

Introduction

Comme le soleil est une étoile comme les autres, il est naturel de se demander si celles-ci sont entourées d'un cortège planétaire comme l'est notre astre du jour. De plus, on peut se poser la question excitante de savoir si sur certaines de ces "exoplanètes", si elles existent, peut se développer une forme de vie.

Nous vivons une époque extraordinaire où l'on peut commencer à donner une réponse scientifique à ces questions.

Le présent chapitre fait le point sur l'ensemble de ces questions, depuis les récentes découvertes aux perspectives futures jusque dans les années 2020 - 2030.



Crédit : Observatoire de Paris / UFE

Définition d'une planète



Le soleil et les planètes du système solaire (les distances ne sont pas respectées).

Crédit : NASA

Rôle de l'énergie nucléaire interne

Une planète se distingue d'une étoile essentiellement par le fait qu'elle n'a pas de source d'énergie interne durable sur des milliards d'années. Une telle source durable d'énergie ne peut être que d'origine nucléaire. Une planète est donc un corps sans énergie nucléaire interne. Les calculs montrent que les réactions thermonucléaires ne peuvent s'amorcer qu'au-dessus environ 13 fois la masse de Jupiter. Cette valeur fixe donc la limite au-dessus de laquelle un astre ne peut plus, selon la présente définition, être appelé "planète".

Scenarii de formation

Une autre différence entre une étoile et une planète est la manière dont elle se forme. Une étoile se forme par effondrement d'un nuage de gaz, alors, que, généralement, une planète se forme par condensation des particules de silicates ("poussières") et de glace dans un disque ("protoplantétaire") de matériaux divers qui est en orbite autour d'une étoile.

Les deux définitions précédentes conduisent à peu près au même résultat: une exoplanète est un corps de masse maximum environ 13 masses de Jupiter en orbite autour d'une étoile. Toutefois, il y a des exceptions à cette coïncidence:

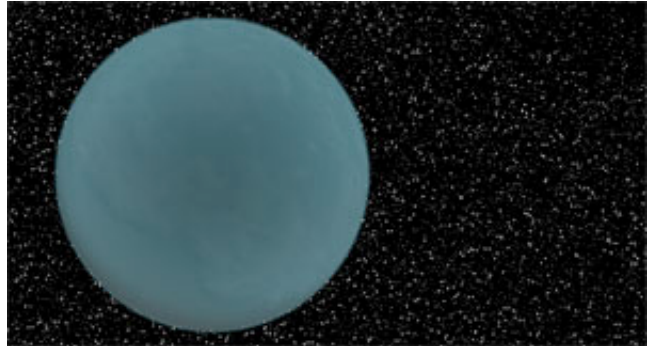
Définition d'une planète

Planètes plus massives que 13 jupiters

Rien n'empêche que certaines planètes commencent, au cours de leur formation, à être moins massives que 13 fois Jupiter et qu'elles "grossissent" jusqu'à atteindre une masse supérieure à cette limite.

Planètes flottantes

Rien n'empêche que certains astres se forment par effondrement d'un nuage de gaz et de poussières mais n'atteignent pas la masse limite de 13 Jupiters. Ce sont des planètes selon la première définition, mais elles ne sont pas en orbite autour d'une étoile. On les appelle planètes flottantes.



Une "planète" qui n'orbite pas autour d'une étoile, ou "planète flottante". Vue d'artiste.

Credit : Observatoire de Paris / UFE

elles ne sont pas en orbite autour d'une étoile. On les appelle planètes flottantes.

Première motivation: planétologie comparée

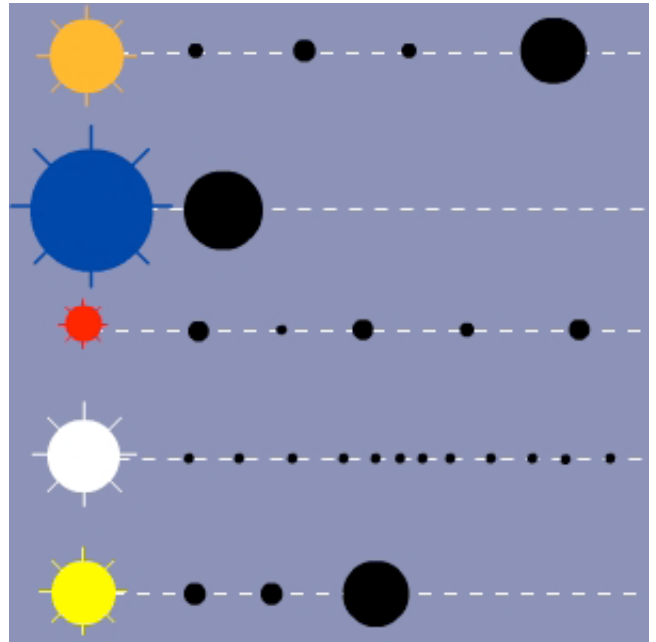
L'exploration du système solaire a montré à quel point les planètes de notre système planétaire diffèrent entre elles; il est donc intéressant de voir comment cette diversité se manifeste dans d'autres systèmes planétaires. On peut se poser de nombreuses questions à ce sujet:

- combien de planètes par système planétaire?
- comment sont distribuées les orbites et les masses des planètes?

De plus, il sera très intéressant de voir comment ces propriétés sont corrélées au type de l'étoile "parente", à sa position dans la Galaxie...

Une motivation à long terme: la recherche de vie

Une autre motivation, plus profonde est de chercher, à terme s'il peut y avoir une forme de vie dans certaines exoplanètes.

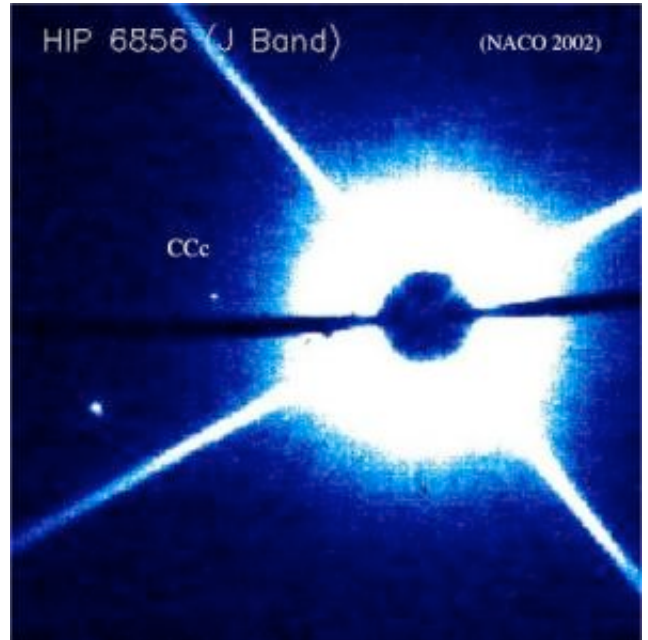


Divers systèmes planétaires possibles.

Crédit : Observatoire de Paris / UFE

Introduction

L'idée la plus simple serait de faire une image du système planétaire où la planète apparaîtrait comme un point faiblement lumineux à côté de son étoile. Malheureusement, la planète est tellement peu lumineuse comparée à son étoile et angulairement si proche de celle-ci que l'observateur est "ébloui" par l'étoile. En attendant de pouvoir remédier à ces inconvénients on a donc commencé par des méthodes indirectes de détection.



Détection de deux compagnons faibles de l'étoile HIP6856.
Crédit : VLT / NACO 2002

Méthodes dynamiques

Trajectoires dans l'espace des orbites

Les lois de Kepler impliquent que l'orbite d'une planète est une ellipse dont l'un des foyers est occupé par l'étoile parente. Cette orbite elliptique est caractérisée par 5 paramètres géométriques :

- 2 angles pour caractériser l'orientation du plan de l'ellipse
- dans ce plan, un angle pour caractériser la direction du demi grand-axe
- la valeur a de ce demi grand-axe
- l'excentricité e de l'ellipse

Les astronomes ont l'habitude d'utiliser des paramètres angulaires légèrement différents pour caractériser le plan de l'orbite: i, ω, Ω

- i appelé inclinaison de l'orbite est l'angle entre le plan de l'orbite et le plan du ciel (autrement $90^\circ - i$ est l'angle entre le plan de l'orbite et la "ligne de visée" joignant l'observateur au système planétaire).
- ω
- Ω

Quant au mouvement de la planète sur son orbite, il est caractérisé par la période P de révolution orbitale et par l'instant T_0 de passage en un point donné de l'orbite, par exemple le périastre.. Pour une

orbite donnée la période dépend de la masse de l'étoile: $P = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM_\star}}$

Les méthodes dynamiques consistent à détecter la perturbation du mouvement de l'étoile induite par la révolution orbitale de la planète. Ces mouvements sont régis par les lois de la mécanique céleste. L'étoile et la planète tournent toutes les deux autour du centre de gravité du système étoile-planète. Pour une planète située à une distance a de son étoile, l'étoile est à une distance

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

Pour une orbite circulaire de la planète, a est constant et il en est donc de même de a_{et} , de sorte que l'étoile suit une trajectoire circulaire autour du centre de masse.

Ce mouvement peut s'observer de trois manières:

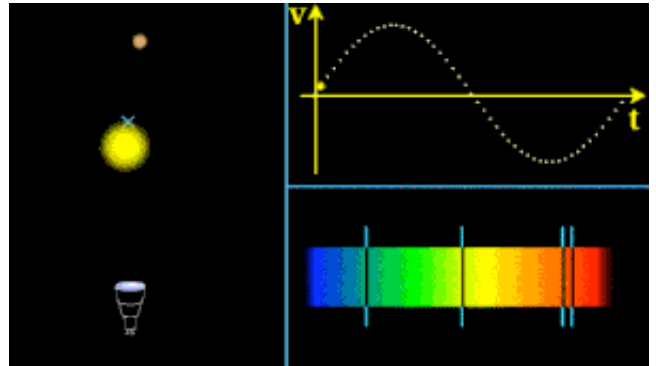
Vitesses radiales

La vitesse radiale V_R est la projection du vecteur vitesse de l'étoile sur la "ligne de visée" qui joint l'étoile à l'observateur. Pour une orbite circulaire de la planète elle vaut à chaque instant

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

où K est l'amplitude de la variation de $V_R(t)$, donnée par:

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



Le déplacement des raies sombres dans le spectre de l'étoile est la signature du mouvement de la planète et de l'étoile autour de leur centre de gravité.

Crédit : Emmanuel Pécontal

Autres méthodes dynamiques

Astrométrie

L'astrométrie consiste à mesurer les variations de la position apparente de l'étoile sur le fond du ciel (par rapport aux autres étoiles). Ce mouvement apparent est une ellipse qui, pour une orbite circulaire de la planète, se décrit par:

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

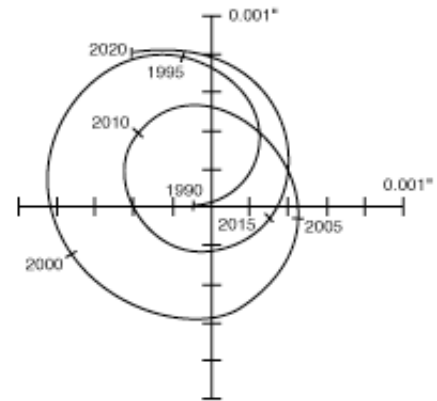
Chronométrage

On peut aussi mesurer la variation de distance entre l'étoile et l'observateur. La meilleure méthode pour mesurer cette variation est de mesurer la variation ΔT de temps que met la lumière à nous parvenir de l'étoile. A chaque instant cette variation est donnée par

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

Pour mesurer cette variation, le plus simple est de mesurer les variations de temps d'arrivée d'un signal périodique. ΔT est alors le retard ou l'avance de l'instant d'arrivée du signal par rapport à un instant "nominal" (sans perturbation). Les signaux périodiques sont de deux types:

- "pulse" d'un pulsar
- instant de minimum d'une éclipse dans le cas où l'étoile est une binaire à éclipses



Le Soleil se déplace lentement sous l'effet des perturbations gravitationnelles des planètes (Jupiter et Saturne principalement). Le mouvement est représenté ici depuis une distance de 10 pc.

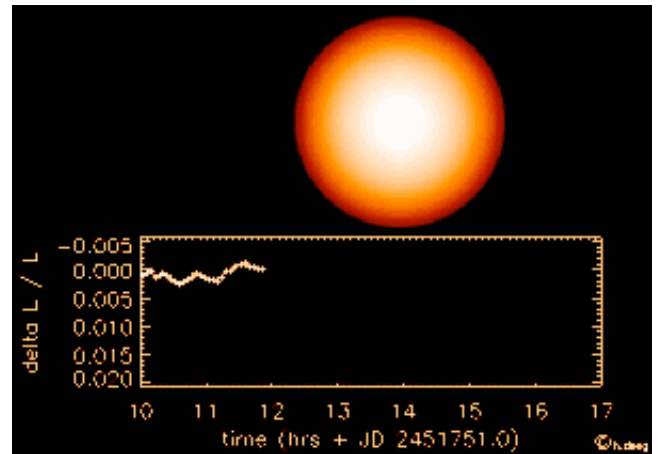
Crédit : NASA

Transits planétaires

Lorsqu'une planète passe devant son étoile, elle occulte une très faible partie de sa surface ce qui produit une très faible diminution de son éclat.

L'appliquette suivante détaille comment les exoplanètes sont repérées par transit avec CoRoT : [Simulateur de transits](#)

Simulation (animation)

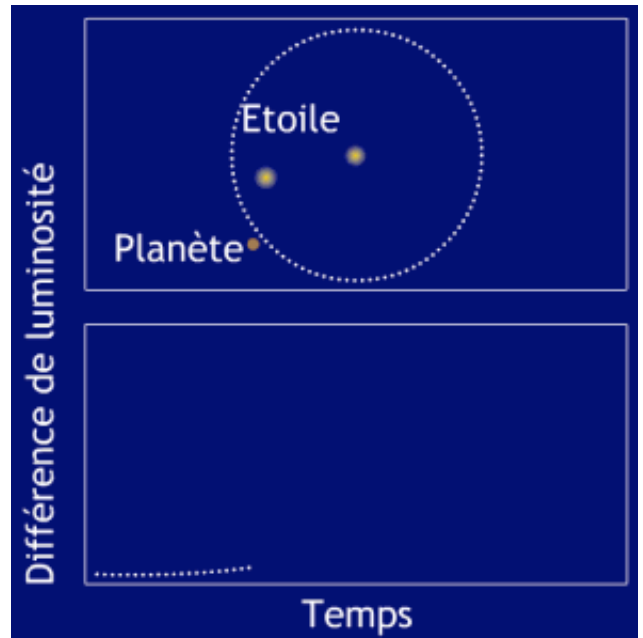


Crédit : Hans Deeg (Instituto de Astrofísica de Canarias)

Lentilles gravitationnelles

C'est une application de la théorie d'Einstein de la gravitation. Celle-ci prédit que lorsqu'un corps de masse M (déflecteur) est à une distance projetée sur le ciel b ("paramètre d'impact") de la ligne de visée d'une source lointaine, l'éclat apparent de cette dernière est amplifiée par un facteur $A = \sqrt{\frac{M}{b}}$.

Lorsque la source et le déflecteur se déplacent l'un par rapport à l'autre sur le plan du ciel, le paramètre d'impact b varie au cours du temps. Il en est donc de même du facteur d'amplification qui devient une fonction du temps $A(t)$.



Une étoile très lointaine passe exactement derrière une autre étoile autour de laquelle orbite une planète. L'étoile proche focalise la lumière de l'étoile lointaine ce qui crée une augmentation de la luminosité. La planète focalise aussi la lumière de l'étoile lointaine, ce qui crée les deux pics de luminosité visibles avant le maximum.

Crédit : Observatoire de Paris / UFE

Détection décamétrique

Dans le système solaire, des planètes comme Jupiter émettent davantage que le Soleil dans le domaine des ondes radio décamétriques. Si des exoplanètes ont la même propriété, on peut essayer de les détecter dans le domaine décamétrique à l'aide de radiotélescopes.



Radiotélescope de Kharkov

Crédit : Philippe Zarka

Imagerie directe

La détection directe consiste à prendre une image globale (ou partielle) du système planétaire, où la planète apparaît comme un point. C'est de loin la méthode la plus riche et la plus prometteuse. Elle permet en effet d'avoir accès à de nombreuses propriétés des planètes.

Flux réfléchi - Flux thermique

Il y a deux régimes différents par lesquels on peut recevoir la lumière émanant d'une planète:

- la lumière de l'étoile réfléchi par la planète
- l'émission thermique de la planète chauffée par l'étoile.

Un paramètre crucial est le rapport de flux planète/étoile.

Pour le flux réfléchi ce rapport vaut, pour toutes

longueurs d'onde: $\frac{A}{4} \left(\frac{R_{pl}}{a} \right)^2 \varphi(t)$ où A est l'albédo (pouvoir réflecteur) de la planète et $\varphi(t)$ un "facteur de

phase" qui indique la portion relative de la surface éclairée de la planète visible par l'observateur (analogue aux phases de la Lune ou de Vénus). L'albédo dépend plus ou moins de la longueur d'onde en fonction du type et des conditions physiques de la planète.

Le flux thermique dépend de la température de la planète. Si l'on néglige les sources de chaleur interne, cette température est fournie par le flux incident de l'étoile qui chauffe la planète. Elle est donnée par

$T_{pl} = \sqrt{\frac{R_{et}}{2a}} (1-A)^{1/4} S$ où S est un facteur caractérisant l'effet de serre. Ce dernier mesure la proportion du rayonnement de la planète qui ne peut s'en échapper car absorbé par son atmosphère. Le rapport de flux thermique planète/étoile est alors très dépendant de la longueur d'onde:

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

On remarque que, aussi bien dans le régime thermique que dans le régime réfléchi, le rapport de flux planète/étoile est extrêmement faible. Comme par ailleurs la planète est, vue par l'observateur, très proche de son étoile, ce dernier est "ébloui" par l'étoile au détriment de la planète.

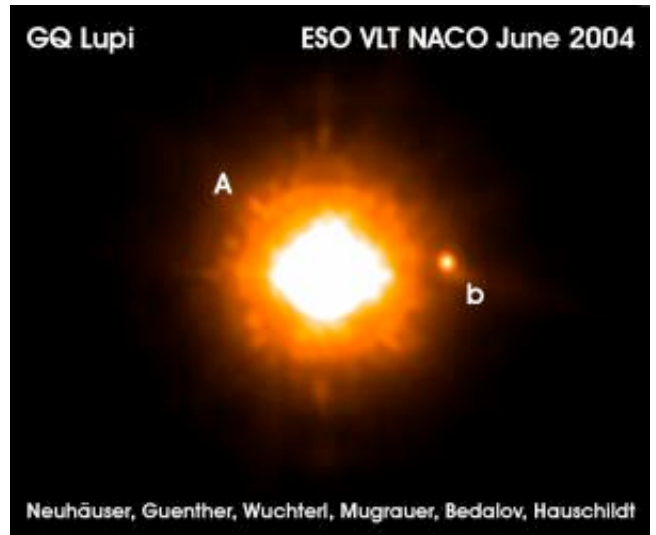
La réponse à cet inconvénient consiste à amoindrir fortement le flux de l'étoile sans amoindrir celui de la planète. Il y a pour cela deux techniques: la coronographie et l'extinction interférométrique de l'étoile.

Coronographie

Cette technique consiste, de façon simplifiée, à cacher l'étoile par une pastille (masque coronographique) dans le plan de l'image (sans cacher la planète).

Extinction interférométrique

On peut aussi amoindrir le flux d'une étoile dans un interféromètre constitué d'au moins 2 miroirs. On fait interférer "négativement" le flux stellaire passant l'un des miroirs avec celui passant par un autre miroir. Cette interférence destructive éteint l'étoile. On peut arranger la configuration de l'interféromètre pour que le flux issu de la planète ne soit pas éteint. En effet, comme les rayons lumineux issus de la planète viennent d'une direction légèrement différente de celle de l'étoile, le chemin parcouru par ces rayons n'est pas le même.



La jeune étoile GQ Lupi et son faible compagnon planétaire.
Crédit : ESO/VLT

Les campagnes d'observation en cours

Jusqu'à présent, seule la méthode dynamique et celle des transits ont été mises en oeuvre. La méthode dynamique se traduit concrètement par plusieurs programmes de recherche de planètes par mesure de vitesses radiales des étoiles, par astrométrie au moyen du télescope spatial Hubble et par le chronométrage de pulsars. La méthode des transits est mise en oeuvre par plusieurs campagnes d'observation au sol et par le télescope spatial Hubble.



Le télescope spatial Hubble.

Crédit : NASA

Les planètes déjà découvertes et leurs propriétés

Détection indirecte par vitesse radiale

A ce jour (avril 2005) on a détecté environ 150 planètes par la méthode des vitesses radiales. Comme on l'a vu, celle-ci ne fournit que la période orbitale (d'où l'on peut déduire le demi-grand axe de l'orbite), l'excentricité de l'orbite et le produit $M_p \sin i$.

Détection indirecte par transits

Quelques planètes ont été détectées par la méthode des transits. Cette méthode donne la période orbitale, l'inclinaison de l'orbite (forcément voisine de 90°), le rayon de la planète et, lorsqu'on lui associe des mesures de vitesse radiale, sa masse.

En outre, on peut observer le spectre de l'étoile pendant le transit de la planète. L'atmosphère de la planète produit alors des raies d'absorption dans le spectre de l'étoile d'où l'on peut déduire la composition chimique de l'atmosphère. C'est ainsi que dans l'atmosphère de HD209458 b on a trouvé de l'hydrogène, de l'oxygène et du sodium.

Détection directe

Mais le tournant le plus important depuis les premières détections indirectes est la détection de la lumière provenant directement d'une planète. C'est ce qui a pu être fait pour la planète très jeune (donc encore très chaude) 2M1207-3932, HD 209458b et TrES-1. Ces deux dernières transitent périodiquement devant leur étoile; il se produit donc un phénomène d'éclipse secondaire lorsque c'est l'étoile qui passe, une demi-période plus tard, devant la planète. C'est cette éclipse secondaire qui a été détectée, d'où l'on déduit par soustraction la quantité de flux (en l'occurrence thermique) émis par la planète.

Catalogue des planètes

On découvre environ deux planètes par mois. Leurs propriétés se trouvent dans ce [catalogue](#) régulièrement mis à jour.

Les premières leçons

De ces découvertes on peut déjà tirer quelques leçons intéressantes.

La proportion d'étoiles ayant au moins une planète

Au moins 5% des étoiles observées révèlent la présence d'un compagnon planétaire. Cette proportion va augmenter au fur et à mesure que les observations seront capables de détecter des planètes moins massives et plus éloignées de leur étoile.

Distances planète-étoile

Toutes les planètes (géantes, les seules que l'on sache détecter) découvertes à ce jour sont beaucoup plus près (jusqu'à 100 fois) de leur étoile que ne l'est Jupiter du Soleil. Cela a constitué une grande surprise car la théorie prévoit qu'une planète géante doit se former à au moins 5 UA de son étoile. Cette disparité s'explique maintenant par le phénomène de "migration": une fois qu'une planète commence à se former relativement loin de son étoile dans le disque protoplanétaire, un phénomène d'interaction gravitationnelle entre le disque et la planète en formation se produit. Elle a pour effet de freiner la planète qui du coup se rapproche de son étoile (migration) jusqu'à ce que l'interaction s'arrête. Ces planètes étant très proches de leur étoile, celle-ci les porte à une température élevée (jusqu'à 1200 K). C'est pourquoi on les appelle des "Jupiters chauds".

Excentricité des orbites

Une autre surprise a été de constater que la majorité des orbites planétaires sont assez ou très excentriques: elles forment des ellipses plus ou moins allongées au lieu d'être quasi circulaires comme dans le système solaire. On n'est pas bien sûr à ce jour de connaître l'explication de ce phénomène. Une des explications les plus vraisemblables pourrait être que si deux planètes migrent, elles le font à des vitesses différentes. Elles doivent alors forcément se rencontrer et au cours de cette rencontre l'une d'elles expulse l'autre du système planétaire. Les lois de la mécanique céleste font alors que celle qui reste a forcément une orbite elliptique.

Métallicité de l'étoile parente

Une dernière observation intéressante est que les étoiles pour lesquelles on a trouvé une ou des planètes sont plus riches en éléments lourds (carbone, oxygène, fer ...) que la moyenne des étoiles. On hésite encore sur l'explication à donner à cette corrélation. Elle peut être due soit au fait que l'étoile et son cortège planétaire sont issus d'un nuage moléculaire riche en éléments lourds, soit au fait que l'étoile a été enrichie en éléments lourds par la chute de planètes.

Que cherche-t-on exactement ?

Un peu de philosophie:

La notion de vie est fondamentalement subjective: nous déclarons vivant un "objet" (comme on dit "objet d'attention" ou "objet d'amour") avec lequel nous pouvons avoir des relations riches et intéressantes. Parmi ces relations, il y a le fait de pouvoir projeter sur lui des comportements qui nous sont propres comme l'autonomie. Il n'y a donc strictement parlant pas d'organisme vivant mais seulement des relations vivantes à des organismes.

Cela dit, c'est une constatation empirique que tout objet avec lequel nous entretenons une relation vivante a une architecture physico-chimique complexe (molécules, cellules, organes ...). Aucune théorie philosophique, psychologique ou biochimique n'a jamais expliqué cette corrélation, on ne peut que la constater. Elle permet de faire le chemin inverse et d'attribuer, à titre d'hypothèse méthodologique, le caractère de biologiquement vivant à un objet dont l'architecture physico-chimique est complexe et présente des caractéristiques analogues à celles des organismes terriens. C'est la démarche suivie par les astronomes qui cherchent "la vie" en dehors de la Terre. Dans cette démarche, il s'agit alors de savoir quelles sont les caractéristiques que l'on va retenir. Ce choix est partiellement arbitraire.

La notion de zone habitable



Une fois admise la démarche biochimique décrite ci-dessus, elle permet de préciser dans quel type de planète on peut s'attendre à rencontrer une vie biologique. Pour que cette dernière puisse prospérer, un certain nombre de conditions sont requises. Ces conditions sont généralement admises par les astronomes, mais ils restent ouverts à des écarts et des variantes.

La condition principale est qu'il faut un milieu liquide car il favorise énormément le transport des matériaux nécessaires à une activité biochimique.

L'eau est un liquide a priori prometteur car c'est l'un des plus abondants de l'Univers (les autres étant par exemple l'alcool; le méthane et l'ammoniaque peuvent également être liquides, quoique à des températures beaucoup plus basses). De plus elle a l'avantage d'être un des meilleurs solvants ce qui favorise les réactions et échanges biochimiques. On est ainsi conduit à favoriser les circonstances permettant la présence d'eau liquide.

Une autre condition universelle est qu'il faut, dans le cadre des concepts thermodynamiques traditionnels, une source d'énergie "noble" (c'est-à-dire sous forme non thermique) à entropie très basse. Elle doit par ailleurs être permanente car son interruption conduirait à la destruction des organismes. La meilleure source d'énergie permanente, abondante et de basse entropie connue à ce jour est le rayonnement des étoiles.

Le meilleur endroit identifié à ce jour où on trouve à la fois de l'eau liquide et une source permanente et intense de lumière est une planète située à une distance de son étoile telle que sa température est d'environ 300 K. De plus elle doit être suffisamment massive pour empêcher l'eau de s'échapper de la planète, mais pas trop sinon l'eau est confinée dans des couches profondes et sans lumière d'une atmosphère d'hydrogène (ce dernier point est toutefois sujet à discussion). On est ainsi conduit à chercher en priorité une vie biologique sur une planète de 1 à quelques masses terrestres située à une distance de 0,2 UA (pour les étoiles de type M) à 1,5 UA (pour les étoiles de type F) de son étoile (bien que des satellites de planètes géantes riches en eau et chauffés par effet de marée comme Europe soient envisageables). Cette distance critique, dépendant du type d'étoile, définit ce qu'on appelle la zone d'habitabilité de l'étoile.

Comment chercher

Alors que dans le système solaire on peut envoyer des missions qui feront de l'analyse in situ voire du retour d'échantillons pour en analyser la structure biochimique, dans le cas des exoplanètes on en est réduit à faire de la télédétection. Celle-ci peut a priori prendre plusieurs formes:

- analyse de "signaux" radio ou optiques: c'est la démarche des programmes "SETI" (Search for ExtraTerrestrial Intelligence) que nous ne commentons pas davantage ici.
- analyse polarimétrique des exoplanètes. Cette voie n'est pour l'instant pas explorée
- analyse spectrale des exoplanètes. C'est l'approche la plus élaborée, qui est développée ci-dessous.

Il y a deux approches pour détecter une activité biologique dans le spectre d'une planète: l'analyse spectrale de sa surface et celle de son atmosphère.

Végétation

Une approche directe consiste à chercher à détecter directement des organismes sur la surface de la planète grâce à leurs propriétés spectrales. Un exemple est de chercher un analogue des caractéristiques spectrales d'une végétation qui révèlent un pouvoir réflecteur très renforcé au-dessus de 725 nm (ce qui fait que les plantes émettent 60 fois plus de lumière dans l'infrarouge que dans le vert).

Oxygène-ozone

Au lieu de détecter directement le spectre de la lumière réfléchi par des organismes comme des plantes, on peut chercher à détecter des sous-produits non biologiques d'une activité biochimique. C'est le cas par exemple des gaz rejetés dans l'atmosphère comme l'oxygène (sous-produit de la photosynthèse) ou du méthane (sous-produit de la décomposition des organismes). D'ailleurs l'oxygène lui-même a comme sous-produit l'ozone que l'on peut également chercher à détecter.

Astrométrie

Au sol, l'organisme européen ESO (European Southern Observatory) projette de chercher des planètes géantes autour de quelques centaines d'étoiles à partir de 2008 au moyen de l'instrument PRIMA installé auprès du grand interféromètre de 120 mètres VLTI (Very Large Telescope Interferometer) au Chili.

Dans l'espace, deux projets sont en phase d'étude finale:

- SIM (Space Interferometry Mission) de la NASA est un interféromètre de 20 mètres de base installé sur une poutre et constitué de 2 télescopes de 40 cm de diamètre. Son lancement est prévu pour 2009. Il pourra chercher des planètes autour d'environ 1500 étoiles les plus proches. Il est suffisamment précis pour détecter des planètes de quelques masses terrestres situées à moins de 5 pc.
- GAIA est un instrument qui mesure les variations de position des étoiles par rapport à toutes les autres (plus brillantes que $m = 20$). Ce procédé lui permet de mesurer les variations de position de 1,5 milliard d'étoiles. Il aura une précision suffisante pour chercher des planètes de la taille de Jupiter autour d'environ 20.000 étoiles. Son lancement par l'ESA (Agence Spatiale Européenne) est prévu pour 2012.



GAIA (vue d'artiste).

Credit : ESA / Medialab

Transits

Au sol de nombreux télescopes de petite et moyenne taille (jusqu'à ~ 1 mètre de diamètre) existent, sont en cours d'installation ou à l'étude dans le but de détecter des "Jupiters chauds" par transits.

Dans l'espace, le CNES a lancé en 2006, en collaboration avec d'autres pays européens, un télescope de 30 cm de diamètre appelé CoRoT. Comme son nom l'indique (Convection, Rotation et Transits planétaires) il doit à la fois étudier la rotation et la convection de quelques étoiles brillantes et chercher des transits planétaires autour de 60.000 étoiles jusqu'à la magnitude 16. Il a une sensibilité suffisante pour trouver des planètes deux fois plus grandes que la Terre (soit 20% de la taille de Jupiter).



Le télescope COROT (vue d'artiste).

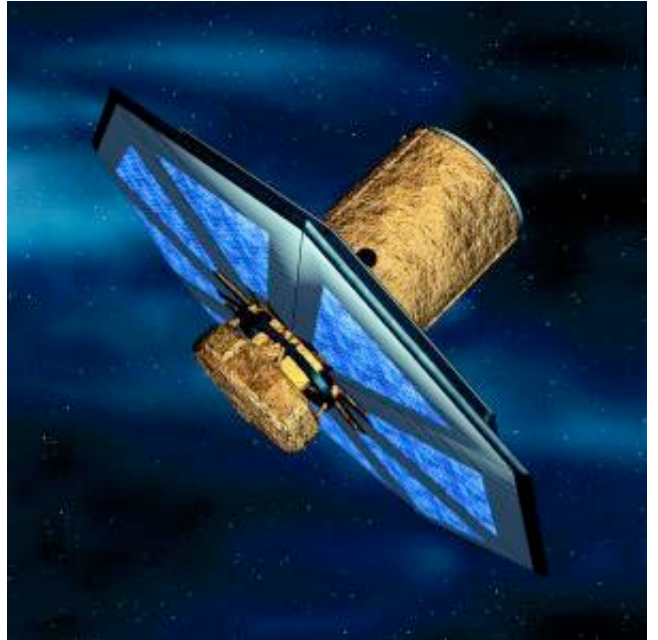
Credit : CNRS

Imagerie directe

C'est de loin le domaine le plus prometteur. En effet, cette méthode permet une caractérisation très riche des propriétés physiques et chimiques des planètes:

- Atmosphère (densité, composition ...)
- Surface (couleur, morphologie des océans/continents ...)
- Rotation de la planète (durée du "jour")
- Satellites, anneaux

De très nombreux projets sont en cours, au sol et dans l'espace. C'est le domaine qui concentre le plus d'activités et est en expansion la plus rapide.



L'un des télescopes du projet Darwin (vue d'artiste).
Crédit : ESA / Medialab

Au sol

L'ESO devrait rendre opérationnelle à partir de 2008 une caméra appelée Planet Finder auprès de l'un des télescopes de 8 mètres de diamètre du Very Large Telescope installé au Chili. Le télescope Keck de 10 mètres a un projet analogue. Le LBT (Large Binocular Telescope) est une paire de télescopes américains de 8,2 mètres de diamètre installés au Chili. L'un d'eux est équipé d'une caméra pouvant détecter des planètes.

A plus long terme, les États Unis et l'Europe ont des projets de très grands télescopes dont le diamètre sera compris, en fonction de la faisabilité et du coût, entre 30 mètres et 100 mètres. Ils seront tous équipés de caméras destinées à détecter des planètes en imagerie. La possibilité de détecter des exo-Terres avec cette future génération de télescopes qui devraient voir le jour autour de 2020 est à l'étude.



L'interféromètre du Keck à Hawaii

Crédit : NASA / JPL

Dans l'espace

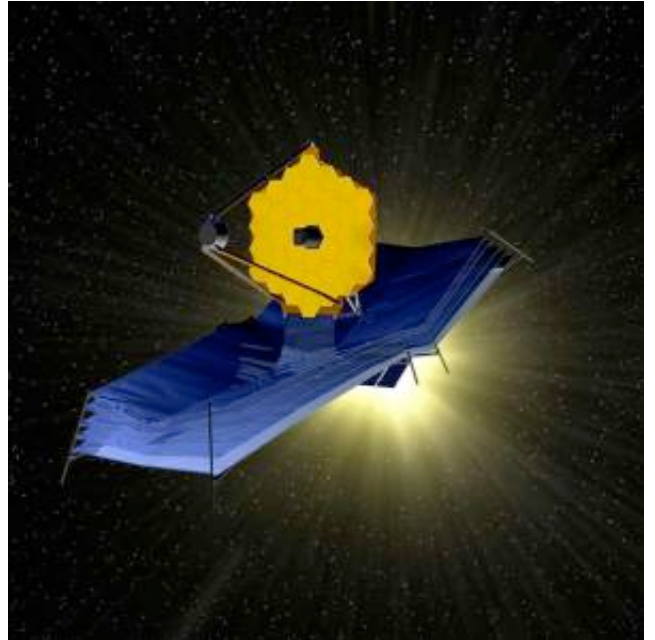
Pour l'instant, il n'y a qu'un télescope dont le lancement est acquis (prévu en 2011), le James Web Space Telescope (JWST). Mais il y a plusieurs projets en cours de discussion.

Le JWST est un télescope de 7 mètres de diamètre optimisé pour l'infrarouge. Il est équipé de plusieurs instruments (spectrographes, caméras). Pour ce qui concerne les exoplanètes, il comporte une caméra MIRI (Mid-InfraRed Imager) équipée d'une série de coronographes adaptés à la détection de planètes dans différentes longueurs d'onde de 7 à 20 microns. Il devrait pouvoir détecter quelques planètes autour des étoiles les plus proches.

Il y a, pour le moyen terme, trois types de projets, pour lesquels il n'y a pas de décision définitive:

- Un télescope de taille modeste (environ 1 mètre de diamètre) équipé d'un coronographe et pouvant détecter la lumière réfléchie de planètes géantes.
- Un télescope de 3,5m x 7 m, dit TPF-C, équipé d'un coronographe et destiné à détecter des planètes telluriques par lumière stellaire réfléchie.
- Un interféromètre constitué de 3 à 6 télescopes de 3 mètres de diamètre et distants de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. Il y a deux projets parallèles, l'un, Darwin, en phase d'étude à l'Agence Spatiale Européenne, l'autre, TPF-I, en phase d'étude à la NASA. Ces deux projets sont destinés à chercher en infrarouge des planètes telluriques par leur émission thermique.

L'immense intérêt de ces trois derniers projets (Darwin, TPF-C, TPF-I) est d'être en mesure de chercher des biosignatures spectrales.



Le télescope spatial James Web (vue d'artiste).

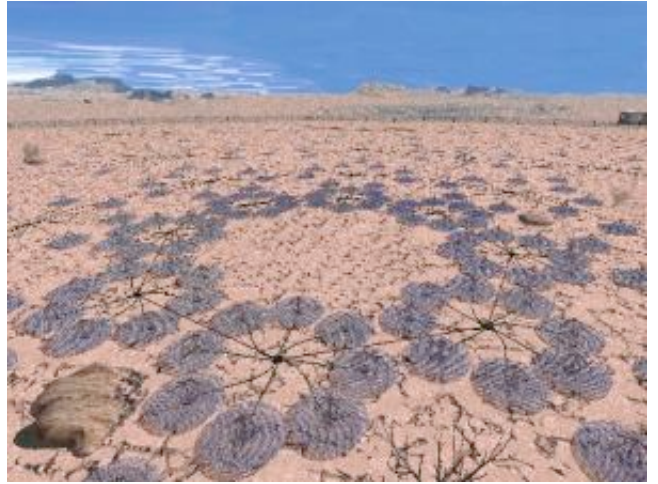
Credit : Northrop Grumman

Emission décamétrique

Dans le système solaire, plusieurs planètes sont le siège d'une émission radio, à des longueurs d'onde de quelques mètres (émission décamétrique), plus forte que celle du Soleil. D'où l'idée de chercher à détecter des exoplanètes dans le domaine décamétrique où l'on n'est pas gêné par l'émission parasite de l'étoile. Cette approche semble surtout prometteuse pour les Jupiters chauds. C'est l'un des objectifs scientifiques du grand interféromètre décamétrique LOFAR qui devrait commencer à fonctionner en Hollande vers 2007.

Bibliographie

* Frei et Mayor Les nouveaux mondes du cosmos



Une station LOFAR (vue d'artiste).

Crédit : LOFAR Science Consortium