

Il progetto spaziale CoRoT

Il **satellite**, piazzato su un'orbita ad un'altezza di 869 km, porta un**telescopio** capace di osservare in modo continuo numerose stelle per periodi molto lunghi, e di misurare le variazioni della loro luminosità con estrema precisione.

CoRoT sarà lanciato nel 2006 e per la prima volta indagherà sulla natura di fenomeni e di oggetti mai osservati a tutt'oggi.

Due sono gli obiettivi scientifici principali di CoRoT:

- "Vedere" all'interno delle stelle osservando e studiandone le oscillazioni grazie ai metodi della **sismologia**.
- Ricercare dei **pianeti extrasolari** osservandone il passaggio davanti alle stelle intorno alle quali girano.

Per questa misura per periodi molto lunghi e con grande precisione le variazioni di luminosità delle stelle selezionate.

CoRoT raccoglierà una quantità eccezionale di dati di altissima precisione sulle minime variazioni temporali di luminosità di migliaia di stelle. Oltre ai due obiettivi principali sopra citati, contribuirà alla comprensione di numerosi altri problemi e studierà una grande varietà di altri fenomeni che si manifestano attraverso variazioni di luminosità delle stelle.

L'acronimo CoRoT ricorda i principali fenomeni che CoRoT permetterà di capire, la Convezione e la Rotazione delle stelle, ed anche i Transiti dei pianeti extrasolari.



Logo e manifesto di CoRoT realizzati da Patrice Amoyel
Credito : CNES

Il satellite

CoRoT è la terza missione del programma “piccole missioni” del CNES selezionata nel ottobre del 2000. Il satellite sarà lanciato nel 2006 da un razzo Soyuz.

Le comunicazioni con il satellite e il suo controllo saranno effettuati dal “segmento suolo”, situato al CNES a Tolosa.

Nel 1993 il Centro Nazionale di Studi Spaziali (CNES) ha lanciato un programma di piccole missioni. Si tratta di satelliti di dimensioni medie, che pesano sotto i 600 kg, che utilizzano una piattaforma **PROTEUS**, e che devono evolvere su orbita bassa. Il loro costo non deve superare i 50 Meuro, per quanto concerne il contributo del CNES.

CoRoT è stato selezionato come terza missione di questo programma dopo le missioni **JASON 1**, lanciata nel dicembre 2001 e **CALYPSO** che è stata lanciata alla fine del 2005.

Il satellite è costituito da un solo strumento, il telescopio fotometrico, montato sulla piattaforma **PROTEUS**. Le sue caratteristiche sono compatibili con quelle di un “minisatellite”.

Le principali caratteristiche del satellite CoRoT

Massa	tra 570 e 630 kg
Massa Carico Utile	circa 270 kg
Lunghezza	4100 mm
Diametro	1984 mm
Potenza elettrica	380 W
Precisione di puntamento	0.5 arcsec
Telemetria	900 Mbit/giorno
Capacità memoria di massa	2 Gbit
Capacità di puntamento	120 m/s
Durata della missione	2.5 anni minimo



Osserviamo lo schema del satellite CoRoT sotto tutti gli angoli.

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

La piattaforma PROTEUS

La piattaforma PROTEUS (Piattaforma Riconfigurabile per l'Osservazione, per Telecomunicazioni E Usi Scientifici), concepita per satelliti con massa di circa 500 kg al lancio, è costruita dalla società Alcatel Space Industries, a Cannes (Alpi Marittime, Francia). La massa di CoRoT sarà compresa tra 570 e 630 kg in configurazione di lancio.

La piattaforma Proteus, cubo di un metro di lato, è in corso di sviluppo all'ALCATEL a Cannes per CoRoT.

La piattaforma assicura tutte le risorse necessarie al funzionamento del satellite nello spazio:

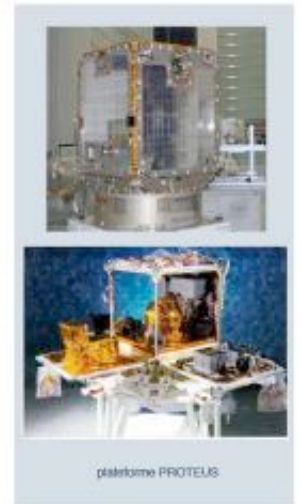
- Controllo della traiettoria, grazie ad un complesso insieme di controlli di attitudine
- Potenza elettrica, grazie ai suoi pannelli solari
- Comunicazione con la Terra, grazie ad un antenna

PROTEUS



La piattaforma PROTEUS

Credito : CNES / Alcatel / Osservatorio di Parigi



Il razzo

La gamma dei possibili lanciatori per “una piccola missione” è limitata, essenzialmente per ragioni economiche, ma anche per le dimensioni e le prestazioni.

Soyuz è il razzo che è stato più utilizzato al mondo. La sua capacità in orbita bassa è di 7,5 tonnellate. Misura 49 m di altezza e pesa circa 310 tonnellate.

- Il primo stadio è costituito da quattro acceleratori laterali di 19,8 m di altezza, spinti da motori a ergol liquidi (kerosene ed ossigeno) che sviluppano 102 tonnellate di spinta per ogni acceleratore.
- Il secondo stadio, centro del lanciatore, ha un'altezza di 28 m. Il suo motore sviluppa 96 tonnellate di spinta.
- Il terzo stadio di 8,1 m di altezza, per un diametro di 2,66 m, sviluppa 30 tonnellate di spinta.
- Al decollo, il primo ed il secondo stadio si accendono simultaneamente.

Il lanciatore di CoRoT sarà una versione del razzo Soyuz, fabbricato a Samara dalla società [STARSEM](#) qche ne assicura la commercializzazione e la gestione.

Gli azionisti di Starsem sono Arianespace, EADS, l'Agencia Aeronautica e Spaziale Russa e il Centro Spaziale di Samara.

Il lancio sarà effettuato dal cosmodromo di Baïkonour in Kazakhstan.



Lancio di un razzo Soyuz, a Baïkonour

Credito : CNES / STARSEM

Il segmento al suolo

Il "Segmento al Suolo" raggruppa l'insieme dei mezzi a Terra necessari all'invio e alla ricezione delle informazioni scambiate con il satellite e al trattamento dei dati ricevuti.

I componenti del segmento al suolo sono:

- Una stazione principale ed una secondaria per l'invio e la ricezione dei dati
- Il Centro di Controllo CoRoT (CCC) che trasmette al satellite tutte le informazioni da inviare
- Una rete di trasmissione dati
- Il Centro di Missione CoRoT (CMC) che prepara le osservazioni (catena montante), tratta le informazioni ricevute dal satellite (catena discendente) ed effettua il primo trattamento dei dati scientifici.
- Il Centro di Dati CoRoT (CDC) ha il compito di curare la qualità finale dei dati e della loro distribuzione alla comunità scientifica.

A Terra



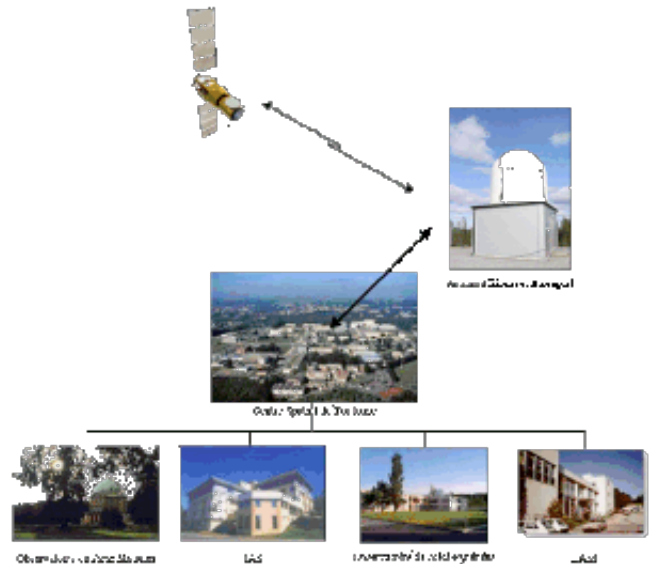
Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Il centro di dati CoRoT

Stazione principale a Terra

La stazione principale a Terra assicura il collegamento satellite/Terra, cioè: la trasmissione dei telecomandi al satellite, la ricezione dei dati (telemisure) provenienti dal satellite e l'invio in tempo reale al Centro di Controllo CoRoT delle informazioni vitali di controllo.

La stazione principale a Terra appartiene alla rete di stazioni ICONES. Questa rete comprende attualmente due stazioni situate a Kiruna ed a Aussaguel compatibili con i programmi PROTEUS e Myriade. Si tratta di stazioni automatiche in banda S allo standard CCSDS, dotate di un'antenna di 3 m di diametro sotto "radôme" e telegestite dal centro di controllo.



Stazione secondaria a Terra

La componente operativa a Terra sarà completata con una seconda stazione, detta secondaria ed localizzata in Brasile. Questa stazione avrà la funzione di aumentare la capacità del legame satellite/Terra (comunicazioni con il satellite) nelle fasi di calibrazione e di messa in stazione, e di aumentare il volume dei dati scientifici nelle fasi di osservazione.

La stazione, situata a Natal e messa a disposizione dal partner brasiliano, sarà dello stesso tipo di quelle operative in seno ad ICONES (compatibile con l'insieme delle interfacce PROTEUS).

La componente al suolo è costituita da diverse entità distribuite in diversi luoghi geografici. Essa comprende il Centro di Missione, il Centro di Controllo, la rete di comunicazione, una stazione principale completata da una stazione secondaria.

Credito : Osservatorio di Parigi / CNES / LESIA

Distribuzione dei dati

I dati scientifici validati saranno messi a disposizione della comunità via internet tramite l'archivio del progetto installato all'IAS (Istituto d'Astrofisica Spaziale) situato sul [campus universitario di Orsay nella regione parigina](#). La comunità associata a CoRoT godrà di un accesso riservato per un periodo di un anno. A più lungo termine i dati saranno trasferiti al [Centro di Dati astronomici di Strasburgo](#) dove la loro accessibilità sarà assicurata tramite l'Osservatorio Virtuale.

Il telescopio

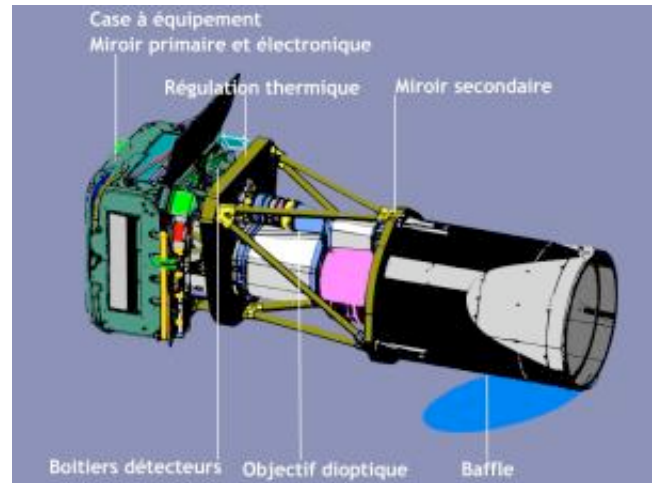
CoRoT deve misurare con una grandissima precisione le variazioni di luce ricevute dalle stelle.

Ogni perturbazione dell'intensità, provocata dallo strumento stesso o dall'ambiente spaziale deve essere minimizzata, in particolare la luce parassita generata dalla Terra.

Cio ha determinato la concezione ottica dello strumento.

CoRoT è un telescopio a grande campo di 27 cm di diametro che funziona nel visibile, che raccoglie e concentra i **fotoni** e forma un'immagine del cielo sui rivelatori, installati nel piano focale.

Uno scomparto contiene tutta l'attrezzatura elettronica necessaria al funzionamento dello strumento ed il calcolatore di bordo dedicato al trattamento dei dati.



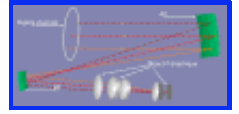
schema del telescopio CoRoT

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Principio del telescopio

Il telescopio CoRoT ha la funzione di raccogliere e concentrare i fotoni.

- Il collettore afocale è composto da due specchi fuori asse che riducono le dimensioni del fascio luminoso di un fattore 9. Consente anche di ottenere una buona uniformità d'immagine nel campo visivo. .
- Viene ripreso da un obiettivo diottrico di 1200 mm di focale con apertura $f/4$. Permette di offrire un grande campo di osservazione ($2,7^\circ \times 3,05^\circ$) assicurando un'eccellente protezione dalla luce parassita all'interno del telescopio.
- Consente anche di ottenere una buona uniformità d'immagine nel campo visivo.

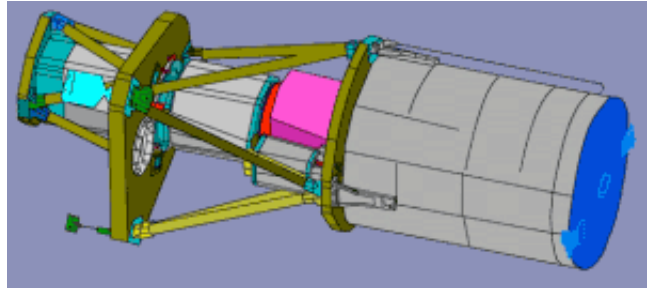


Il collettore afocale

Il collettore afocale è composto da due specchi cofocali parabolici che lavorano fuori asse. E' completato da:

- una cassa, la cui funzione è di arrestare la luce parassita che proviene dalla Terra (tasso di rigetto 10-13).
- Un coperchio di protezione che sarà aperto in volo dopo le prime misure realizzate in oscurità.

collettore afocale



Struttura meccanica del telescopio: a sinistra, la piastra superiore porta lo specchio M1; a destra, la piastra inferiore lo specchio M2, e la piastra intermedia l'obbiettivo diottrico; il piano focale con la sua cassa ed il suo coperchio.

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA / UFE

L'obiettivo diottrico

L'obiettivo diottrico è composto da 6 lenti. Forma l'immagine del cielo nel piano focale sui sensori.

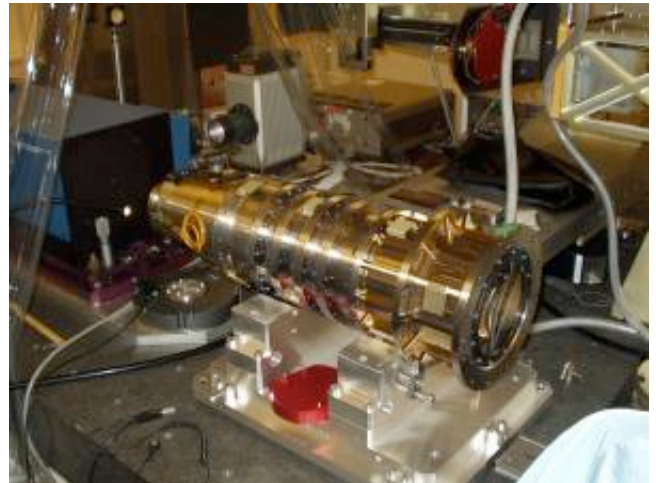
- La sua focale è di 1200 mm
- E' apperto a f/4

Il numero di lenti, gli indici dei vetri ed il raggio di curvatura di ogni lente sono stati accuratamente scelti per ottenere una buona uniformità delle immagini delle stelle nel campo visivo.

La videocamera è costituita dall'obiettivo diottrico e del blocco focale. Viene integrata all'Istituto di Astrofisica Spaziale (IAS).

L'obiettivo diottrico è realizzato dalla società [SODERN](#). Assieme al blocco focale costituisce la videocamera.

La videocamera



L'obiettivo diottrico durante la regolazione.

Credito : CNES / SODERN

Il blocco focale

I fotoni raccolti sono concentrati dal telescopio nel piano focale.

I rivelatori sono installati in una cassa impermeabile, chiamata "blocco focale", dalle dimensioni di una scatola da scarpe, che permette di controllare la loro pulizia e la loro temperatura.

Questo blocco, grazie ad una blindatura efficace, assicura anche la protezione contro le radiazioni altamente energetiche dell'ambiente circumterrestre.

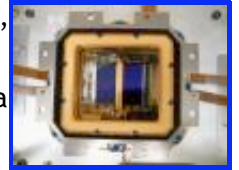
- Un anello d'interfaccia ed un cuneo di regolazione tra obiettivo diottrico ed blocco focale assicurano una buona "focalizzazione" della luce sui rivelatori.
- La temperatura dei rivelatori è mantenuta a circa -40° C ed è stabilizzata a 5 milligradi.

La [foto del blocco focale](#) mostra a destra i 2 rivelatori dedicati al programma di sismologia, a sinistra i rivelatori dedicati al programma pianeti extrasolari, sormontati da un prisma.

CCD

Un sensore **CCD** è un dispositivo a trasferimento di carica (Charge Coupled Device), composto da un gran numero di microscopici fotositi (**pixel**) sensibili alla luce.

I sensori sono piazzati nel piano focale. Due sensori CCD sono dedicati al programma **asterosismologia**, ed altri due sensori CCD al programma dei pianeti extrasolari.



Asterosismologia

I sensori dedicati al programma asterosismologia :

- Sono matrici di 4 milioni di pixel per ogni CCD.
- Ogni pixel è un quadrato di 13 **micron**.
- Funzionano ad una temperatura prossima a -40° C, la più costante possibile, stabilizzata da un sistema di controllo molto preciso.
- L'immagine delle stelle è formata in una metà del sensore chiamata "zona immagine" (a sinistra sulla foto).
- Gli elettroni accumulati nella zona immagine vengono poi trasferiti nella zona memoria per essere contati.



Blocco bi-prisma

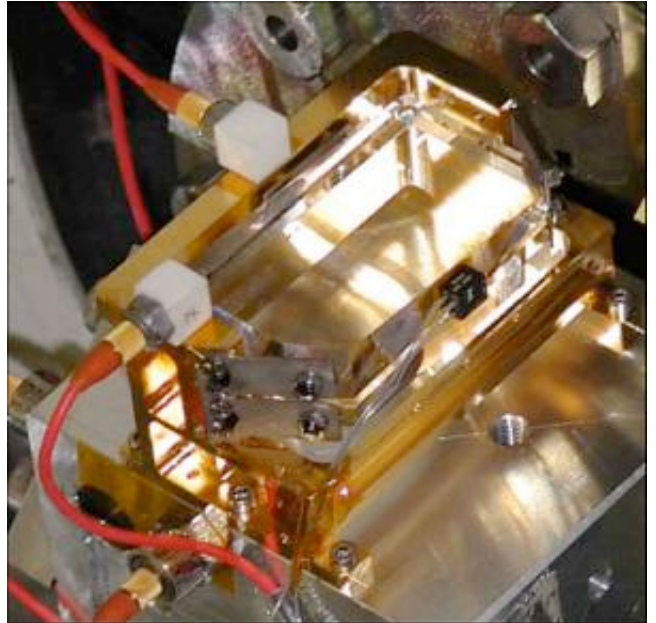
Pianeti extrasolari

I sensori dedicati al programma dei pianeti extrasolari:

La parte dedicata ai pianeti extrasolari comprende in più un blocco bi-prisma che permette di disperdere spettralmente la macchia immagine delle stelle osservate, per poi distinguere le variazioni interne di segnale delle stelle dovute ai transiti planetari che sono **acromatici**.

- Sono delle matrici CCD di 8 milioni di pixel ognuna (4096x2048).
- Un pixel è un quadrato di 13 micron di lato.

I sensori sono stati scelti per la loro grande efficienza nel rivelare i fotoni, che è superiore allo 85 % nel colore verde.



Credito : CNES

Osservare-rivelare-misurare

Il satellite CoRoT realizzerà due programmi scientifici per i quali è necessario:

- Osservare le oscillazioni di una stella.
- Rivelare i transiti di piccoli pianeti lontani.



Questi due fenomeni necessitano *delle stesse tecniche di osservazione*, che sono le due principali tecniche attualmente in uso per rivelare le oscillazioni stellari ed i transiti planetari :

- La tecnica **spettroscopica** permette di misurare le variazioni di velocità relativa.

La tecnica "spettroscopica" può essere utilizzata da Terra, ma permette di rivelare le oscillazioni solo di un piccolo numero di stelle e dà accesso a pianeti extrasolari giganti.

- La tecnica **fotometrica** permette di misurare variazioni di luminosità.

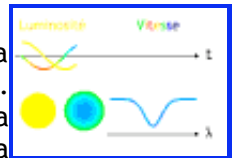
La tecnica fotometrica permette di fare queste osservazioni su un grande numero di stelle molto diverse. *E' la tecnica impiegata da CoRoT.* Consiste nel contare i fotoni emessi dalla stella e ricevuti dal telescopio, ma implica un'osservazione dallo spazio.

I **transiti** planetari, come le oscillazioni stellari si manifestano con delle variazioni di luminosità della stella, oppure dalle variazioni della velocità relativa di quest'ultima rispetto alla Terra che si devono misurare con una grande precisione.

Bisogna anche osservare a lungo ed in modo continuo, dunque liberarsi delle interruzioni dovute al passaggio di nuvole, all'alternanza giorno/notte e alla rotazione della Terra intorno al Sole. *E' per questo che bisogna andare nello spazio.*

Osservare l'animazione qui a fianco:

La stella è animata da una pulsazione, il suo raggio varia (disco giallo) e le velocità alla superficie sono alternativamente dirette verso di noi (blu) o si allontanano da noi (rosso). Cio' provoca delle variazioni periodiche della luminosità (tratto giallo) della stella e della velocità dei suoi strati superficiali, o atmosfera (tratto iridato). Questa velocità è misurata grazie all'effetto Doppler, dalla variazione della lunghezza d'onda delle righe spettrali emesse dalla sua atmosfera (in basso a destra).



Spettroscopia

Misura della velocità radiale

La tecnica "spettroscopica" consiste nel misurare con grande precisione la **velocità radiale** della stella tramite **effetto Doppler** osservandola con uno spettrografo e misurando gli spostamenti delle righe spettrali dovuti a questo effetto.

Le oscillazioni stellari sono rivelabili con questo metodo perchè generano dei campi di velocità alla superficie delle stelle.

Il movimento "riflesso" della stella dovuto alla rivoluzione di un pianeta è anche lui rivelabile con l'effetto Doppler.

Effetto Doppler-Fizeau

Quando l'emittente di un'onda si avvicina all'osservatore, la frequenza sembra più grande (l'onda è "compressa"), e quando se ne allontana, la frequenza sembra più piccola (l'onda è dilatata").

- E' per questo che la sirena di un'ambulanza sembra più acuta quando si avvicina a un osservatore e più grave quando se ne allontana..
- E' anche per questo che le macchine da corsa fanno : "*Niiiiiiiiiaaaaaaoooooooooum*" quando vi passano davanti.
- L'effetto Doppler si applica ugualmente alle onde luminose emesse da un oggetto in movimento. Se l'oggetto si avvicina a noi, le righe del suo spettro saranno leggermente spostate verso il violetto. Se si allontana, le righe sono allora spostate verso il rosso. E' grazie a questo principio che si può misurare il movimento relativo di una stella rispetto all'osservatore.
- Nel caso delle stelle di tipo solare, le variazioni di velocità radiale sono solo di qualche decina di cm/s, molto difficili da rivelare. Le osservazioni in spettroscopia sono limitate a qualche stella molto brillante in rotazione lenta.

Effetto doppler



Spostamento delle righe verso il rosso o verso il blu a seconda che l'astro si avvicini o che si allontani dall'osservatore

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Fotometria

La tecnica "fotometrica" consiste nel misurare le leggere variazioni di luminosità delle stelle.

Turbolenza atmosferica

La fotometria si scontra con i problemi di perturbazione dovuti all'atmosfera terrestre, in particolare con la scintillazione dovuta alla turbolenza atmosferica.

Queste perturbazioni limitano la precisione delle misure fotometriche da Terra a qualche centesimo di %, ed impediscono la rivelazione delle oscillazioni di tipo solare, ed anche la scoperta di pianeti tellurici.

Bisogna dunque liberarsi delle perturbazioni dell'atmosfera terrestre, è perciò *'bisogna andare nello spazio..*

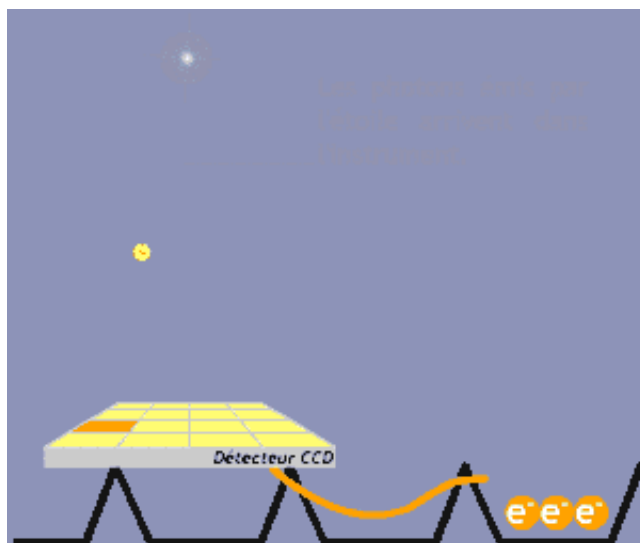
La turbolenza atmosferica perturba i fasci luminosi che ci arrivano dalle sorgenti astronomiche ed è responsabile del fenomeno di scintillazione che limita la precisione delle osservazioni fotometriche da Terra.

Contare i fotoni

Una sorgente di irraggiamento è un fascio di molte particelle chiamate "fotoni".

L'intensità della sorgente è proporzionale al numero di fotoni che emette. Per misurare l'intensità luminosa in provenienza dalla sorgente, si possono dunque contare i fotoni ricevuti.

- Quando l'intensità della sorgente varia, il numero di fotoni ricevuti, per esempio in un secondo, varia nello stesso modo.
- Per contare i fotoni, si utilizza un "sensore", in generale una piastrina di silicio che assorbe i fotoni che riceve ed emette degli elettroni che sappiamo isolare e contare.



Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Siti di osservazioni

Osservare a lungo ed in modo continuo

La *continuità delle osservazioni per lunghi intervalli di tempo* è assolutamente necessaria.

- In sismologia, cio' permette di evitare d'introdurre nello spettro di oscillazione delle frequenze "parassite" dovute alle interruzioni (chiamate lobi secondari),
- Per la ricerca dei transiti planetari, l'assenza di interruzioni nelle osservazioni minimizza il rischio di "mancare" i transiti.

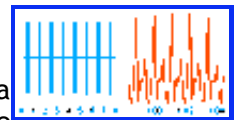
La rotazione della Terra su se stessa ed intorno al Sole, fa che una regione del cielo è visibile solo di notte e per qualche mese.

- I siti polari e le reti multi-siti costituiscono l'unica alternativa da Terra ma offrono solamente delle durate limitate e discontinue.
- Un'osservazione dallo spazio è l'unico modo di assicurare una continuità sufficiente per un tempo abbastanza lungo.
- Fino ad oggi queste oscillazioni sono state osservate in una dozzina di stelle.
- Quando la durata delle interruzioni diminuisce, lo spettro diventa più leggibile, come mostrato nell'animazione a lato.
- *Le interruzioni "perturbano" questo spettro.*



Frequenze parassite

Quando la durata delle osservazioni è frammentata e interrotta, dall'alternanza giorno/notte per esempio, lo spettro di Fourier di un segnale periodico non contiene soltanto delle righe associate alle oscillazioni corrispondenti al periodo del segnale.



I siti polari

I siti polari sono difficili d'accesso e permettono di osservare soltanto le stelle che hanno una alta declinazione e soltanto durante la notte polare, cioè per più o meno 4 mesi.

Il progetto franco-italiano CONCORDIA dovrebbe permettere d'installare un telescopio in Antartide al Duomo C, prima del 2008.

Reti multisiti

Le reti multisiti di osservatori sparsi in longitudine intorno al globo permettono in principio di seguire una stella di declinazione intermedia per 24 ore. Ma, la continuità delle osservazioni è soggetta agli imprevisti meteorologici, e la durata massima di una osservazione continua da una rete multisiti non eccede i 2 mesi (in un luogo determinato, una stella sorge e tramonta 2 ore prima ogni mese).



La rete **GONG** osserva il Sole in continuo da [6 siti dispersi sul globo.](#)

La rete **STEPHI**, dedicata all'osservazione delle stelle variabili tipo δ scuti, comprende [tre siti in Messico, nelle Canarie ed in Cina.](#)

O

biettivi scientifici

CoRoT ha due obiettivi principali :

- “Vedere” all’interno delle stelle rivelando e studiando le loro oscillazioni, grazie ai metodi della [sismologia](#).
- Ricercare pianeti extrasolari rivelando il loro passaggio davanti alle stelle intorno alle quali gravitano.

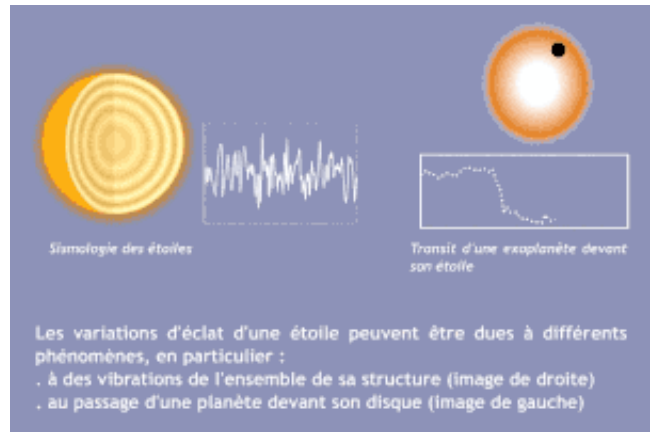
Per cio’ CoRoT misura con grande precisione e per lunghi periodi le variazioni di luminosità delle stelle selezionate.

CoRoT raccoglierà un’eccezionale quantità di dati di altissima precisione sulle variazioni minime di luminosità nel corso del tempo di migliaia di stelle. Oltre a questi due obiettivi principali, contribuirà a risolvere numerosi altri problemi. Studierà infatti una gran varietà di altri fenomeni che si manifestano con la variazione di luminosità delle stelle.

Per esempio:

- Conoscere con grande precisione le caratteristiche delle stelle variabili.
- Scoprire un grande numero di sistemi binari e farne la statistica.
- Capire come l’attività magnetica dipende dal tipo di stella.
- Trovare delle comete intorno ad altre stelle.
- Scoprire degli “oggetti di Kuiper” al confine del sistema solare...

Oscillazione di una stella



Credito : Observatoire de Parigi / UFE

Programma CoRoT

La missione spaziale CoRoT è stata concepita per osservare delle oscillazioni di un grande numero di stelle diverse in condizioni uniche:

- Per dei periodi che vanno da uno a cinque mesi.
- Con una continuità ottimale (superiore al 90%)
- Fino a livelli di ampiezza molto bassi: variazioni dell'ordine del milionesimo dell'intensità luminosa potranno essere osservate in un centinaio di stelle; variazioni dell'ordine del dieci-millesimo in diverse migliaia di stelle.

CoRoT osserverà almeno un centinaio di stelle brillanti, la metà per 150 giorni, il resto per 20-30 giorni. Queste stelle hanno proprietà diverse come indica il loro diagramma luminosità/temperatura.

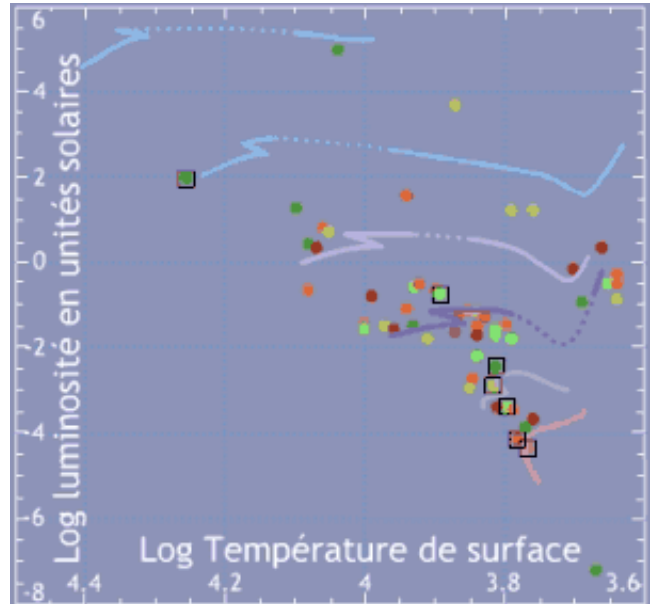


Diagramma luminosità/temperatura (HR) delle stelle che saranno osservate da CoRoT per 150 giorni. Ogni colore corrisponde a una osservazione diversa. Le stelle più brillanti sono indicate da un quadrato.

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

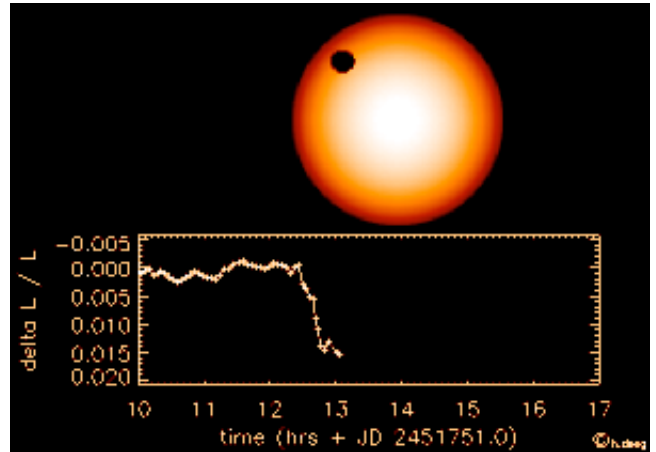
Pianeti extrasolari

Da quasi 10 anni, si sa che esistono pianeti che girano intorno ad altre stelle: sono i pianeti extrasolari. I pianeti extrasolari scoperti fino ad oggi sono tutti grandi pianeti, analoghi al nostro Giove, situati molto vicino alla loro stella.

Il primo fu scoperto nel 1995 all'Observatoire di Haute-Provence da un gruppo franco-svizzero diretto da [Michel Mayor](#).

- Perché cercarli?
- Come trovarli?

Grazie a CoRoT, che cercherà [transiti](#) di piccoli pianeti, il primo passo sarà fatto. Bisognerà aspettare ancora almeno 10 anni per avere delle vere immagini di pianeti.



Transito di un pianeta in orbita intorno alla stella HD 209458, osservazione del 26 Luglio 2000, da Deeg e Garrido, al telescopio di 0,9 m Sierra Nevada Observatori (IAA, Istituto d'Astrofisica del Andalusia, Granada).

Credito : IAA / Hans Deeg

I pianeti extrasolari scoperti

Il primo pianeta extrasolare è stato scoperto nel 1995 all'Observatoire de Haute-Provence.

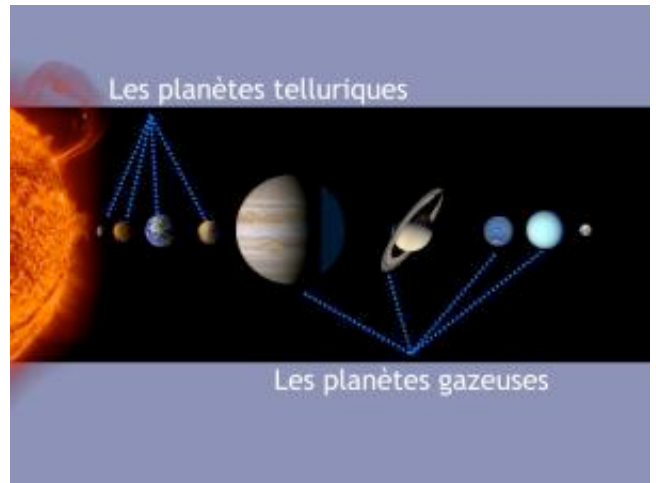
A tutto il 2004 sono state scoperte più di 120 pianeti in più di 100 sistemi planetari.

Questi sistemi sono assolutamente sorprendenti:

- I pianeti sono molto massicci (della stessa massa di Giove o più) e ciononostante sono da 10 a 100 volte più vicini alla loro stella. I loro periodi di rivoluzione sono dunque da 3 a 1000 volte più corti e si misurano in mesi o addirittura in giorni.
- Certe orbite dei pianeti di questi sistemi sono ellissi molto allungate, mentre nel sistema solare sono dei praticamente dei cerchi.

Negli anni 90, un controllo sistematico delle variazioni di velocità radiale di stelle brillanti analoghe al Sole, destinato a scoprire delle stelle doppie, ha rivelato l'esistenza di pianeti extrasolari, oggetti di piccola massa in orbita intorno ad una stella.

E' la stella 51 Pegasi che ha mostrato il primo "pianeta extrasolare" nel 1995 grazie a delle osservazioni fatte all'Observatoire de Haute-Provence da un gruppo franco-svizzero diretto da Michel Mayor.



Con il satellite CoRoT si cerca di scoprire dei pianeti extrasolari di dimensioni simili a quelle dei pianeti tellurici del nostro sistema solare

Credito : NASA / ASM

Cercatori di pianeti extrasolari

Dai tempi antichi (Epicure nel 300 prima di JC) si pone il problema dell'esistenza di "altri mondi" e della possibilità della vita al di fuori della Terra. Ma è soltanto 23 secoli più tardi, con l'aumento della sensibilità degli strumenti, che questo problema è divenuto un vero campo di ricerca.

Perchè cercare dei pianeti extrasolari:

- Per sapere come si formano i sistemi planetari e quale è la loro diversità
- Per sapere se il nostro sistema solare è unico nel cielo
- Per cercare la vita introno ad altre stelle...



nel 2002 un colloquio che riuniva gli specialisti della ricerca di pianeti extrasolari

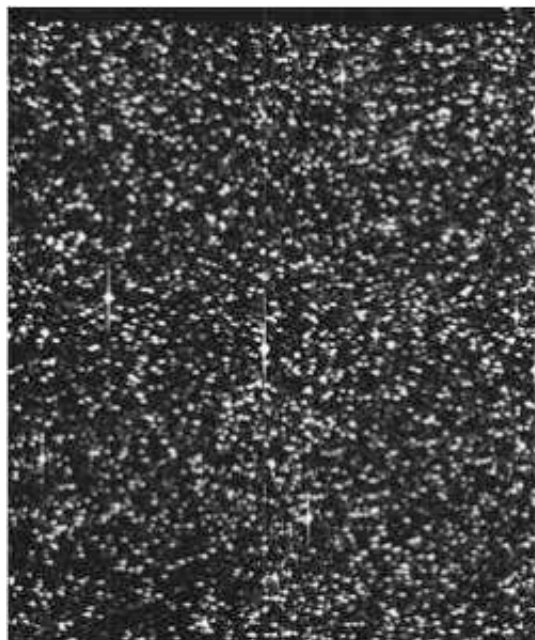
Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Direzioni di puntamento

CoRot osserverà almeno 5 volte, per 150 giorni, regioni del cielo nelle quali sarà possibile seguire 12000 stelle candidate alla scoperta di pianeti tellurici.

Le direzioni di puntamento saranno scelte in modo da poter osservare 6000 stelle in ognuno dei sensori "pianeti extrasolari", di magnitudine compresa tra 12 e 15.5, di raggio il più piccolo possibile, e che non siano inquinate dalla vicinanza di altre stelle.

Si spera così di scoprire nel corso della missione qualche decina di pianeti analoghi alla Terra e diverse centinaia o addirittura migliaia di pianeti giganti.



Simulazione di un'immagine di una regione del cielo, che contiene tutte le stelle di magnitudine più brillante di 20, come sarà vista dallo strumento CoRoT, nella via "pianeti extrasolare".

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

La sismologia

Le dimensioni, la forma, la struttura interna di un oggetto determinano il modo in cui può vibrare. Un piatto non suona nello stesso modo quando è incrinato; un bicchiere suona in modo diverso a seconda delle sue dimensioni e se è più o meno pieno.

L'insieme dei "modi di vibrazione" di un oggetto è specifico all'oggetto stesso e lo caratterizza. Le frequenze associate rivelano la sua struttura e costituiscono in qualche modo la sua carta d'identità.

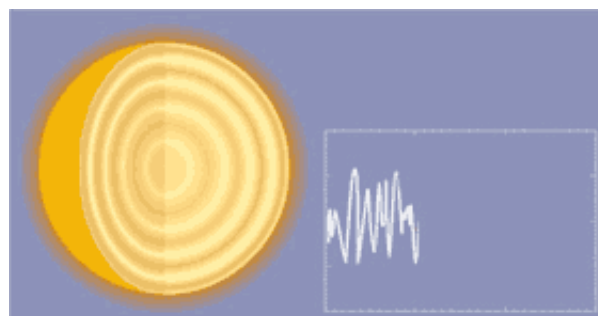
Rivelare e misurare queste vibrazioni ci informa sull'oggetto, in modo particolare sul suo interno (inaccessibile all'osservazione diretta nel caso delle stelle) ed anche su ciò che provoca le vibrazioni.

La sismologia stellare permette di studiare l'interno delle stelle.

Le stelle sono animate in permanenza di movimenti periodici, osservati per la prima volta sul Sole una ventina d'anni fa. Queste vibrazioni sono in generale molto deboli e molto difficili da osservare nelle stelle lontane.

Ma, analizzate grazie alle tecniche della sismologia, ci permettono di "vedere" l'interno di queste palle di gas spesso ben diverse del nostro Sole, rimaste fino ad oggi impenetrabili.

Osservando queste oscillazioni su stelle di massa, di età e di origine diversa, potremo ricostituire la storia della loro evoluzione, così come quella dell'intero Universo. E' quello che la missione CoRoT permetterà di realizzare per la prima volta.



Simulazione schematica di una oscillazione di una stella. Il grafico rappresenta le variazioni nel corso del tempo della luminosità del Sole, così come sono state osservate dall'esperienza VIRGO a bordo della sonda SOHO. Queste variazioni sono molto deboli, di qualche milionesimo della luminosità totale. La durata della registrazione è di 300 secondi. Esse sono dovute alla sovrapposizione di numerosi modi di oscillazione.

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Osservare le vibrazioni

I modi di vibrazione delle stelle, onde stazionarie che percorrono la sfera gassosa, hanno strutture geometriche ben conosciute.

Le vibrazioni stellari si traducono in superficie in variazioni del raggio e di temperatura che provocano variazioni della quantità di luce emessa dalla stella e movimenti periodici della suoi strati superficiali.

Certe stelle hanno delle variazioni di grande ampiezza e sono conosciute da tanto tempo dagli astronomi, che le chiamano le "stelle variabili". Ma il piccolo numero di modi di oscillazione scoperti non permette di applicare interamente a queste stelle le tecniche della sismologia.

Osservare nelle stelle lontane delle vibrazioni di piccola ampiezza, tale quelle osservate nel Sole, è un compito difficile.

- Il segnale che riceviamo dalle stelle è molto debole: nella migliore delle ipotesi, 100 miliardi di volte più debole di quello del Sole. E noi vediamo le stelle come puntini luminosi, senza possibilità di distinguere i dettagli alla loro superficie.
- Solo alcune stelle brillanti e vicine hanno rivelato i loro segreti. Così, lo spettro di Fourier della stella Alpha del Centauro, osservata per 10 notti successive con un telescopio di 3m60 è analogo a quello del Sole..

Pianeti, stelle?

Un pianeta è un corpo celeste, sferico, costituito di un nucleo solido ed eventualmente circondato da un atmosfera.

Non brilla da solo, e questo lo differenzia dalle stelle. Non fa altro che riflettere la luce della stella intorno alla quale è in orbita.

Ma poichè è molto più piccolo, molto meno massiccio e molto meno luminoso (un miliardo di volte meno della stella stessa) cio' rende difficile la sua scoperta.

Un pianeta è molto più piccolo che una stella. I loro diametri sono approssimativamente:

- Stella: 1.400.000 km
- Pianeta gigante: 140.000 km
- Terra: 13.000 km

Un pianeta è molto meno massiccio di una stella. Le loro masse sono approssimativamente:

- Pianeta gigante (per esempio Giove): 1000 volte meno massiccio del Sole
- Terra: 300 volte meno massiccia di Giove cioè 300.000 volte meno massiccia del Sole.



I due tipi di pianeti del nostro sistema solare: pianeti tellurici, pianeti gassosi

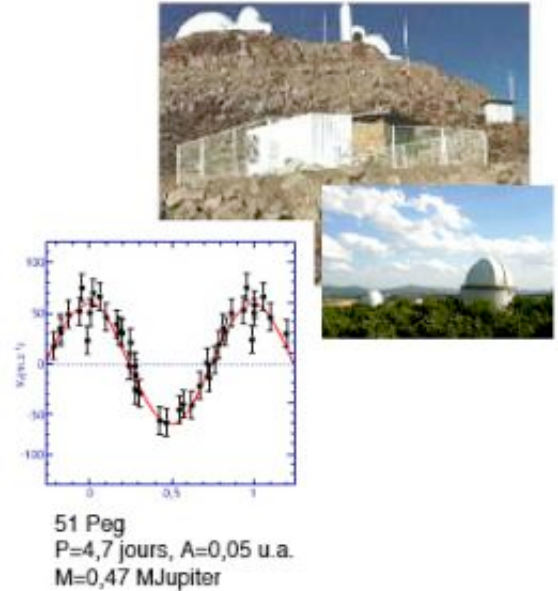
Credito : NASA e Osservatorio di Parigi / UFE

Etoile 51 Pegasi

Negli anni 90, un controllo sistematico delle variazioni di velocità radiale di stelle brillanti analoghe al Sole, destinato a scoprire delle stelle doppie, ha rivelato l'esistenza di pianeti extrasolari, oggetti di piccola massa in orbita intorno ad una stella.

E' la stella 51 Pegasi che ha mostrato il primo "pianeta extrasolare" nel 1995 grazie a delle osservazioni fatte all'Observatoire de Haute-Provence da un gruppo franco-svizzero diretto da Michel Mayor.

A tutto il 2004 sono state scoperte più di 120 pianeti in più di 100 sistemi planetari. Con il satellite CoRoT si cerca di scoprire pianeti extrasolari le cui dimensioni siano dell'ordine dei pianeti tellurici del nostro sistema solare.



Variazione di velocità radiale della stella 51 Peg, che attesta un movimento periodico attribuito ad un pianeta situato a 0.05 unità astronomiche, di periodo 4.7 giorni e la cui massa è vicina alla metà di quella di Giove. Osservazioni eseguite all'OHP.

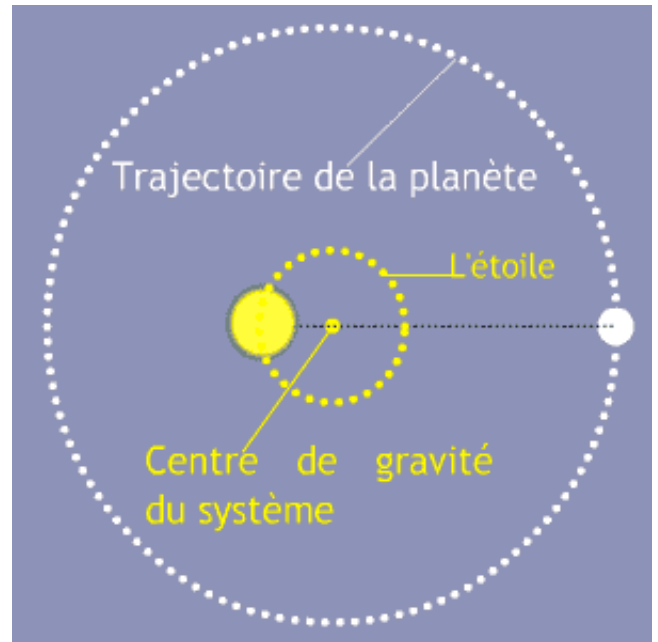
Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Scoprire i pianeti extrasolari

Invece di cercare di vedere direttamente il pianeta extrasolare, si cerca di misurare gli effetti che induce sulla sua stella:

- La perturbazione sul movimento della stella può dar luogo a due tipi di misure:
 - la perturbazione sulla velocità relativa della stella rispetto alla Terra; questo effetto è misurato con la spettroscopia. La maggior parte dei pianeti conosciuti attualmente è stata scoperta con questo metodo, che però non permette di raggiungere la precisione necessaria per trovare pianeti come la Terra.
 - le posizioni successive della stella nel corso del tempo. Questo metodo è molto più difficile da mettere in opera.
- La perturbazione sulla luminosità della stella o "transito": è il metodo impiegato da CoRoT.T

La stella ed il suo pianeta formano un sistema il cui centro di gravità è molto vicino alla stella, se non al suo interno; la stella ed il pianeta girano ognuno intorno al centro di gravità del sistema. La stella è animata da un molto leggero movimento periodico (un po' come la testa di un lanciatore del martello) che si può rivelare misurando per spettroscopia le variazioni della velocità della stella rispetto alla Terra oppure misurando molto precisamente la sua posizione relativamente alle stelle più vicine.



Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Metodo dei transiti

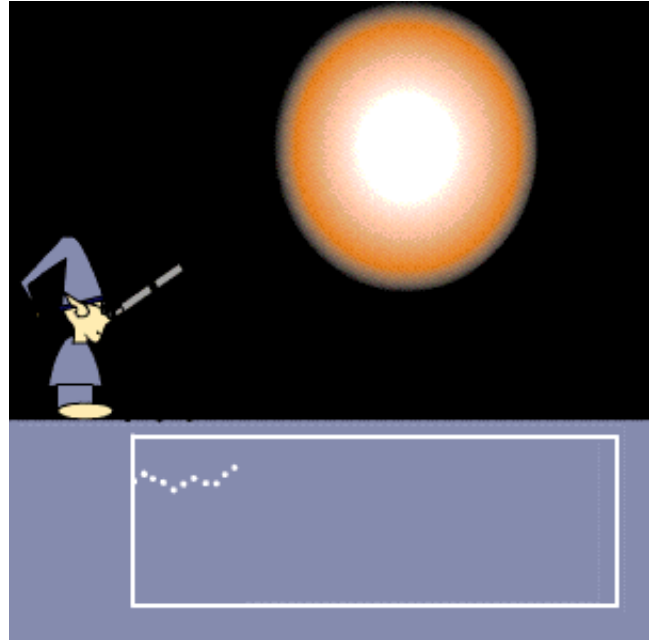
Si chiama metodo dei “transiti” planetari il passaggio di un pianeta davanti al disco della sua stella. Questo fenomeno si produce per un osservatore, quando la stella, il pianeta e l’osservatore sono allineati.

Questo fenomeno è osservato nel sistema solare: Mercurio e Venere sono recentemente transitati davanti al Sole.

L’occultazione di una parte del disco stellare dal pianeta si traduce in una diminuzione temporaria della luminosità della stella. Per scoprire dei pianeti, si può dunque cercare di misurare questa debole variazione di luminosità.

Questo metodo, chiamato “metodo dei transiti”, è attualmente l’unico capace di scoprire dei pianeti tellurici.

E’ il metodo usato da CoRoT, come dettagliato in questa animazione: [Simulatore dei transiti](#).



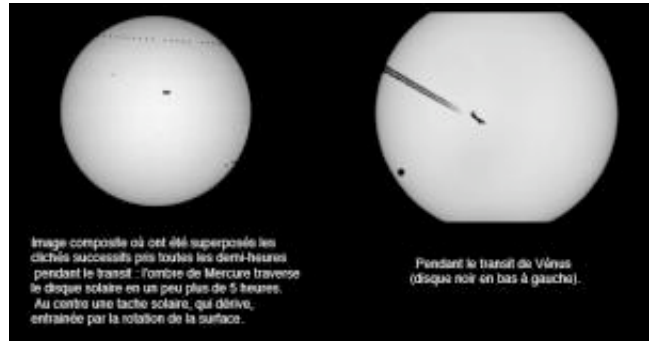
Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

I transiti di Mercurio e di Venere

Il fenomeno del transito planetario può essere osservato dalla Terra. In effetti, a volte, i pianeti del sistema solare più vicini al Sole, Mercurio e Venere, attraversano la direzione Sole-Terra. *La loro ombra è allora proiettata sul disco solare..*

Fu così

- il 7 maggio 2003 per Mercurio
- e l'8 Giugno 2004 per Venere



Osservazioni realizzate dal servizio di sorveglianza solare dell'Osservatorio.

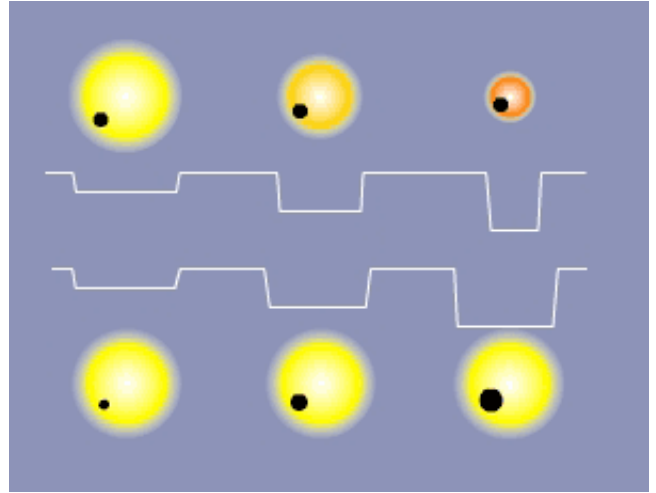
Credito : Osservatorio di Parigi - LESIA

Variazione di luminosità

La “profondità” del transito dipende dalle dimensioni della stella e da quelle del pianeta. Più la stella è grande meno il transito è profondo, più il pianeta è grande più il transito è profondo.

Se un astronomo al di fuori de sistema solare potesse osservare il passaggio della Terra davanti al Sole, la profondità del transito sarebbe di 8 diecimillesimi di magnitudine, e un centesimo per Giove.

Il transito è periodico con un periodo pari a quello di rivoluzione del pianeta. La durata del transito dipende dal periodo del pianeta cioè della sua distanza dalla stella.



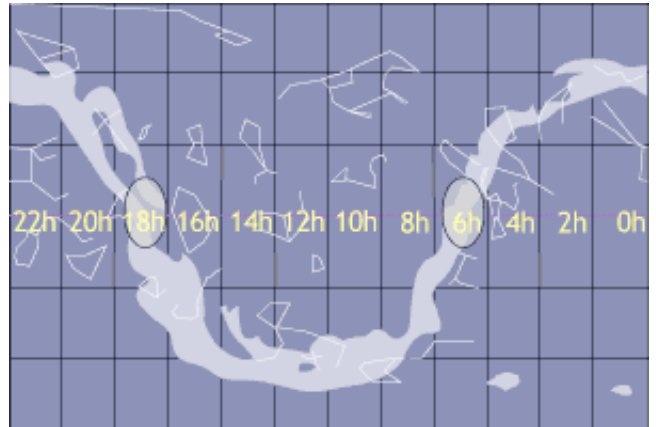
Variazione di luminosità di un pianeta dovuta a un transito
Credito : Osservatorio di Parigi - UFE

Gli occhi di CoRoT

CoRoT registrerà simultaneamente sui suoi quattro sensori le variazioni di luminosità di 10 stelle brillanti (di magnitudine comprese tra 6 e 9.5) per il programma di sismologia e 12000 stelle deboli (di magnitudine comprese tra 11 e 16) per il programma dei pianeti extrasolari.

Queste stelle saranno scelte in modo da realizzare al meglio gli obiettivi scientifici della missione appoggiandosi su delle osservazioni fatte da Terra. Ma il cielo osservabile da CoRoT è limitato dalle prestazioni del satellite e dalla necessità di osservare nell'ombra del Sole.

Le qualità scientifiche delle stelle da osservare ed i vincoli tecnici definiscono gli "occhi di CoRoT": due cerchi diametralmente opposti nel cielo, di 12 gradi di raggio, centrati all'intersezione del piano galattico e del piano equatoriale. L'uno, osservabile in inverno è situato vicino alle costellazioni d'Orione e di Monoceros, l'altro osservabile d'estate vicino a quelle dell'Aquila e dello Scudo.



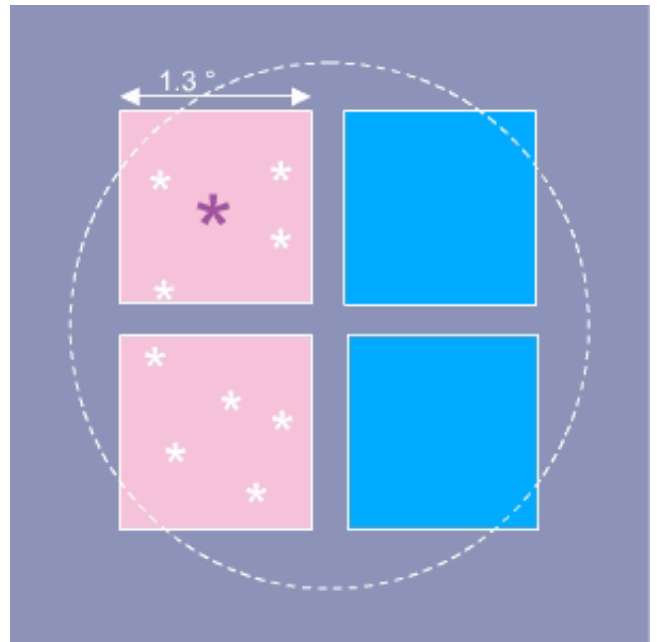
Cio' che vedrà CoRoT su una mappa del cielo limitata alle regioni equatoriali. Le regioni chiare delimitano la Via Lattea.
Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA / UFE

L'uno, osservabile in inverno è situato vicino alle costellazioni d'Orione e di Monoceros, l'altro osservabile d'estate vicino a quelle dell'Aquila e dello Scudo.

I candidati

Le stelle scelte per il programma di [sismologia](#) sono brillanti e la loro luminosità è misurata ogni 30 secondi, con una precisione di dieci millesimi. La direzione di puntamento è scelta in modo da osservare almeno una stella, candidata per la sismologia, molto brillante (magnitudine vicina a 6, visibile a occhio nudo!), per la quale la precisione sarà così buona che si potranno rivelare oscillazioni deboli come quelle osservate nel Sole. Le stelle scelte per il programma di ricerca di pianeti extrasolari sono molto meno luminose, necessitano quindi di un tempo di posa più lungo (8 minuti) per ottenere la precisione necessaria all'osservazione dei transiti.

Nello schema del piano focale si può vedere: a sinistra i due sensori dedicati al programma di sismologia; a destra i due sensori dedicati al programma di ricerca di pianeti extrasolari.



Schema piano focale: programma sismologia a destra/
programma pianeti extrasolari a sinistra

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA / UFE

L'orbita

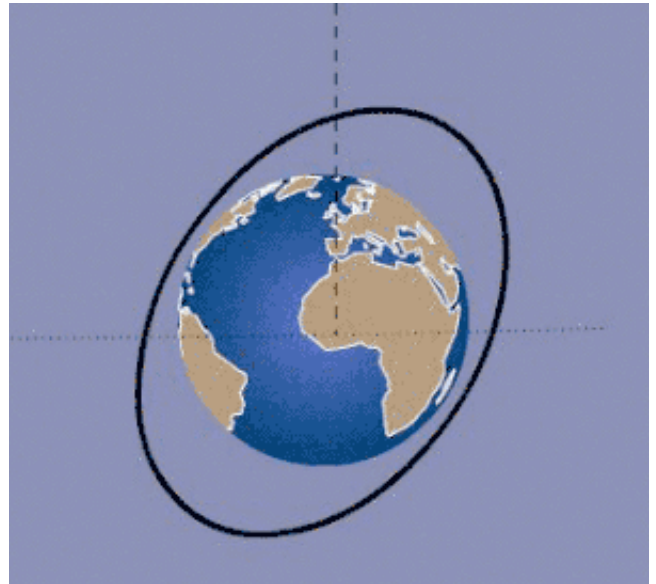
CoRoT fa parte del programma "piccole missioni" del CNES; questo programma impone un'orbita bassa.

Per poter osservare per diversi mesi senza interruzione la stessa direzione del cielo, l'unica possibilità è di utilizzare l'orbita polare, il cui piano resta fisso rispetto alle stelle.

L'altitudine dell'orbita deve essere compresa tra 800 e 900 km.

- Al disopra di questa altitudine, le radiazioni solari, soprattutto quelle dei **protoni** molto energetici, sono troppo abbondanti e rischiano di danneggiare lo strumento.
- Al disotto, la vicinanza della Terra rafforza gli effetti nefasti della luce solare riflessa dalla Terra.

Il tempo di visibilità delle stazioni a Terra cresce con l'altitudine, la scelta finale è 896 km.



Orbita polare, fissa rispetto alle stelle

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA / UFE

Svolgimento

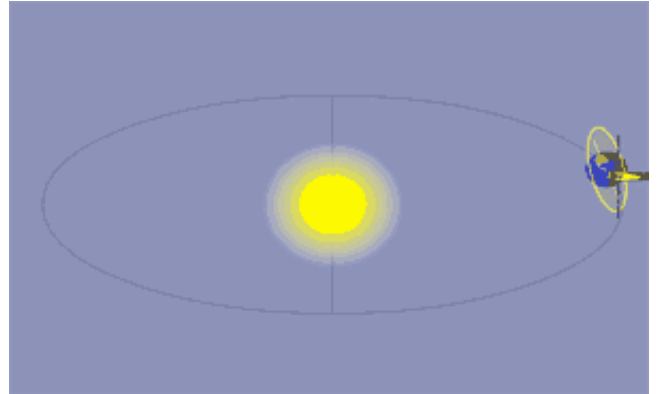
Le porzioni di cielo che si possono osservare devono essere lontane sia dal Sole che dalla Terra ma anche dalla Luna. La linea di vista non deve mai essere occultata dalla Terra:

- Bisogna dunque osservare verso una direzione molto vicina alla perpendicolare al piano dell'orbita.

Affinché il satellite sia sempre "di spalle" rispetto al Sole (cioè il telescopio sia sempre puntato in una direzione opposta al Sole) e poiché la Terra gira intorno al Sole in un anno, si gira il satellite ogni sei mesi e si osserva in due direzioni "opposte".

- *Così si osserva verso il centro galattico in estate e verso l'anticentro in inverno.*

Per conservare un rendimento massimo bisogna riorientare i pannelli solari verso il Sole ogni 10 giorni circa.



Manipolazione del satellite, posizionamento del satellite due volte all'anno, per potere osservare, deve essere "di spalle" rispetto al Sole.

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Lavoro di preparazione



Siti d'osservazione

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

La selezione delle stelle da osservare con CoRoT necessita di un lavoro molto minuzioso di preparazione, sia per il programma di sismologia per il quale si tratta di raccogliere un numero massimo di informazioni su qualche centinaio di stelle, sia per la ricerca di pianeti extrasolari per il quale bisogna raccogliere dati su centinaia di migliaia di stelle.

Questo lavoro di selezione ha richiesto un grande sforzo d'osservazione a Terra dei candidati potenziali della missione.

Iniziato nei primi mesi del 1998, si è concluso alla fine del 2005; ha richiesto tra 350 e 400 notti di osservazione preparatorie.

Preparazione del programma di sismologia

Per il programma di sismologia bisogna :

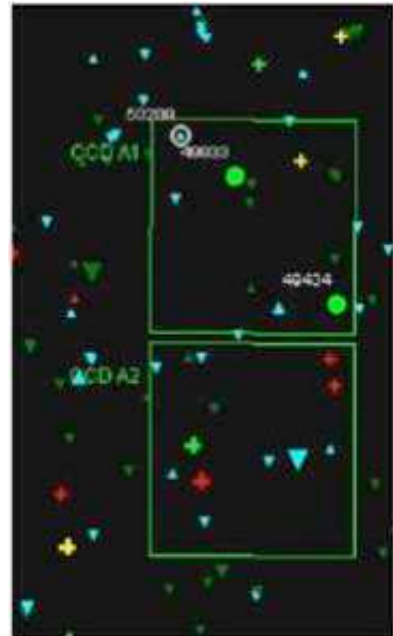
- Conoscere in modo preciso e sicuro le temperature effettive, la luminosità, i valori della gravità superficiale, la velocità di rotazione, ed anche le abbondanze in superficie degli elementi chimici di tutte le stelle potenziali candidati della missione.
- Identificare i sistemi doppi e multipli.
- Rilevare tutte le particolarità delle stelle da osservare (per esempio un livello elevato di attività magnetica).
- Scoprire la presenza di sorgenti prossime delle stelle candidate.

La conoscenza di questi elementi necessita di un programma di osservazione a Terra che comprende tre fasi : [Fotometria](#), [Spettroscopia](#), [Presenza di immagini](#) i cui risultati sono raccolti in un database.

I [transiti](#) sono più facili da osservare intorno alle stelle nane.

Se la densità di stelle è troppo bassa, il numero di candidati è troppo basso. Se è troppo elevata, le immagini delle stelle vicine si sovrappongono e inquinano l'osservazione.

A lato è rappresentata una mappa delle stelle brillanti, candidati potenziali di CoRoT nella regione della stella HD 49933, e una posizione possibile dei sensori. Il colore dei simboli è legato alla temperatura della superficie delle stelle, alle loro dimensioni e alla luminosità. *Tra queste stelle, CoRoT ne osserverà solo 5 per ogni sensore.*



Questo diagramma è utilizzato per determinare i parametri fondamentali delle stelle; ogni punto è una stella potenziale candidato di CoRoT, le rosse sono delle stelle "nane", le verdi sono stelle "giganti", meno propizie alla ricerca di pianeti con il metodo dei transiti.

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Preparazione del programma dei pianeti extrasolari

Le stelle osservate nell'ambito del programma di ricerca di pianeti extrasolari si contano in centinaia di migliaia. Per ottimizzare la scelta dei candidati, è opportuno conoscere per ogni stella: la posizione celeste esatta, la luminosità, e alcune caratteristiche fondamentali come la temperatura superficiale ed il raggio.

Le osservazioni preparatorie dei campi di CoRoT consistono nell'ottenere delle immagini a diversi colori, a partire dalle quali sono stimati i parametri qui sopra citati. Si tratta di:

- Trovare stelle di piccola dimensioni,
- Trovare le regioni del cielo dove la densità di stelle è accettabile.

Le osservazioni sono effettuate all'Osservatorio di La Palma alle Canarie, sul telescopio di 2,5 m "Isaac Newton".

I parametri fondamentali delle stelle osservate (temperatura effettiva, luminosità, gravità superficiale, metallicità, velocità di rotazione, etc...) sono raccolti nel database [COROTSKY](#) utilizzato nella preparazione dei programmi di osservazione di CoRoT.



Osservatorio del Roque de los Muchachos, alle Canarie: il telescopio Isaac Newton. Ha uno specchio di 2,54 m di diametro, una focale f/3,29, quindi un grande campo di 40' senza "vignettage". E' stato installato alle Canarie nel 1984.
Credito : CNRS / IN2P3

Il responsabile del progetto

L'insieme del programma europeo CoRoT è sotto la responsabilità del Centro Nazionale di Studi Spaziali (CNES) che è responsabile del progetto.

La Francia finanzia circa il 75% del programma, sotto forma di contratti industriali e di messa a disposizione di mezzi, di ricercatori e di ingegneri del CNES e dei laboratori. Il resto è preso in carica da partner stranieri che contribuiscono in parti praticamente uguali.

Il programma scientifico è definito dall'insieme degli scienziati dei paesi partecipanti, sotto la responsabilità di un Comitato Scientifico preseduto dal "responsabile scientifico" che è francese.

Lo strumento è sviluppato da un gruppo misto CNRS (Centro Nazionale della Ricerca Scientifica) / MEN (Ministero dell'Educazione Nazionale).

Più di 150 persone lavorano a questo progetto.

Tanta gente



Credito : Osservatorio di Parigi - LESIA

Gli industriali ed il CNES di Tolosa

De nombreux contrats industriels ont été signés

Tra questi si può citare: ALCATEL Space Industries (Cannes e Valence, Francia), SAGEM, SODERN (Limeil, Francia), SONACA (Charleroi, Belgio), VERHAERT (Anvers, Belgio), E2V (GB/Francia), ASTRIUM (Munich, Germania), GMV (Madrid, Spagna), SODITECH (Cannes, Francia), STEEL (Francia), ARIANESPACE/STARSEM (ESA/Russia)

Operazioni di cablaggio della sezione strumentale montata sulla sua struttura nei locali di SONACA (Charleroi/ Belgio)

Struttura metallica del blocco focale realizzata da SODERN (Limeil/Francia)

Integrazione della struttura del telescopio nella [sala bianca](#)

Il CNES di Tolosa

Il centro Spaziale di Tolosa è incaricato della gestione globale della missione. Assicura lo sviluppo dello strumento e del segmento al suolo, nell'ambito delle attività di un gruppo misto CNES/Laboratori. Negozia e gestisce i contratti industriali principali come quelli per i lanciatori e la piattaforma.

Gli ingegneri del CNES incaricati del progetto lavorano al CST (Centro Spaziale di Tolosa).



Integrazione del telescopio a Alcatel Space

Credito : CNES / ALCATEL

Partner stranieri

Ogni partner assicura la fornitura di un elemento della strumentazione necessaria alla missione e partecipa all'insieme delle attività scientifiche:

- Il RSSD dell'ESA fornisce il calcolatore di bordo.
- Il programma scientifico dell'ESA finanzia la realizzazione della struttura meccanica della sezione strumentale e delle attrezzature di prova.
- L'Austria fornisce il processore BEX, associato al calcolatore di bordo.
- La Germania realizza il software di volo.
- Il Belgio realizza la cassa, il coperchio e la struttura della sezione strumentale.
- Il Brasile fornisce un'antenna di ricezione a Natal e contribuisce al Centro di Controllo della Missione.
- La Spagna realizza il software del Centro di Controllo della Missione.



I partner nel mondo

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA / UFE

Gli scienziati

Gli scienziati dei paesi partecipanti, esperti nei settori di ricerca di interesse per CoRoT, hanno il ruolo di Co-investigatori. Hanno la responsabilità di preparare le osservazioni, cioè di scegliere i migliori candidati, nel rispetto dei vincoli posti dallo strumento e dal satellite.

Perciò si appoggiano su:

- Studi teorici di modellizzazione per prevedere al meglio le situazioni da osservare, valutare la capacità di diagnosticare i processi fisici ricercati.
- I risultati del programma di osservazione da Terra.

Essi avranno diritto ad un accesso privilegiato ai dati per un anno per interpretarli. I dati saranno poi messi a disposizione di tutti su internet.



Un sismologo ed una ricercatrice di pianeti determinano le regioni le più favorevoli del cielo da osservare, al sesto Comitato Scientifico (Aprile 2001)

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Gli scienziati si riuniscono due volte all'anno, durante le "settimane CoRoT". La quarta "settimana CoRoT" si è svolta a Marsiglia nel maggio 2003.

I laboratori

Diversi laboratori francesi sono fortemente implicati nello sviluppo della missione. Più di 30 ingegneri ci lavorano da almeno 5 anni.

- Il Laboratorio di Studi Spaziali e di Strumentazione in Astrofisica (LESIA) dell'Osservatorio di Parigi è responsabile della definizione e della realizzazione del programma scientifico, della videocamera, dell'architettura elettrica, del software di volo, del blocco focale, e del catena di trattamento dati.
- Il laboratorio di Astronomia di Marsiglia (LAM) è responsabile del telescopio, del controllo delle prestazioni e della realizzazione del programma pianeti extrasolari.
- L'Istituto di Astrofisica Spaziale (IAS a Orsay) è responsabile dell'archiviazione dei dati e delle calibrazioni dello strumento.
- L'Osservatorio del Midi-Pyrénées è incaricato della preparazione delle osservazioni.
- L'Osservatorio della Côte d'Azur, i dipartimenti GEPI e LUTH dell'Osservatorio di Parigi, il Servizio d'Astrofisica (CEA/Saclay) partecipano alla preparazione del programma e all'interpretazione dei dati.



Realizzazione della sezione strumentale all'Osservatorio di Parigi

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Il CNRS / INSU (Istituto Nazionale delle Scienze dell'Universo) ed il Ministero dell'Educazione Nazionale, dell'Insegnamento Superiori e della Ricerca sostengono questi gruppi.

In breve

Da molto tempo le « stelle variabili » hanno affascinato gli astronomi. L'avventura si precisa nel corso degli anni 70.

Il Sole vibra

Si scopre che il Sole vibra e la ricerca di queste minuscole vibrazioni in altre stelle diventa un'ossessione.

Un gruppo francese decide di proporre un progetto spaziale già negli anni 80. Il programma scientifico consisterà nella scoperta e nello studio delle vibrazioni delle stelle. Come prima tappa di questa ricerca, il gruppo realizza uno strumento semplice e poco costoso EVRIS, che, ahimé, avrà una fine tragica nel 1996.

Nel 1993, il programma di piccole missioni del CNES permette di concepire una seconda tappa che consiste in una missione scientifica più ambiziosa, lo strumento si chiama già CoRoT. Nel 1995 la scoperta di un pianeta extrasolare modifica i piani. Il nuovo CoRoT avrà la possibilità di ricercare anche dei piccoli pianeti.

Il progetto CoRoT percorrerà in seguito tutte le tappe obbligatorie per un progetto spaziale dal 1997 al 2006, anno del lancio del satellite.

Altre missioni si preparano. Progetti più ambiziosi vedranno il giorno in un futuro più lontano.

I logo



Il logo evolve con il progetto

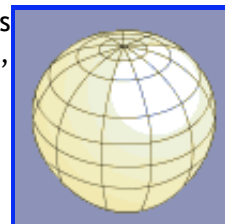
Credito : CNES

Le stelle variabili

Nel 1969, Raymond Michard, astronomo dell'Osservatorio di Parigi e Lloyd Evans osservano il Sole per studiare il fenomeno delle eruzioni. Durante le loro osservazioni, scoprono dei movimenti strani, che sembrano periodici.

Nel 1970, queste osservazioni sono confermate da Leighton (USA).

- Un gruppo franco-americano organizza una spedizione di osservazione del Sole al polo sud, con l'obiettivo di studiare questo fenomeno.
- La periodicità (3 a 5 minuti) dei movimenti osservati è confermata. Molto rapidamente, si attribuiscono questi movimenti periodici a delle oscillazioni del Sole nel suo insieme.



E' nata la [sismologia](#) solare.

Anche le altre stelle vibrano?

1984: nel corso di un primo colloquio, all'Osservatorio di Parigi, che raduna una cinquantina di ricercatori francesi e qualche collega straniero, vengono tracciati i primi contorni di un progetto d'osservazione nello spazio della variabilità stellare.

Bisogna:

- Concepire uno strumento che sopporti i vincoli imposti dell'ambiente spaziale e che non sia disturbato dall'alternanza giorno/notte,
- Trovare un "imbarco" e adattarcisi,
- Convincere i comitati di selezione,
- Dimostrare che non si può realizzare la stessa cosa da Terra.



Lo spazio costa tanto e la concorrenza è dura : tra 1984-1989 vengono presentate diverse proposte, senza successo, ma il lavoro accanito del LESIA e del Laboratorio di Astronomia di Marsiglia sarà finalmente ricompensato.

EVRIS

Il progetto EVRIS, dedicato alla sismologia stellare e imbarcato sulla sonda russa MARS 94/96, doveva osservare qualche stella brillante ciascuna per una ventina di giorni, durante il viaggio della sonda verso Marte che doveva durare 9 mesi.



Lo strumento era un piccolo telescopio di 9 cm di diametro, associato a un sensore stellare che serviva a mantenere un puntamento preciso.

- Il sensore era un **fotomoltiplicatore** Hamamatsu.
- L'insieme era fissato su una piattaforma di puntamento PAIS costruita dai russi, installata sui pannelli solari della sonda.

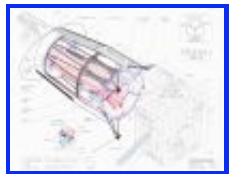
Dopo il lancio riuscito dal razzo PROTON dal cosmodromo di Baïkonour (centro spaziale situato in Kazakistan), l'accensione dei motori che doveva permettere di raggiungere la traiettoria interplanetaria non ha funzionato correttamente e la sonda e le sue 46 esperienze si sono schiantate a Terra, probabilmente sulle montagne della Bolivia...

Il primo CoRoT

Nell'appello a idee del CNES del 1993 per missioni scientifiche su minisatelliti, i sismologi stellari vedono l'opportunità di lanciare rapidamente uno strumento di seconda generazione più perfezionato e più ambizioso di EVRIS che pensavano avrebbe potuto volare in tempi brevi.

I progressi essenziali sarebbero stati :

- Il miglioramento della misura grazie ad un telescopio più grande, che permetteva di raccogliere più fotoni,
- L'allungamento della durata di osservazione.



Il programma scientifico mirava ad individuare in una dozzina di stelle brillanti delle oscillazioni analoghe a quelle del Sole.

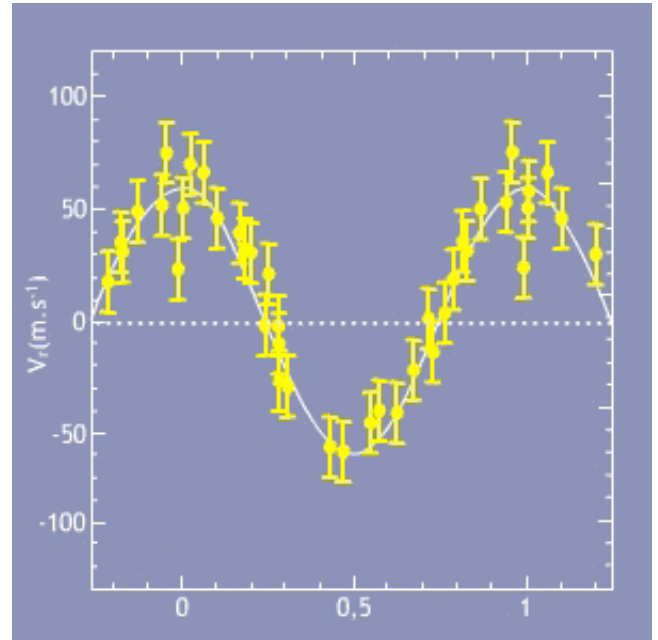
Il primo pianeta extrasolare

Negli anni 90, un programma sistematico di osservazione delle variazioni della velocità radiale di stelle brillanti analoghe al Sole, che aveva l'obiettivo di scoprire delle stelle doppie, ha rivelato l'esistenza di pianeti extrasolari, oggetti di piccola massa in orbita intorno ad una stella.

51 Pegasi

Il primo "pianeta extrasolare" è stato trovato attorno alla stella 51 Pegasi nel 1995, grazie alle osservazioni fatte all'Osservatorio di Haute-Provence, da un gruppo franco-svizzero diretto da Michel Mayor.

CoRoT, grazie ai suoi lunghi tempi di osservazione ed alla grande precisione fotometrica può scoprire tali oggetti... Malgrado la maggiore complessità e le maggiori difficoltà di realizzazione, è stato deciso di includere questo nuovo obiettivo nel programma della missione.



Variazioni di velocità radiale della stella 51 Peg, che attestano la presenza di un movimento periodico attribuito a un pianeta situato a 0,05 unità astronomiche, di periodo 4,7 giorni e la cui massa è circa la metà di quella di Giove.

Credito : CNES

Il nuovo CoRoT

Il programma del minisatellite **PROTEUS**, sul quale CoRoT deve essere installato, è stato ritardato e durante questo tempo tre eventi hanno fatto evolvere il progetto:

- il disastro di EVRIS, il 16 Ottobre 1996, dopo un giro della Terra...
- un avanzamento tecnologico sui sensori
- un evento scientifico maggiore: la scoperta del primo pianeta extrasolare nel 1995 all'Osservatorio di Haute-Provence.

Il programma scientifico del nuovo CoRoT è molto più ambizioso ed il progetto dello strumento è evidentemente molto diverso.

Le matrici "**CCD**" (Charge Couple Device) sono ora spazializzate, permettono di osservare contemporaneamente molte stelle, sopportano meglio le difficoltà determinate dall'ambiente (luce diffusa della Terra) e sono di migliore qualità (rendimento, uniformità).



Dopo aver dimostrato la fattibilità del nuovo CoRoT, dopo aver cercato con successo dei partner stranieri per alleggerire il costo per la Francia, e dopo aver ottenuto un'approvazione dal CNES nel 2000, comincia la realizzazione del progetto e si prosegue con l'assemblaggio dei sistemi secondari, malgrado l'insorgere di problemi finanziari e tecnici.

Si tratta di dimostrare che nel contesto proposto dal programma piccole missioni del CNES, è possibile realizzare una missione che permette di raggiungere gli obiettivi scientifici fissati:



- Studio dettagliato delle oscillazioni di un numero importante di stelle,
- Scoperta di pianeti tellurici **telluriques**.

Per ciò, bisogna trovare un'orbita, dimostrare che le perturbazioni alle quali sarà sottoposta la missione non disturberanno il segnale ricercato. Bisogna poi esporre i risultati degli studi per convincere gli esperti dei gruppi di revisione.



Dopo qualche difficoltà, l'esame viene superato con successo !

Realizzazione di CoRoT

Decisione

Ottobre 2000: finalmente il comitato dei programmi scientifici del CNES seleziona CoRoT come terza missione della linea PROTEUS, per un lancio nel 2004

Costo CNES: circa 60 milioni di euro

- + 50 ingegneri CNES/CNRS (5 anni)
- + 150/200 scienziati.

La "leadership" francese è conservata!

Ma bisogna essere rapidi, recuperare il tempo perso a decidere... Nuovi partner europei e brasiliani raggiungono il progetto.



Realizzazione

Gli elementi base dello strumento sono stati realizzati dagli industriali e nei laboratori. Dopo essere stati verificati, sono assemblati a poco a poco e ad ogni tappa si procede a dei test di funzionamento e di controllo delle prestazioni.

Nello stesso tempo la piattaforma viene realizzata dall'industria ALCATEL Space a Cannes. Infine, lo strumento e la piattaforma sono assemblati a metà del 2005.

Dopo molte verifiche il satellite completo è consegnato alla fine del 2005 all'industria che ne assicurerà il lancio nel corso dell'estate 2006.



Gli altri satelliti

Il lancio di CoRoT nel 2006 assicura almeno due anni di anticipo rispetto ai suoi successori immediati KEPLER e EDDINGTON. Le tappe seguenti sono molto ambiziose; aspirano infatti a scoprire ed analizzare le condizioni dell'apparizione della vita nell'Universo.

Nel diagramma, ogni tratto indica il limite inferiore della zona di rivelazione di pianeti extrasolari per ogni mezzo di osservazione:

- in verde, la spettroscopia da terra
- in rosa i limiti per CoRoT,
- in viola i limiti per Kepler e Eddington,
- in arancione quelli di GAIA, missione d'astrometria dell'ESA.

MOST, il microsatellite canadese sviluppato all'Università di Toronto, è stato lanciato nel Giugno

2004. Ha le dimensioni di una piccola valigia ed è dedicato all'osservazione delle variazioni fotometriche di qualche stella brillante, che può osservare continuamente per un mese.

I primi risultati confermano la grande qualità delle osservazioni dallo spazio: precisione, e continuità. Scommettiamo che l'interpretazione scientifica, attualmente in corso, sarà piena di sorprese.

L'Agenzia Spaziale Europea (ESA), che partecipa a CoRoT, ha proposto un progetto di seconda generazione EDDINGTON. Con tre telescopi di 60 cm ognuno, si propone di scoprire pianeti di dimensioni simili a quelle della Terra grazie a tempi di osservazione della stessa regione del cielo molto lunghi (3 anni). Il programma di sismologia permetterà di accedere a stelle più deboli di quelle osservate da CoRoT, e anche ad ammassi di stelle più vicini come le Pleiadi o le Hyadi.

Difficoltà finanziarie ritardano purtroppo l'approvazione finale della missione.

L'agenzia spaziale americana, la NASA, sviluppa il progetto KEPLER, per cercare piccoli pianeti, con obiettivo specifico la scoperta di pianeti analoghi alla Terra aventi le stesse dimensioni e localizzati alla stessa distanza dalla loro stella.

KEPLER è costituita da un telescopio di 1,2 m, che osserva una zona di cielo di circa 100 gradi quadrati. Sarà piazzato su una traiettoria eliocentrica, che segue la Terra sulla sua orbita, cioè che dovrebbe permettergli di osservare la stessa regione del cielo durante diversi anni.

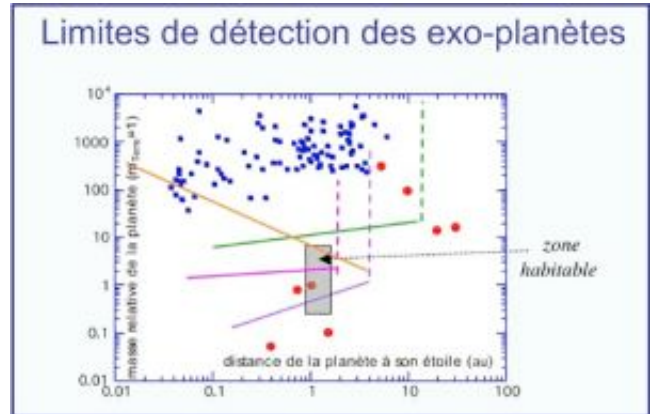


Diagramma massa/distanza dalla stella. Classifica dei pianeti extrasolari in un diagramma massa, distanza dalla stella: si vedono (in blu) i pianeti extrasolari già scoperti, i pianeti del sistema solare (in rosso). La Terra è situata nella zona abitabile (in grigio).

Credito : Osservatorio di Parigi / LUTH

Il lancio

Il lancio di CoRoT è programmato per l'estate 2006. Un razzo Soyuz la metterà in orbita dal cosmodromo di Baikonour (Kazakistan).

Ha almeno due anni di vantaggio su KEPLER, progetto concorrente della NASA, ed è in anticipo di qualche anno sul progetto di seconda generazione proposto dall' Agenzia Spaziale Europea, EDDINGTON, che ha anche sofferto di problemi di bilancio.

E dopo...

Le tappe seguenti, più ambiziose e più lontane consisteranno per esempio nell' analizzare l'atmosfera dei pianeti extrasolari per valutare le possibilità di sviluppo della vita e, successivamente, nel fare delle vere immagini.

Sono gli obiettivi dei progetti DARWIN, dell'Agenzia Spaziale Europea, e TPF, della NASA, che al più presto vedranno la luce nel 2015.

Spettri e segnali

L'analisi di **Fourier** permette di caratterizzare le frequenze di un segnale periodico, l'insieme delle frequenze viene chiamato spettro del segnale.

La scoperta di questa scomposizione spettrale risale al diciannovesimo secolo, Joseph Fourier scoprì un metodo matematico d'analisi dei fenomeni periodici complessi, utilizzato dai fisici sotto al nome di "scomposizione in serie di Fourier" o "analisi spettrale". Joseph Fourier ha avuto l'idea di scomposizione in serie trigonometriche per risolvere l'equazione del calore: una funzione periodica reale f , continua e di periodo T può essere scomposta in una somma ponderata di funzioni sinusoidali semplici.

Segnale periodico

Un segnale è detto periodico se la sua ampiezza varia regolarmente nel tempo secondo un periodo T costante:

$$x(t_0 + T) = x(t_0)$$

Frequenza

Una caratteristica di un suono è la frequenza, è espressa in Hertz (Hz) che è direttamente legata all'acuità del suono, rappresenta l'inverso del tempo:

$$f = \frac{1}{T}$$

Una frequenza debole corrisponde ad un suono grave, una frequenza elevata ad un suono acuto.

Ampiezza

L'ampiezza è un'altra caratteristica importante del suono. Un suono può essere forte o debole, l'intensità percepita dipende, tra l'altro, dall'ampiezza. L'ampiezza corrisponde alle variazioni di pressione dell'onda.

Ogni segnale periodico può decomporre in una somma di due segnali sinusoidali di frequenze e ampiezze stabili (decomposizione in serie di Fourier)..



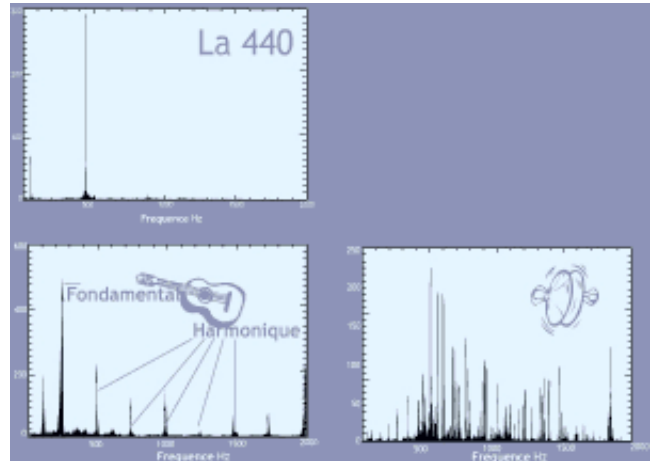
Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830)

Credito : Osservatorio di Parigi

Il metodo di Fourier

L'analisi temporale di un segnale che usa il metodo di Fourier, o analisi spettrale, permette di mettere in evidenza le componenti principali di un segnale. Nel mondo musicale, l'analisi spettrale permette di riconoscere i diversi strumenti: ogni strumento musicale possiede una tonalità particolare.

Si può "vedere" il suono, che non è altro che un movimento di materia. Le frequenze di risonanza in particolare sono molto caratteristiche. Una vibrazione (o oscillazione) di risonanza si caratterizza sulla corda con una successione di ventri e di nodi di vibrazione, cioè di punti dove le vibrazioni hanno una elongazione rispettivamente massima o nulla. Tipicamente, per una corda di chitarra, una vibrazione (o oscillazione) di risonanza si caratterizza sulla corda con una successione di ventri e di nodi di vibrazione.



Spettro di Fourier di un La 440 puro, di un suono di chitarra e del suono di un cimbalo.

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

- Il suono emesso da un diapason (il "LA" a 440 Hz) corrisponde a un suono **puro**.
- Quello della chitarra comporta qualche **armonica**.
- Lo spettro di un cimbalo è molto più complesso.

Quando si studia un segnale, per esempio un suono, lo spettro ci permette di determinare le caratteristiche del segnale: frequenza ed intensità.

Nel caso del Sole, delle stelle che si trovano a milioni di chilometri, come si può vedere l'interno là dove la temperatura supera i milioni di gradi ?

Bisogna ascoltare, non soltanto cercare di vedere, e utilizzare le onde sonore.

- La luce permette di esplorare la superficie di un oggetto, non penetra molto in profondità,
- Il suono fornisce informazioni sugli strati più profondi, si propaga naturalmente all'interno dell'oggetto.

Le vibrazioni del Sole

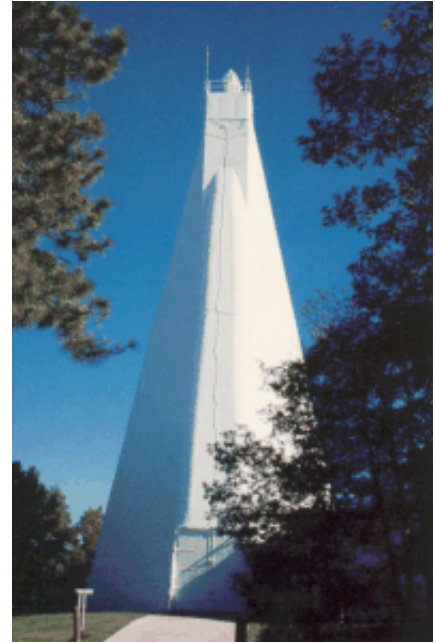
Le oscillazioni della **fotosfera** solare sono state scoperte grazie alle fluttuazioni della materia ed agli spostamenti delle **righe spettrali** ad esse associati ([effetto Doppler](#)).

Due metodi sono stati utilizzati:

- Noyes, Leighton e Simon (1962) hanno effettuato la sottrazione di due [spettroeliogrammi](#) dell'intero Sole, ottenuti nelle ali blu e rossa di una stessa riga spettrale.
- Evans e Michard (1962) hanno misurato gli spostamenti di righe su spettri di una piccola regione del Sole.

Il secondo metodo aveva il vantaggio di mettere in evidenza la propagazione verticale delle oscillazioni dell'atmosfera del Sole, tramite l'osservazione simultanea di righe formate ad altezze diverse.

Le prime osservazioni furono realizzate all'Osservatorio di [Sacramento Peak](#) in Arizona



Osservatorio Solare di Sacramento Peak
Credito : NOAO/AURA/NSF

Identificazione delle oscillazioni

In qualche anno, le condizioni di propagazione sono state precisate grazie agli spettri di Fourier nel tempo e nello spazio.

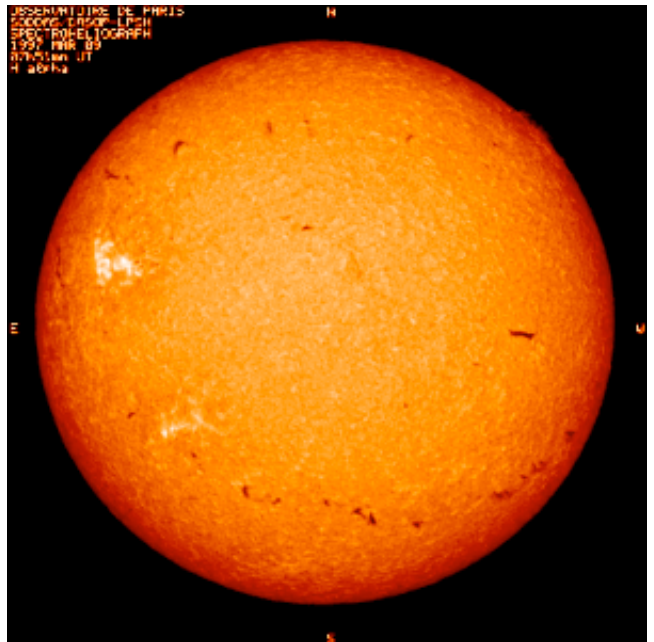
Si è trovato che le oscillazioni, di periodo prossimo a 5 minuti erano dovute a delle onde di tipo acustico modificate dalla gravità, che si traducono in fluttuazioni di velocità e di pressione (modi p).

Ne risultano delle fluttuazioni di brillantezza contemporanee alle fluttuazioni di velocità. La natura globale delle oscillazioni è stata messa in evidenza da Deubner nel 1975, dopo lunghe sequenze di osservazioni, che hanno permesso di separare i "modi" di oscillazione, e tramite il paragone con i modelli teorici della struttura interna del Sole.

L'accordo tra osservazioni e modello teorico, già molto convincenti nel 1975, è stato considerevolmente migliorato.

Le irregolarità della superficie del Sole, associate a dei movimenti di materia, sono all'origine delle oscillazioni osservate nello spettro.

il Sole



H alpha 6563, spettroeliogramma del 9 Marzo 1997
([spettroeliografo di Meudon](#))

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Lo spettro del Sole

Da più di 20 anni, gli scienziati cercano di osservare il [Sole](#) in continuo : strumenti a Terra e nello spazio ([satellite SOHO](#)) sono all'ascolto delle vibrazioni del Sole.

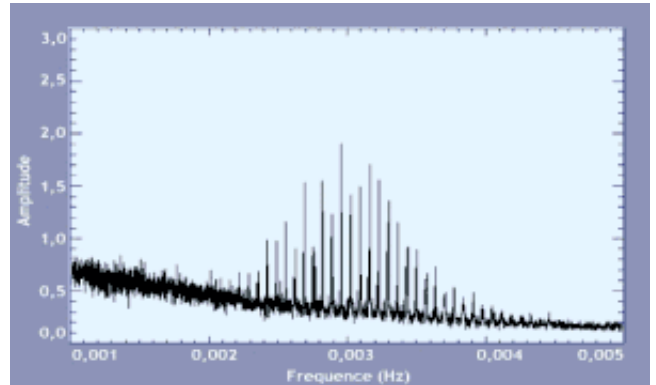
Al giorno d'oggi sono stati scoperti milioni di modi con delle frequenze tra 2 e 5 milliHertz (periodo vicino a 5 minuti), queste frequenze sono molto più basse di quelle alle quali il nostro orecchio è sensibile.

Le ampiezze di questi modi sono molto piccole, di qualche milionesimo di magnitudine in fotometria e di qualche decina di centimetri al secondo in spettroscopia.

Questo immenso insieme di dati, interpretati con le teorie della [sismologia](#) ha fornito una conoscenza molto precisa della struttura interna del Sole.

La sismologia è lo strumento ideale per "vedere l'interno" delle stelle. Si tratta di scoprire e di misurare le caratteristiche dei modi propri di oscillazione delle stelle, e di utilizzare le loro proprietà per capire la loro struttura interna, come è già stato fatto da tanto tempo per la Terra e per la Luna.

- La teoria è sufficientemente ben conosciuta. Gode di sviluppi ormai classici in Geofisica. Riposa sulla meccanica e la termodinamica in generale classica (tranne in qualche caso).
- Permette in principio di ritrovare la struttura dell'oggetto interpretando il suo spettro di frequenze, dunque di sondare direttamente i dettagli della sua struttura interna.
- E' l'unico modo esistente attualmente per studiare cio' che succede all' interno delle stelle.
- Quando si studia l'interno del Sole si fa dell' Eliosismologia, per le stelle si fa dell'Asterosismologia.



Spettro di Fourier delle variazioni d'intensità del Sole, osservato continuamente per 600 giorni dall'esperienza VIRGO a bordo del satellite SOHO.

Credito : Osservatorio di Parigi.

Evoluzione delle stelle

Una stella come il Sole passa una gran parte della sua vita a bruciare l'idrogeno nel suo nucleo. E' quello che succede attualmente e che è iniziato più di 4 miliardi di anni fa.

Tra ancora qualche miliardo di anni, il Sole evolverà più rapidamente. Avrà esaurito l'idrogeno nel suo nucleo. Il suo raggio aumenterà e la sua temperatura diminuirà, fino a quando esploderà lasciando un nucleo molto denso, che dovrebbe formare una stella **nana bianca**

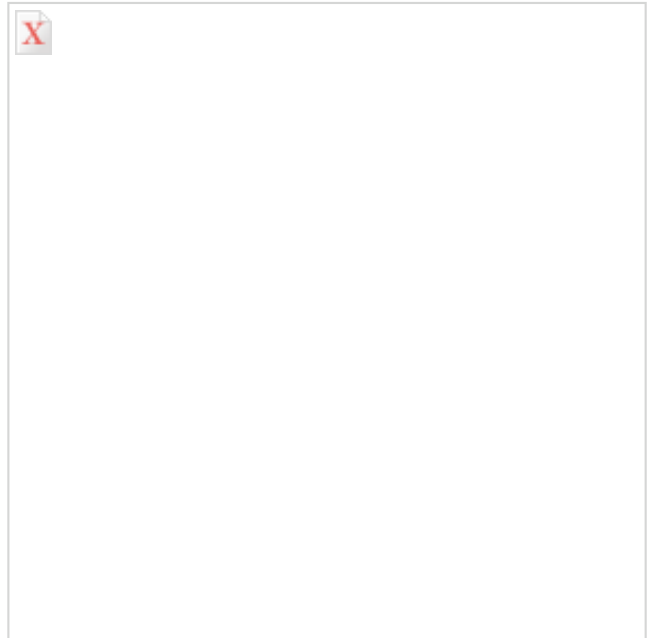
Mano a mano che le reazioni nucleari trasformano successivamente i diversi atomi, la struttura della stella cambia; si dice che la stella evolve.

A seconda della massa della stella, la fine di questa evoluzione può essere:

- Calma, la stella a corto di energia si raffredda lentamente
- Esplosiva, l'imbattersi di certe reazioni portano alla distruzione parziale o totale della stella (si osservano allora dei fenomeni di **novae**, o **supernovae**).

Più una stella è massiccia, più evolve rapidamente.

- Una stella come il Sole ha una durata di vita dell'ordine di 10 miliardi di anni prima di trovarsi a corto di energia.
- Una stella di 30 volte la massa del Sole ha una durata di vita di solo qualche milione di anni, mentre le stelle meno massicce conosciute (dell'ordine del decimo della massa solare) hanno durate di vita paragonabili a l'età del Universo (circa 14 miliardi di anni).



Questa evoluzione è schematizzata nell'animazione, che illustra questo percorso sul diagramma luminosità/temperatura (temperatura di superficie, luminosità totale).

Credito : Osservatorio di Parigi / ASM

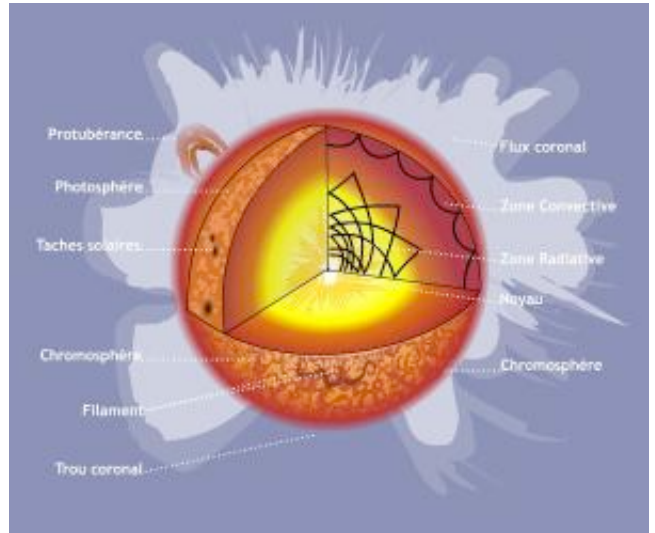
L'interno delle stelle

Le stelle sono delle gigantesche palle di gas (principalmente idrogeno e elio).

All'interno regnano condizioni fisiche di temperatura, di pressione, di densità molto diverse tra la superficie ed il centro e tra una stella e un'altra.

Hanno luogo processi fisici diversi che appartengono a settori diversi della fisica (reazioni nucleari, interazioni materia radiazione, idrodinamica...). Le stelle permettono di studiare questi processi in condizioni fisiche inaccessibili in laboratorio.

Questi processi fisici dettano la struttura delle stelle e la loro evoluzione.



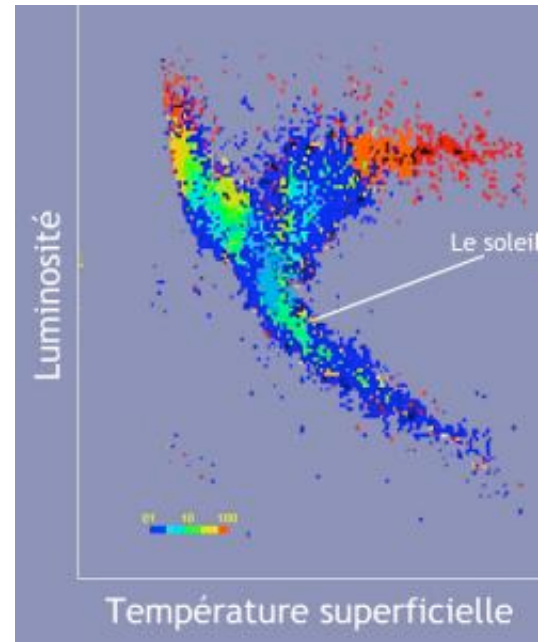
L'interno della nostra stella, il [Sole](#)
Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Temperatura, luminosità

In una stella come il Sole, la temperatura varia da 5500°C circa alla superficie fino a più di 15 milioni di gradi al centro, la densità varia di meno di un milionesimo di grammo per centimetro cubo in superficie e circa 150 grammi per centimetro cubo al centro.

Ma il Sole è una stella media. Certe stelle sono molto più massicce (fino a 100 volte di più) o meno massicce (fino a 10 volte di meno). Certe sono più calde in superficie (fino a 25000°C) o più fredde (fino a 2000°C).

In certe stelle, la temperatura centrale può raggiungere diverse centinaia di milioni di gradi, in altre (**stelle di neutroni**), la densità al centro potrebbe raggiungere un miliardo di tonnellate per centimetro cubo.



La grande varietà di stelle è illustrata da questo diagramma. Ogni stella è rappresentata da un punto la cui ascissa è la temperatura alla sua superficie e l'ordinata la sua luminosità (intensità totale dell'irraggiamento emesso alla sua superficie). Il codice di colori indica il numero di stelle della regione, così come sono state osservate dal satellite [HIPPARCOS](#).

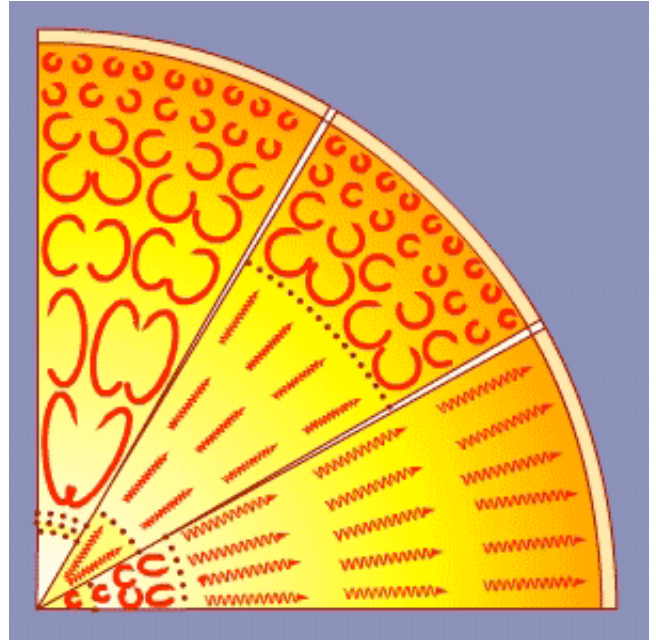
Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Struttura interna

Con le radiazioni che emettono, le stelle perdono un'energia considerevole ($4 \cdot 10^{26}$ watt ogni secondo per il Sole, cioè la produzione di 400 milioni di miliardi di centrali nucleari di 1 GW, e fino a 1 milione di volte questo valore per le stelle più luminose).

La struttura della stella si aggiusta per stabilire un equilibrio tra l'energia persa alla superficie e quella prodotta nel nucleo della stella dalle reazioni di fusione nucleare dell'idrogeno in elio in un primo tempo, e poi generalmente di elio in elementi più pesanti (carbonio, ossigeno...), ed eventualmente del carbonio in elementi ancora più pesanti...

Questa struttura è molto variata. Dipende dall'età, dalla massa, e dalla composizione della stella.



Schema di struttura di tre modelli di stelle: al centro, una stella come il Sole, in basso, una stella un po' più massiccia e una stella molto vecchia. Le frecce ondulate indicano le regioni calme, mentre i vortici illustrano la presenza di importanti movimenti convettivi.

Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

E anche...

CoRoT raccoglierà un'eccezionale quantità di dati di alta precisione sulle variazioni minime di luminosità nel corso del tempo di migliaia di stelle. Oltre ai suoi due obiettivi principali, (asterosismologia e ricerca di pianeti extrasolari) contribuirà a capire numerosi altri soggetti.

Per esempio:

- Conoscere con grandissima precisione le caratteristiche delle **stelle variabili**.
- Scoprire un grande numero di **sistemi bianchi** e farne la statistica
- Capire come l'attività magnetica dipende dal tipo di stella
- Trovare delle comete intorno ad altre stelle
- Scoprire degli "oggetti di Kuiper" ai confini del sistema solare
-

Sono previsti almeno 80 nuovi programmi, che implicano più di duecento ricercatori.

Stelle variabili

Nel diagramma luminosità/temperatura le zone tratteggiate rappresentano la localizzazione delle stelle variabili. Diversi gruppi di stelle sono già conosciuti per avere delle variabilità nella loro luminosità.

Nonostante ciò le tecniche abituali di rivelazione permettono soltanto di avere un'idea approssimativa delle variazioni.

Grazie a CoRoT, le proprietà di variabilità saranno misurate molto meglio. Avremo delle informazioni estremamente preziose per capire le loro cause. D'altra parte, nuove categorie di stelle variabili saranno molto probabilmente trovate con le nuove misure.

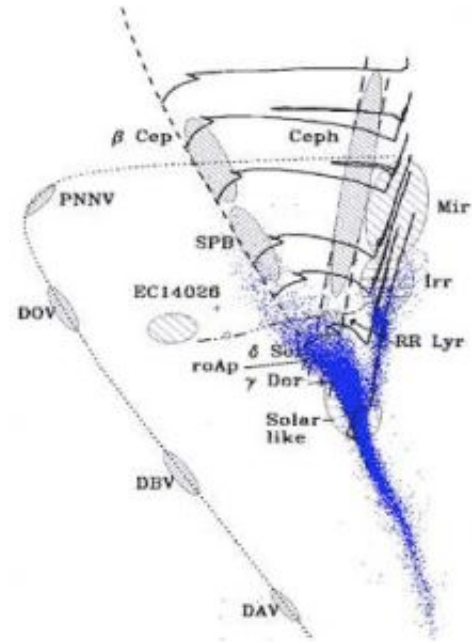


diagramma luminosità/temperatura delle diverse classi di stelle variabili conosciute

Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Attività magnetica

Esattamente come il Sole, le stelle fredde sono sede di fenomeni d'attività a causa della presenza di un campo magnetico generato all'interno delle stelle dall'effetto dinamo grazie ai movimenti convettivi ed alla rotazione differenziale.

Anche se si conosce bene il magnetismo solare, di cui una manifestazione è l'apparizione di macchie scure alla superficie del Sole dove il campo magnetico emerge, i dettagli del meccanismo responsabile di questi fenomeni sono ancora conosciuti male.

Il passaggio di macchie scure sulla visuale durante la rotazione di una stella produce delle variazioni della sua luminosità. CoRoT misurerà con precisione queste variazioni di brillantezza (la loro ampiezza e il loro periodo) in un grande numero di stelle consentendo così di farne uno studio statistico.



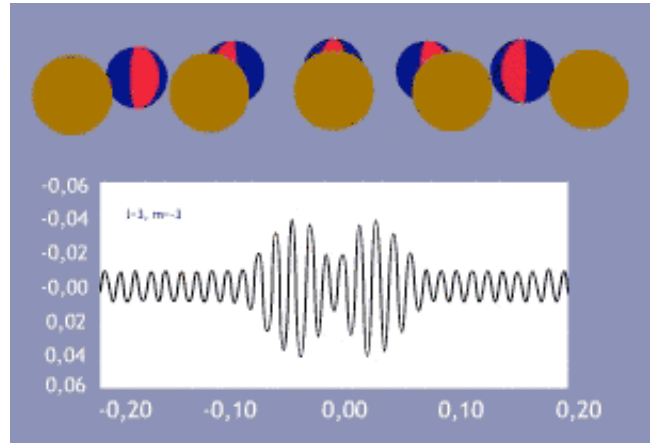
Un'immagine in luce bianca del Sole, fatta a Meudon nel Gennaio 2004. Si distinguono diversi gruppi di macchie
Credito : Osservatorio di Parigi / LESIA

Sistemi binari

In un sistema binario a eclissi si vede passare successivamente una delle componenti del sistema davanti all'altra. Ciò induce importanti variazioni della luminosità del sistema globale, fenomeno analogo a quello del transito.

Se, per di più, una delle stelle pulsa, le variazioni dovute alla pulsazione saranno modulate quando sarà parzialmente eclissata.

Queste deboli variazioni dell'ampiezza della pulsazione daranno delle indicazioni sulla sua struttura geometrica.



Modulazione delle pulsazioni delle bianche a eclissi.

Credito : Osservatorio di Parigi /LESIA

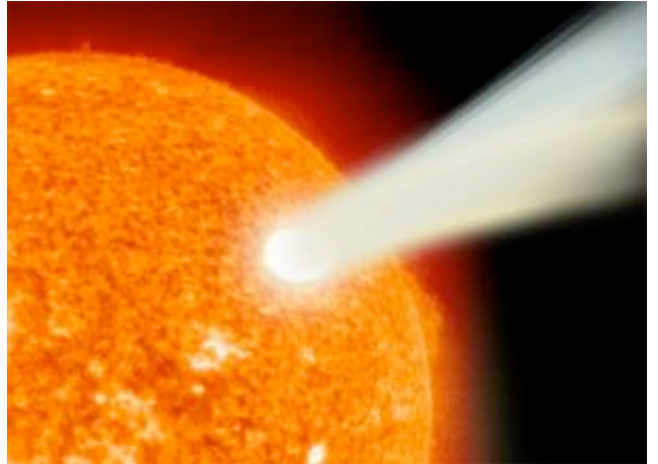
Comete

Le comete ben conosciute nel sistema solare, esistono anche attorno ad altre stelle. Sono state trovate nel disco che avvolge la stella β Pictoris.

Una cometa che passasse davanti al disco della sua stella produrrebbe una diminuzione della luminosità apparente della stella, un tipo di transito, come per i pianeti, a condizione che l'osservatore sia ben piazzato.

A causa delle piccole dimensioni della cometa e della sua grande chioma, il "transito" avrebbe un aspetto diverso.

.CoRoT dovrebbe poterlo vedere



Vista d'artista che rappresenta una cometa che passa davanti alla sua stella.

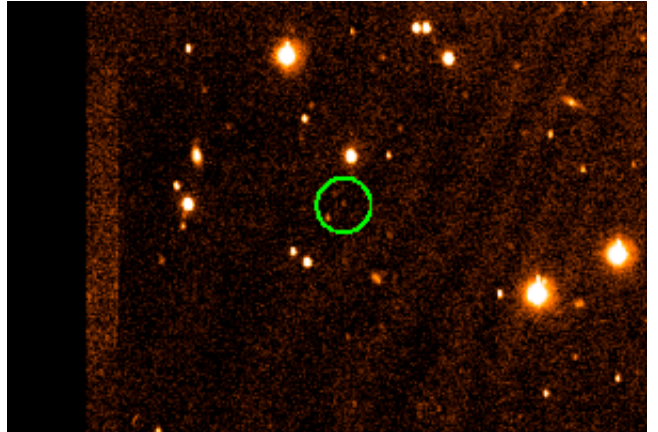
Credito : Osservatorio di Parigi / UFE

Gli oggetti di Kuiper

Il disco di Kuiper è un raggruppamento di comete, asteroidi ed altri oggetti celesti situati al di là di Nettuno. È così lontano (tra 35 e 100 ua dal Sole) che solo gli oggetti più vicini e più grandi sono direttamente visibili.

La presenza di oggetti di Kuiper molto piccoli o molto lontani può essere rivelata quando passano davanti ad una stella, facendo variare la sua luminosità apparente. Questo metodo, chiamato metodo di "occultazione stellare", è l'unico che permetterà di accedere a questa parte del disco di Kuiper, e sarà applicato col satellite di CoRoT.

Centinaia di oggetti sono già stati scoperti. Esistono probabilmente miliardi di oggetti sparsi in una sfera chiamata nuvola di Oort, che si estende forse fino ai confini del sistema solare.



Osservazione diretta di un grande oggetto della cintura di Kuiper: Sedna, al centro del cerchio verde.

Credito : NASA / Caltech

La nuvola di Oort

La nuvola di Oort occupa una vasta zona di spazio situata al di là della cintura di Kuiper e che si estende tra 20000 e 150000 UA circa.

Potrebbe contenere miliardi di nuclei di comete e sarebbe la sorgente della maggior parte delle comete che entrano nelle regioni centrali del sistema solare interno (qualche cometa di periodo corto può arrivare dalla cintura di Kuiper).



La cintura di Kuiper dentro alla nuvola di Oort

Credito : Osservatorio di Parigi / ASM