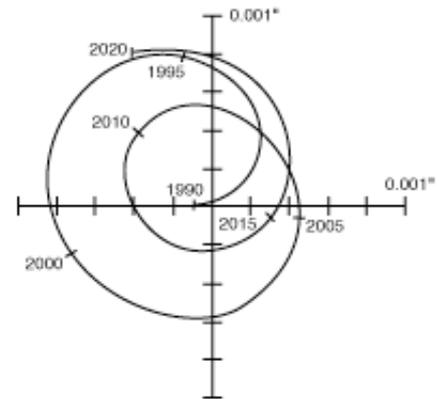
## Cronometraggio

Si può anche misurare la variazione della distanza tra la stella e l'osservatore. Il miglior metodo per misurare questa variazione consiste nel misurare la variazione  $\Delta T$  del tempo che la luce della stella impiega per giungere fino a noi. Ad ogni istante questa variazione è data da

$$\Delta T(t) = a_{\star} \sin\left(\frac{2\pi t}{P}\right) \sin i$$

Per misurare questa variazione, la soluzione più semplice consiste nel misurare le variazioni del tempo di arrivo di un segnale periodico.  $\Delta T$  è allora il ritardo o l'anticipo dell'istante di arrivo del segnale rispetto ad un istante "nominale" (senza perturbazione). I segnali periodici sono di due tipi:

- "pulsazioni" di una pulsar
- Istante del minimo di un'eclisse, nel caso in cui la stella è una binaria a eclisse.



Il Sole si sposta lentamente sotto l'effetto delle perturbazioni gravitazionali dei pianeti (Giove e Saturno principalmente). Il movimento è rappresentato qui da una distanza di 10 pc.

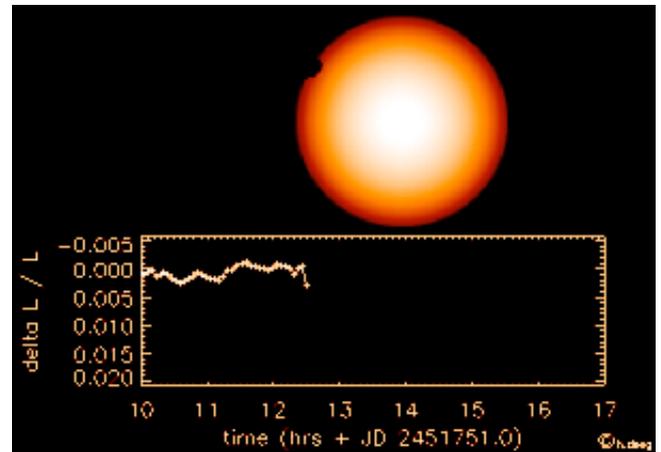
*Credito : NASA*

# Transiti planetari

Quando un pianeta passa davanti alla sua stella, occulta una parte molto piccola della superficie di quest'ultima, e cio' produce una piccolissima diminuzione della luminosità della stella che osserviamo.

L'applicazione qui sotto mostra il modp in cui i pianeti extrasolari vengono individuati con il metodo del transito da CoRoT : [simulatore di transiti](#)

simulazione (animazione)

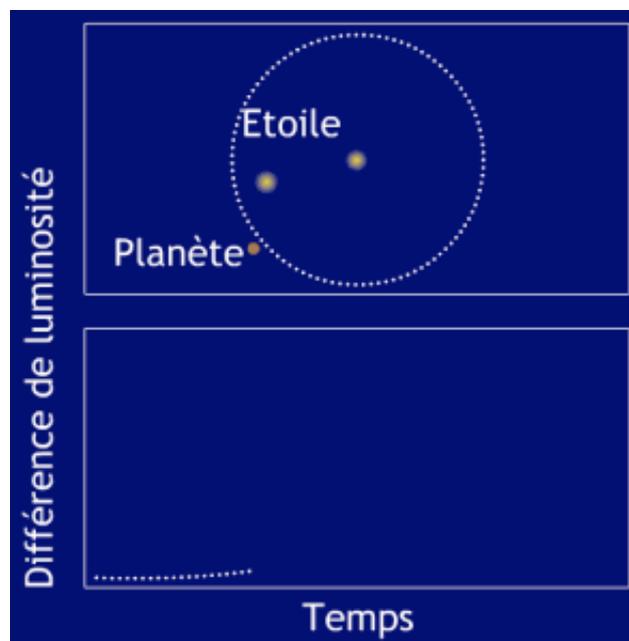


Credito : Hans Deeg (Instituto de Astrofisica de Canarias)

# Lenti gravitazionali

E' una applicazione della teoria di Einstein della gravitazione. Questa predice che quando un corpo di massa  $M$  (deflettore) è a una distanza proiettata sul cielo  $b$  ("parametro d'impatto") dalla linea visuale di una sorgente lontana, la luminosità apparente di quest'ultima è amplificata di un fattore  $A = \sqrt{\frac{M}{b}}$ .

Quando la sorgente ed il deflettore si spostano l'uno rispetto all'altro sul piano del cielo, il parametro d'impatto  $b$  varia col tempo. Cio è vero anche per il fattore di amplificazione che diventa una funzione del tempo  $A(t)$ .



Una stella molto lontana passa dietro un'altra stella intorno alla quale orbita un pianeta. La stella vicina focalizza la luce della stella lontana, ciò che crea un aumento della luminosità. Anche il pianeta focalizza la luce della stella lontana, ciò che crea i due picchi di luminosità visibili prima del massimo.

*Credito* : Osservatorio di Parigi / UFE

# Rivelazione decametrica

Nel sistema solare, i pianeti come Giove emettono più del Sole nel campo delle onde radio decametriche. Se dei pianeti extrasolari hanno la stessa proprietà, si può provare a trovarli nel campo decametrico con l'aiuto di radiotelescopi.



Radiotelescopio di Kharkov

*Credito* : Philippe Zarka

# Immagini dirette

La rivelazione diretta consiste nel prendere un'immagine globale (o parziale) del sistema planetario, dove il pianeta appare come un punto. E' di gran lunga il metodo più ricco e più promettente. Permette infatti di avere accesso a numerose proprietà dei pianeti.

## Flusso riflesso - Flusso termico

Esistono due sistemi diversi con i quali si può ricevere la luce che arriva da un pianeta:

- la luce della stella riflessa dal pianeta
- l'emissione termica del pianeta riscaldato dalla stella.

Un parametro cruciale è il rapporto del flusso pianeta/stella.

Per il flusso riflesso questo rapporto vale, per ogni

lunghezza d'onda:  $\frac{A}{4} \left( \frac{R_{pl}}{a} \right)^2 \varphi(t)$  dove A è l'albedo

(potere riflettente) del pianeta e  $\varphi(t)$  un "fattore di fase" che indica la porzione relativa della superficie illuminata del pianeta visibile dall'osservatore (analogo alle fasi della Luna o di Venere). L'albedo dipende più o meno dalla lunghezza d'onda in funzione del tipo e delle condizioni fisiche del pianeta.

Il flusso termico dipende dalla temperatura del pianeta. Se si trascurano le sorgenti di calore interne, questa temperatura è fornita dal flusso incidente della stella che riscalda il pianeta. E' dato da

$T_{pl} = \sqrt{\frac{R_{et}}{2a}} (1-A)^{1/4} S$  dove S è un fattore che caratterizza l'effetto serra. Quest'ultimo misura la

proporzione dell'irraggiamento del pianeta che non può sfuggire essendo assorbito dalla sua atmosfera. Il rapporto dei flussi pianeta/stella dipende fortemente della lunghezza d'onda:

$$\left( \frac{R_{pl}}{a} \right)^2 \times \frac{1}{1 - e^{-\frac{hc}{\lambda k T}}}$$

Si nota che, sia nel regime termico che nel regime riflesso, il rapporto dei flussi pianeta/stella è estremamente piccolo. Poiché tra l'altro il pianeta è, visto dall'osservatore, molto vicino dalla sua stella, quest'ultimo è "abbagliato" dalla stella a scapito del pianeta.

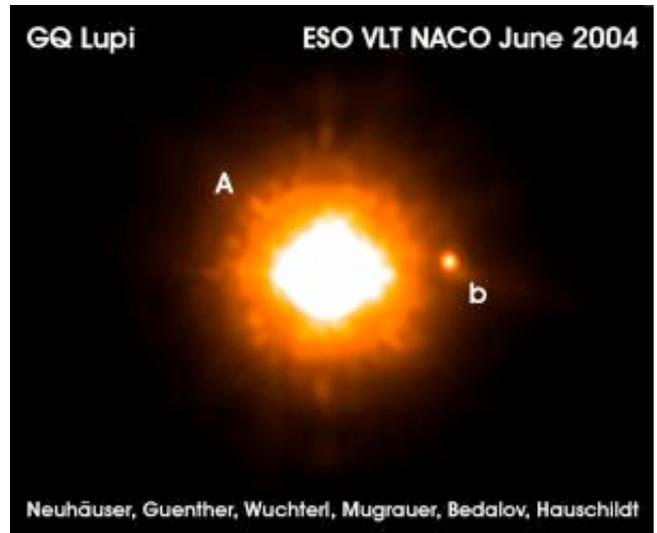
La risposta a questo inconveniente consiste nel diminuire fortemente il flusso ricevuto dalla stella senza diminuire quello ricevuto dal pianeta. Per realizzare ciò esistono due tecniche: la coronografia e l'estinzione interferometrica della stella.

## Coronografia

In modo semplificato, questa tecnica consiste nel nascondere la stella con un dischetto (maschera coronografica) nel piano dell'immagine (senza nascondere il pianeta).

## Estinzione interferometrica

Si può anche diminuire il flusso di una stella con un interferometro composta da almeno 2 specchi. Si fa interferire "negativamente" il flusso stellare che arriva su uno degli specchi con quello che arriva sull'altro specchio. Questa interferenza distruttiva "spegne" la stella. Si può sistemare la configurazione dell'



La stella giovane GQ Lupi e il suo debole compagno planetario.

Credito : ESO/VLT

interferometro in modo che il flusso proveniente dal pianeta non sia spento. Infatti, poichè i raggi luminosi provenienti dal pianeta vengono da una direzione leggermente diversa da quelli della stella, il cammino percorso da questi raggi non è lo stesso.

# Le campagne di osservazione in corso

Fino ad oggi, solo il metodo dinamico e quello dei transiti sono stati realizzati. Il metodo dinamico si traduce concretamente in diversi programmi di ricerca di pianeti con le misure delle velocità radiali delle stelle, con l'astrometria grazie al telescopio spaziale Hubble e con il cronometrando delle pulsar. Il metodo dei transiti è stato realizzato da diverse campagne di osservazione a Terra e dal telescopio spaziale Hubble.



il telescopio spaziale Hubble.

*Credito : NASA*

# I pianeti già scoperti e le loro proprietà

## Rivelazione indiretta con il metodo della velocità radiale

Al giorno d'oggi (Aprile 2005) sono stati scoperti circa 150 pianeti con il metodo delle velocità radiali. Come si è visto, questo metodo non fornisce altro che il periodo orbitale (dal quale si può dedurre il semi-asse maggiore dell'orbita), l'eccentricità dell'orbita e il prodotto  $M_p \sin i$ .

## Rivelazione indiretta con il metodo dei transiti

Qualche pianeta è stato scoperto con il metodo dei transiti. Questo metodo fornisce il periodo orbitale, l'inclinazione dell'orbita (per forza vicina a  $90^\circ$ ), il raggio del pianeta e, quando vi si associano misure di velocità radiale, la sua massa.

Si può inoltre osservare lo spettro della stella durante il transito del pianeta. L'atmosfera del pianeta produce allora delle righe di assorbimento nello spettro della stella da cui si può dedurre la composizione chimica dell'atmosfera. È così che nell'atmosfera di HD209458 b è stato trovato dell'idrogeno, dell'ossigeno e del sodio.

## Rivelazione diretta

La svolta più importante dopo le prime rivelazioni indirette è la rivelazione della luce che proviene direttamente da un pianeta. È ciò che è stato fatto per i pianeti molto giovani (quindi ancora molto caldi) 2M1207-3932, HD 209458b e TrES-1. Questi ultimi due transitano periodicamente davanti alla loro stella; si produce allora un fenomeno di eclisse secondaria quando, un semi periodo più tardi, è la stella che passa davanti al pianeta. È questa eclisse secondaria che è stata rivelata, da questa osservazione si deduce per sottrazione la quantità di flusso (in questo caso termico) emesso dal pianeta.

## Catalogo dei pianeti

Si scoprono circa due pianeti al mese. Le loro proprietà sono descritte in questo catalogo [catalogo](#) regolarmente aggiornato.

# I primi insegnamenti

Da queste scoperte si può già trarre qualche insegnamento interessante.

## La proporzione di stelle che hanno almeno un pianeta

Almeno il 5% delle stelle osservate rivelano la presenza di un compagno planetario. Questa proporzione aumenterà a mano a mano che le osservazioni saranno capaci di scoprire dei pianeti meno massicci e più lontani dalle loro stelle.

## Distanze pianeta-stelle

Tutti i pianeti (giganti, gli unici che sappiamo rivelare) scoperti al giorno d'oggi sono molto più vicini (fino a 100 volte) alla loro stella di quanto non lo sia Giove al Sole. Ciò ha rappresentato una grande sorpresa perché la teoria prevede che un pianeta gigante deve formarsi ad almeno 5 ua dalla sua stella. Questa disparità si spiega oggi con il fenomeno di "migrazione": una volta che un pianeta inizia a formarsi relativamente lontano dalla sua stella nel disco protoplanetario, si produce un fenomeno d'interazione gravitazionale tra il disco e il pianeta in formazione che ha per effetto di frenare il pianeta che di colpo si avvicina alla sua stella (migrazione) fino al momento in cui cessa l'interazione. Questi pianeti che sono molto vicini alla loro stella, che li porta a una temperatura elevata (fino a 1200 K). E' per questo che si chiamano i "Giove caldi".

## Eccentricità degli orbite

Un'altra sorpresa è stata di constatare che la maggior parte delle orbite planetarie sono abbastanza o molto eccentriche: formano delle ellissi più o meno allungate invece di essere quasi circolari come nel sistema solare. Al giorno d'oggi non si è ancora sicuri di conoscere la spiegazione di questo fenomeno. Una delle spiegazioni più verosimili potrebbe essere che se due pianeti migrano, lo fanno a velocità diverse. Devono allora per forza incontrarsi e durante quest'incontro l'uno espelle l'altro dal sistema planetario. Le leggi della meccanica celeste fanno sì che il pianeta che resta ha per forza un'orbita ellittica.

## Metallicità delle stelle genitrici

Una delle ultime osservazioni interessanti è che le stelle per le quali sono stati trovati uno o più pianeti sono più ricche in elementi pesanti (carbonio, ossigeno, ferro, ...) che la media delle stelle. Si dubita ancora sulla spiegazione da dare a questa correlazione. Può essere dovuta al fatto che la stella e il suo corteo planetario sono originati da una nuvola molecolare ricca in elementi pesanti, oppure al fatto che la stella sia stata arricchita in elementi pesanti grazie alla caduta su di essa di pianeti.

# Cosa si cerca esattamente?

Un po di filosofia:

la nozione di vità è fondamentalmente soggettiva: si dice vivente un "oggetto" (come si dice "oggetto d'attenzione" o "oggetto d'amore") con il quale si possano avere relazioni ricche e interessanti. Tra queste relazioni, esiste la possibilità di potere proiettare su di lui dei comportamenti che ci sono propri, come l'autonomia. Non esistono dunque realmente organismi viventi ma solo relazioni viventi con degli organismi.

Cio' detto, che ogni oggetto con il quale si entri in relazione vivente abbia un'architettura fisico-chimica complessa (molecole, cellule, organi...) è una constatazione empirica. Nessuna teoria filosofica, psicologica o biochimica é riuscita a spiegare questa correlazione, che puo' solo essere osservata. Essa permette di fare il cammino inverso e di attribuire, a titolo di ipotesi metodologica, il carattere del biologicamente vivente a un oggetto la cui architettura fisico-chimica è complessa e presenta caratteristiche analoghe a quelle degli organismi terrestri. E' il metodo seguito dagli astronomi che cercano la "vita" fuori dalla Terra. In questo metodo, si tratta allora di sapere quali sono le caratteristiche che verranno usate. Questa scelta è parzialmente arbitraria.

# La nozione di zona abitabile



Una volta ammesso, il metodo biochimico qui sopra descritto permette di precisare in quale tipo di pianeta ci si può aspettare di incontrare vita biologica. Perché quest'ultima possa prosperare, sono richieste un certo numero di condizioni. Queste condizioni sono generalmente ammesse dagli astronomi, che restano aperti a differenze e a varianti.

La condizione principale è che deve esserci un mezzo liquido perché avvantaggia enormemente il trasporto dei materiali necessari a un'attività biochimica.

L'acqua è un liquido a priori promettente perché è uno dei più abbondanti nell'Universo (gli altri sono per esempio l'alcool; il metano e l'ammoniaca che possono ugualmente trovarsi allo stato liquido, ma a temperature molto più basse). L'acqua presenta inoltre il vantaggio di essere uno dei migliori solventi, il che favorisce le reazioni e gli scambi biochimici. Si è così portati a favorire le circostanze che permettono la presenza d'acqua liquida.

Nell'ambito dei concetti termodinamici tradizionali, un'altra condizione universale è la necessità di una sorgente d'energia "nobile" (cioè sotto forma non termica) a entropia molto bassa, che deve anche essere permanente perché una sua eventuale interruzione condurrebbe alla distruzione degli organismi. La migliore sorgente d'energia permanente, abbondante e di bassa entropia conosciuta al giorno d'oggi è la radiazione delle stelle.

Il migliore luogo indentificato al giorno d'oggi dove si trovano sia acqua liquida che una sorgente permanente e intensa di luce è un pianeta situato a una distanza della sua stella tale che la temperatura superficiale sia di circa 300 K. In più deve essere abbastanza massiccio per impedire all'acqua di sfuggire dall'attrazione del pianeta, ma non troppo altrimenti l'acqua sarebbe confinata negli strati profondi e senza luce di un'atmosfera di idrogeno (quest'ultimo punto rimane oggetto di discussione). Si è così portati a cercare con priorità la vita biologica su un pianeta la cui massa vale 1 o più masse terrestri, situato a una distanza dalla sua stella compresa fra 0,2 u.a. (per le stelle di tipo M) e 1,5 u.a. (per le stelle di tipo F), (anche se i satelliti giganti ricchi in acqua e riscaldati grazie ad effetti di marea come Europa sono ammissibili). Questa distanza critica, dipendente dal tipo di stella, definisce quello che si chiama la zona abitabile della stella.

# Come cercare

Se nel sistema solare si possono inviare delle missioni che faranno delle analisi in situ o addirittura che riporteranno a Terra dei campioni per analizzarne la struttura biochimica, nel caso dei pianeti extrasolari si è ridotti a fare del telerilevamento. Quest'ultimo può essere sotto diverse forme:

- analisi di "segnali" radio o ottici: è il metodo dei programmi "SETI" (Search for ExtraTerrestrial Intelligence) che non commenteremo più a lungo.
- analisi polarimetrica dei pianeti extrasolari. Questa via non è per il momento utilizzata.
- analisi spettrale dei pianeti extrasolari. È il metodo il più elaborato, che svilupperemo qui di seguito.

Esistono due approcci per scoprire un'attività biologica nello spettro di un pianeta: l'analisi spettrale della sua superficie o quella della sua atmosfera.

## Vegetazione

Un approccio diretto consiste nel cercare di rivelare direttamente degli organismi alla superficie del pianeta grazie alle loro proprietà spettrali. Un esempio è di cercare un analogo delle caratteristiche spettrali di una vegetazione che rivela un potere riflettente molto alto al di sopra di 725 nm (perché le piante emettono 60 volte più luce nell'infrarosso che nel verde).

## Ossigeno-ozono

Invece di rivelare direttamente lo spettro della luce riflessa dagli organismi simili alle piante, si può cercare di rivelare dei sotto-prodotti non biologici di un'attività biochimica. È il caso per esempio dei gas iniettati nell'atmosfera come l'ossigeno (sotto-prodotto della fotosintesi) o il metano (sotto-prodotto della decomposizione degli organismi). D'altronde l'ossigeno stesso ha come sotto-prodotto l'ozono che si può ugualmente cercare a rivelare.

# Astrometria

L'organismo europeo ESO (European Southern Observatory) ha in progetto la ricerca da Terra di pianeti giganti intorno a un centinaio di stelle; tale programma avrà inizio nel 2008 con lo strumento PRIMA installato sul grande interferometro di 120 metri VLT (Very Large Telescope Interferometer) in Cile.

Nello spazio due progetti sono nella fase finale dello studio:

- SIM (Space Interferometry Mission) della NASA è un interferometro di 20 metri di base installato su una trave e composto da 2 telescopi di 40 cm di diametro. Il suo lancio è previsto per il 2009. Potrà cercare pianeti intorno alle 1500 stelle più vicine. E' sufficientemente preciso per scoprire pianeti di qualche massa terrestre situati a meno di 5 pc dal Sole.
- GAIA dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea) è uno strumento che misura le variazioni di posizione di una stella rispetto a tutte le altre (più brillanti di  $m=20$ ). Questo processo gli permette di misurare le variazioni di posizione di 1,5 miliardi di stelle. Avrà una precisione sufficiente per cercare pianeti delle dimensioni di Giove intorno a circa 20000 stelle. Il lancio è previsto per 2012.



GAIA (vista d'artista).

Credito : ESA / Medialab

# Transiti

A Terra, esistono, sono in corso d'installazione o stanno lavorando numerosi telescopi di dimensioni piccole e medie (fino a 1 metro di diametro) con obiettivo la scoperta di "Giovi caldi" grazie al metodo dei transiti.

Nello spazio, il CNES deve lanciare nel 2006, in collaborazione con altri paesi europei, un telescopio di 30 cm di diametro chiamato CoRoT. Come indica il suo nome (Convezione, Rotazione e Transiti planetari) deve nello stesso tempo studiare la rotazione e la convezione di qualche stella brillante e cercare dei transiti planetari davanti a 60000 stelle di magnitudine inferiore alla 16. CoRoT ha una sensibilità sufficiente per trovare pianeti grandi il doppio della Terra (cioè il 20% delle dimensioni di Giove).



Il telescopio COROT (vista d'artista).

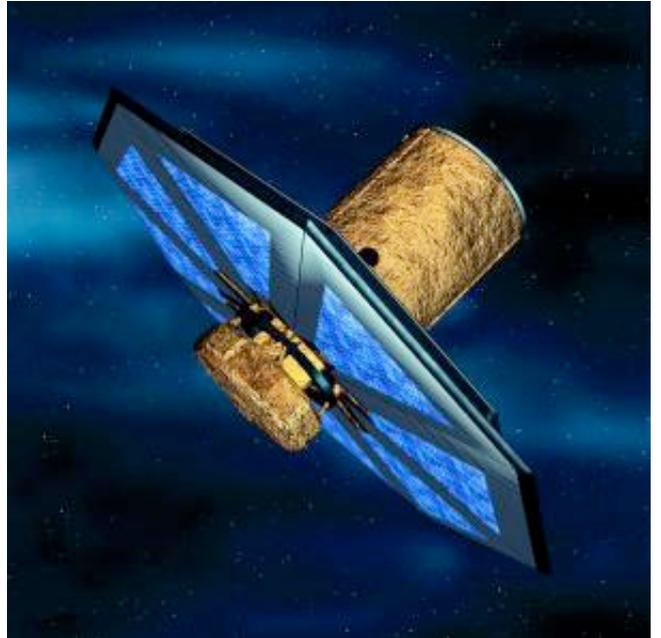
*Credito : CNRS*

# Immagini dirette

E' di gran lunga il campo più promettente. Infatti, questo metodo permette una dettagliata caratterizzazione delle proprietà fisiche e chimiche dei pianeti:

- Atmosfera (densità, composizione, ...)
- Superficie (colore, morfologia degli oceani/continenti ...)
- Rotazione del pianeta (durata del "giorno")
- Satelliti, anelli

Molti progetti sono in corso, a Terra e nello spazio. E' il campo ove sono concentrate la maggior parte delle attività ed è in rapida espansione.



Uno dei telescopi del progetto Darwin (vista d'artista).

*Credito : ESA / Medialab*

# Da Terra

L'ESO dovrebbe rendere operativo, a partire di 2008, uno strumento per immagini chiamato Planet Finder su uno dei telescopi di 8 metri di diametro del Very Large Telescope installato in Cile. Il telescopio Keck di 10 metri ha un progetto analogo. Il LBT (Large Binocular Telescope) è un telescopio binoculare americano, costituito da due telescopi di 8,2 metri di diametro, installato in Cile. Uno dei due telescopi è dotato di una camera capace di scoprire pianeti.

A più lungo termine, gli Stati Uniti e l'Europa hanno progetti di grandi telescopi i cui diametri saranno compresi, in funzione della fattibilità e del costo, tra 30 e 100 metri. Saranno attrezzati con strumenti per immagini destinati a scoprire pianeti. E' ancora allo studio la possibilità di scoprire delle Terre extrasolari con questa futura generazione di telescopi, che dovrebbero nascere intorno al 2020.



l'interferometro del Keck a Hawaii

*Credito : NASA / JPL*

# Nello spazio

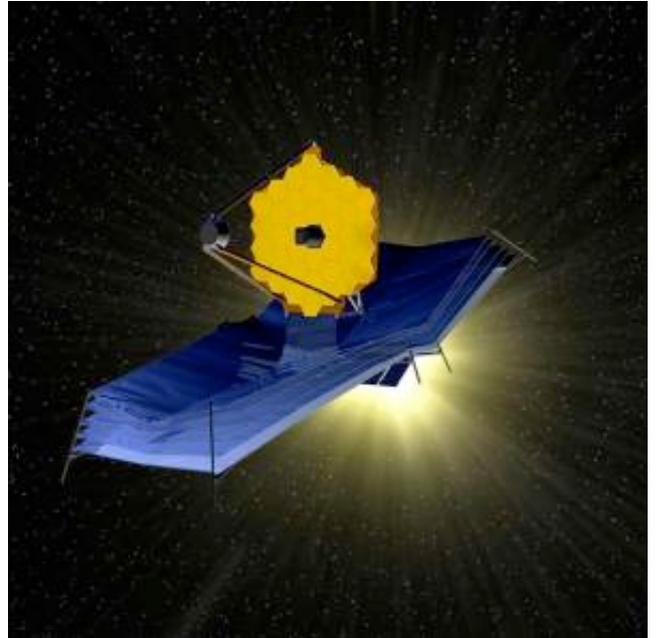
Per il momento, esiste soltanto un telescopio spaziale il cui lancio è sicuro (previsto nel 2011), il James Web Space Telescope (JWST). Ma parecchi altri progetti sono in discussione.

Il JWST è un telescopio di 7 metri di diametro ottimizzato per l'infrarosso. E' dotato di diversi strumenti (spettrografi, strumenti per immagini). Per cio' che riguarda i pianeti extrasolari, MIRI (Mid-InfraRed Imager) è uno strumento per immagini dotata di una serie di coronografi adattati alla scoperta di pianeti nelle diverse lunghezze d'onda tra 7 e 20 micron. JWST dovrebbe poter scoprire qualche pianeta intorno alle stelle più vicine.

Esistono, per il medio termine, tre tipi di progetti, non ancora approvati:

- Un telescopio di dimensioni modeste (circa 1 metro di diametro) dotato di un coronografo e capace di rivelare la luce riflessa dai pianeti giganti.
- Un telescopio di 3,5 m x 7 m, detto TPF-C, dotato di un coronografo e destinato a scoprire pianeti tellurici grazie alla luce stellare riflessa.
- Un interferometro composto da un numero di telescopi compreso fra 3 e 6, ognuno di 3 metri di diametro e distanti fra loro da qualche diecina e qualche centinaio di metri. Esistono due progetti paralleli, il primo, Darwin, in fase di studio all'Agenzia Spaziale Europea, il secondo, TPF-I, in fase di studio alla NASA. Questi due progetti sono destinati a cercare pianeti tellurici nell'infrarosso grazie alla loro emissione termica.

L'immenso interesse di questi tre progetti (Darwin, TPF-C, TPF-I) risiede nella capacità di cercare delle tracce biologiche negli spettri.



: Il telescopio spaziale James Web (vista d'artista).  
Credito : Northrop Grumman

# Emissione decametrica

Nel sistema solare, molti pianeti sono sede di un'emissione radio di lunghezza d'onda di qualche metro (emissione decametrica), più forte di quella del Sole. Ne consegue l'idea di cercare di rivelare dei pianeti extrasolari nel campo decametrico, nel quale non si è disturbati dall'emissione parassita della stella. Questo approccio sembra soprattutto promettente per i Giovi caldi. E' uno degli obiettivi scientifici del grande interferometro decametrico LOFAR che dovrebbe iniziare a funzionare in Olanda nel 2007.

## Bibliografia

\* Frei e Mayor I nuovi mondi del cosmo



Una stazione LOFAR (vista d'artista).

*Credito* : LOFAR Science Consortium