

La recherche des exoplanètes

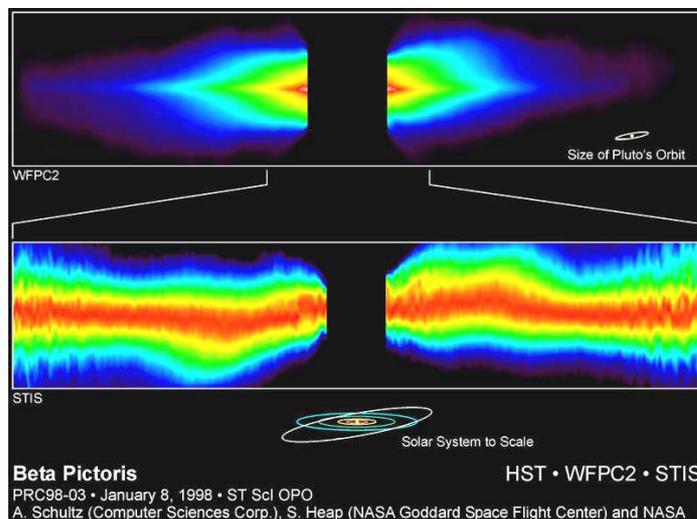
Dossier élaboré à partir d'un texte de Thierry LOMBRY publié sur LUXORION
<http://www.astrosurf.com/luxorion/exoplanetes.htm>

Depuis la découverte en 1995 de la première exoplanète par M.Mayor et D.Quézlos, les télescopes toujours plus puissants, au seuil de l'an 2000 avaient détectés une centaine d'exoplanètes orbitant autour d'autant de systèmes stellaires situés jusqu'à plusieurs milliers d'années-lumière du Soleil. En moyenne chaque année nous découvrons une dizaine d'exoplanètes.

Aujourd'hui les astronomes ont répertorié près 123 exoplanètes dans 108 systèmes stellaires. Toutefois à ce jour deux exoplanètes seulement ont une masse 10 fois inférieure à celle de Jupiter (ou 30 fois plus massives que la Terre avec un diamètre voisin de 80000 km).

C'est un pourcentage qui ne reflète certainement pas la réalité car nos moyens d'investigation nous limitent actuellement à la recherche de planètes géantes similaires à Jupiter. Les planètes de la taille de la Terre sont invisibles, en-dessous de la résolution des instruments. D'ici quelques années les astronomes espèrent tirer profit de télescopes spatiaux interférométriques et pourquoi pas de phénomènes de micro-lentilles naturels qui permettraient, comme en 2003, de découvrir des exoplanètes sous la loupe d'une masse obscure située à l'avant-plan.

Parmi ces systèmes exoplanétaires, combien d'entre eux abritent des planètes du type de la Terre ? Actuellement un tiers des exoplanètes répertoriées ont une masse inférieure à celle de Jupiter (0.9 - 0.1 Mj).



Disque proto-planétaire autour de l'étoile Beta Pictoris

Neuf systèmes exoplanétaires ont ainsi été étudiés par cette technique et ont permis aux chercheurs de dériver quelques règles qui déterminent l'habitabilité dans 90% des cas. Leur analyse montre que 50% des systèmes exoplanétaires pourraient avoir une exoplanète de même taille que la Terre gravitant au moins partiellement dans la zone habitable, et ce durant une période d'au moins un milliard d'années. Cette période a été choisie car on estime que c'est la durée minimale exigée pour que la vie émerge et s'installe sur une planète.

Ces simulations démontrent également que la vie pourrait se développer à un moment donné dans deux-tiers des systèmes exoplanétaires, étant donné que la zone habitable s'étend

graduellement vers l'extérieur du système à mesure que l'étoile vieillit et devient plus active (stade géante rouge).

La classification des exoplanètes : HabCat, ATA et RLA

Toutes les exoplanètes découvertes à ce jour ont une masse voisine de celle de Jupiter. A son image, elles pourraient donc également être escortées d'un cortège de satellites de la taille et de la masse de la Terre ou de la Lune.

La vie ne s'est pas développée sur les planètes géantes et gazeuses. Cependant, elle pourrait survivre sur les lunes de la taille de la Terre si la planète hôte gravite dans la zone habitable. Les futurs programmes s'orientent vers la recherche d'exoplanètes gravitant uniquement autour d'étoiles similaires au Soleil et dont les planètes seraient susceptibles d'abriter des mondes habitables. Selon Margaret Turnbull de l'université d'Arizona à Tucson, sur les 17129 étoiles candidates répertoriées dans le catalogue "Target Selection for SETI: I. A Catalog of Nearby Habitable Stellar Systems" de la NASA, 30 étoiles sont sur une liste courte parmi lesquelles 37 Gemini. C'est une étoile stable de classe G0, de magnitude 5.7, un peu plus chaude et un peu plus brillante que le Soleil (classe G2V naine).

Avec Jill Tarter de l'Institut SETI, Margaret Turnbull a également compilé le catalogue "HabCat", ou Catalogue des Systèmes Proches Habitables. 75% des étoiles répertoriées sont situées à moins de 450 années-lumière. Ces soleils sont juste à la bonne distance des télescopes et assez brillants pour conduire un très intéressant programme de recherche d'exoplanètes habitables.

La quantité de métaux lourds présents lorsque l'étoile s'est formée ainsi que son âge sont des critères très importants pour les chercheurs. Les jeunes étoiles par exemple ont souvent une grande vitesse de rotation, elle émettent des rayons X au-dessus et en-dessous de leur température estimée ou elles n'ont pas encore brûlé tous leurs éléments légers. Elles ne sont pas arrivées au stade de maturité et il en est autant des possibilités de vie dans leur environnement, jugé trop hostile.

Pratiquement tous les systèmes exoplanétaires découverts à ce jour à l'exception d'un ou deux astres l'ont été par le truchement des effets gravitationnels de la planète sur le mouvement de son étoile hôte dans le ciel, la faisant vaciller régulièrement sous l'effet de la gravitation. Pour minime qu'il soit, l'ampleur de ces oscillations peut être déterminée à partir de l'analyse spectrale des étoiles. Une autre méthode consiste, à l'image des étoiles binaires à éclipses, à découvrir le léger affaiblissement de la lumière de l'étoile lorsque la planète passe devant son disque.

Les futures découvertes sont susceptibles de contenir une proportion plus élevée de systèmes ressemblant à notre système solaire, où les planètes géantes orbitent à bonne distance de la zone habitable. La proportion de systèmes abritant des terres habitables doit donc aussi augmenter. Vers 2050 ces chercheurs auront à leur disposition des télescopes spatiaux interférométriques qui devraient être capables de découvrir des astres de la taille de la Terre et déterminer s'ils sont susceptibles d'abriter la vie. Citons les projets LISE, Hyper-OVLA ou RLA, le Redundant Linear Array de Lopez qui serait capable de discerner des détails sur la surface d'une planète de la taille de la Terre à 10 années-lumière !

A court terme, 2006, la mission Kepler dirigée par le centre Ames de la NASA surveillera des milliers d'étoiles sur une période de quatre ans, recherchant des planètes transitant devant leur étoile hôte. Grâce à une caméra CCD très performante Kepler sera assez sensible pour détecter les astres de la taille de la Terre (30 à 600 fois moins massives que Jupiter) gravitant autour de plusieurs centaines d'étoiles proches. Ces études seront complétées vers 2012-2015 par des missions spécifiques orientées vers les exoplanètes affichant des signes de vie.

Après Kepler, la NASA envisage de lancer en 2009 la mission d'interférométrie spatiale SIM. Sa principale mission consistera à mesurer la distance des étoiles avec une précision 100 fois plus élevée que les mesures actuelles. Ceci améliorera les estimations de la taille de l'univers et aidera à déterminer la magnitude réelle des étoiles qui, en corollaire, permettra de préciser leur composition chimique et leur stade évolutif. SIM recherchera également des exoplanètes de la taille de la Terre gravitant dans la zone habitable autour d'environ 200 étoiles.

Mais quel serait le résultat si des astronomes d'une lointaine planète étudiaient le jeune système solaire d'il y a 4.5 milliards d'années ? Y découvriraient-ils les signes précurseurs de la Terre récemment formée à partir du disque d'accrétion entourant cette jeune étoile jaune ? Pour les astronomes américains Scott Kenyon du SAO et Benjamin Bromley de l'université de l'Utah, la réponse est oui indubitablement. Leur modèle numérique indique que nous pouvons utiliser les mêmes repères pour localiser des exoplanètes de la taille de la Terre qui seraient actuellement en formation, des jeunes mondes qui, un jour, accueilleront peut-être une vie complexe.

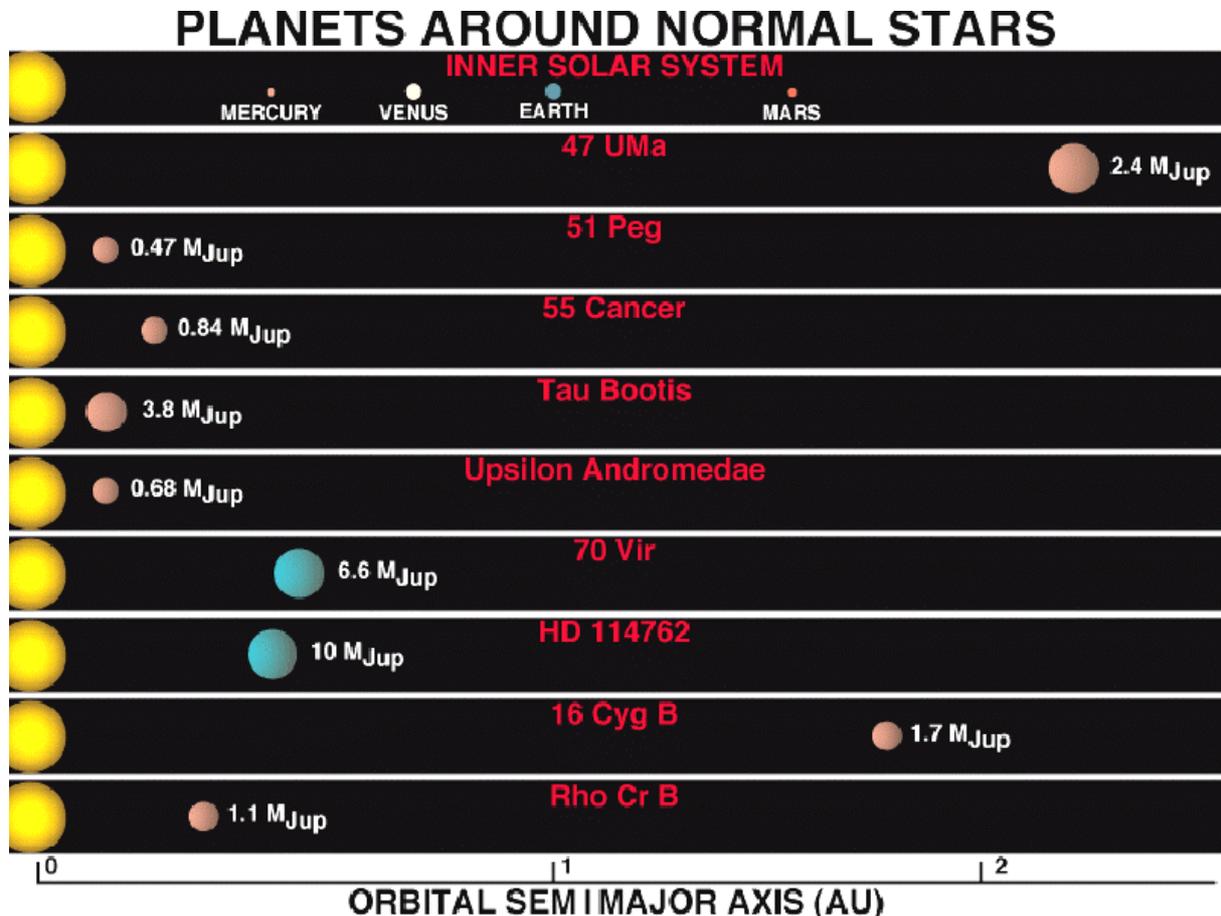
La clef qui nous permettrait de trouver des exoplanètes nouvellement nées consiste non pas à rechercher la planète elle-même, mais l'anneau de poussière autour de l'étoile qui est en quelque sorte l'empreinte digitale de la planète en cours d'accrétion. Selon Kenyon "s'il y a un anneau de poussière, il y a une planète".

Bien que les planètes soient communes dans l'univers, il est difficile de les détecter car elles brillent trop faiblement par rapport à la luminosité de l'étoile toute proche. Aussi pour les détecter les astronomes cherchent des preuves indirectes de leur existence. Nous avons vu qu'une fois l'exoplanète formée on peut détecter son influence gravitationnelle sur le mouvement de l'étoile hôte. Mais dans les jeunes systèmes exoplanétaires, cette trace n'existe pratiquement pas ou le système est pratiquement opaque, et la solution consiste à détecter le disque protoplanétaire lui-même et la manière dont la planète en cours de formation affecte la circulation du disque de poussière.

Les exoplanètes aussi massives que Jupiter possèdent une forte pesanteur. Cet effet affecte fortement le disque protoplanétaire. Une planète de la taille de Jupiter peut dégager un espace circulaire de plus d'un million de kilomètres de diamètre dans le disque d'accrétion, déformant localement le disque ou créer une série d'anneaux concentriques de poussière comme une pierre jetée dans l'eau. La présence d'une planète géante peut donc expliquer les ondes de matière ainsi que la cavité plus froide que l'on observe dans le disque d'accrétion âgé de 350 millions d'années qui entoure l'étoile Véga.

Les petites exoplanètes de la taille de la Terre possèdent une pesanteur plus faible et affectent donc le disque protoplanétaire plus faiblement, ne laissant que des traces subtiles de leur présence. Plutôt que de rechercher les déformations ou les "sillages", les chercheurs préfèrent observer de quelle manière la lumière du système stellaire est distribuée en infrarouge, cette longueur d'onde révélant la chaleur du disque d'accrétion ainsi que sa distribution spatiale. Les étoiles entourées de disques de poussière sont plus brillantes en infrarouge que les étoiles sans

disque. Plus la poussière est dense et opaque à la lumière visible, plus le disque sera lumineux en infrarouge. Kenyon et Bromley ont ainsi démontré que les astronomes pouvaient utiliser les mesures de brillance faites par spectrographie infrarouge (IRS) non seulement pour détecter le disque protoplanétaire, mais également pour détecter une planète de la dimension de la Terre en formation dans ce disque, phénomène qui devrait produire des quantités observables de poussière.



Quelques exoplanètes et la distance à leur étoiles en comparaison au système solaire

La cas Osiris

L'exoplanète HD 209458b, provisoirement baptisée Osiris, a surpris les astronomes. Découverte en 2003 dans la constellation de Pégase grâce au télescope Hubble, de l'oxygène ainsi que du carbone ont été découverts dans son atmosphère, s'évaporant à un taux si élevé qu'on peut pratiquement dire qu'elle consomme ses dernières bouffées d'oxygène.

HD 209458b est la première exoplanète découverte alors qu'elle transitait devant son étoile et c'est également la première exoplanète ayant une atmosphère détectable. Pour distinguer cette extraordinaire planète de ses condisciples les astronomes l'ont provisoirement baptisée "Osiris". Rappelons qu'Osiris est le dieu égyptien de la lumière qui perdit une partie de son corps, à l'instar de HD 209458b, après que son frère Set, le dieu à face de chacal, l'ait tué et coupé en morceaux pour l'empêcher de revivre.

Osiris fut découverte par Alfred Vidal-Madjar et son équipe de l'Institut d'Astrophysique de Paris alors qu'elle transitait devant son étoile hôte de type solaire à une distance de 6.6

millions de km seulement. Un nuage d'oxygène et de carbone entourent la planète formant une enveloppe ellipsoïdale en forme de ballon de rugby. Les gaz sont entraînés vers le sommet de l'atmosphère d'où ils s'échappent comme un tourbillon de poussière à une vitesse supersonique.

Bien que l'oxygène soit un indicateur possible de la vie, si la possibilité de trouver de la vie sur Osiris semble passionnant, il faut rappeler que ce n'est pas une grande surprise en soit car l'oxygène est également présent dans les planètes géantes de notre système solaire, comme Jupiter et Saturne. Ce qui est par contre plus étonnant c'est de trouver des atomes d'oxygène et de carbone dans une enveloppe aussi étendue autour de cette exoplanète.

Sur Jupiter ou Saturne, ces éléments sont toujours combinés au méthane et à l'eau présents dans les couches profondes de l'atmosphère. Dans HD 209458b les produits chimiques se sont décomposés en éléments simples. Sur Jupiter ou Saturne, même dissociés, ces éléments demeurent dans les profondeurs de l'atmosphère et sont indétectables depuis la Terre. Le fait qu'ils soient détectables dans l'atmosphère supérieure de HD 209458b confirme que son atmosphère subit une évaporation intense similaire à un pompage sous vide.

Ce phénomène est provoqué par le fait qu'Osiris gravite à moins de 7 millions de kilomètres de son étoile, elle rôtit au point que sa surface est portée à environ 1000°C ! Du fait que le mécanisme d'évaporation est si distinctif les astronomes ont proposé une nouvelle classe de planètes extrasolaires baptisées les " planètes chthoniennes", par référence au dieu grec Khtôn, dieu des Enfers (la racine est également utilisée en français dans le mot "autochtone") du fait que son atmosphère se vide totalement de ses gaz constitutifs et s'évapore dans l'espace.

Les planètes chthoniennes seraient donc constituées de noyaux contenant les résidus d'exoplanètes gazeuses géantes évaporées orbitant très près de leur étoile, comme Osiris. La détection d'exoplanètes similaires devrait bientôt se poursuivre au moyen de télescopes interférométriques terrestres ou placés dans l'espace. La découverte d'un processus si intense d'évaporation est, selon les scientifiques, "fort peu commun", mais peut indirectement confirmer les théories de la formation de notre planète.

C'est en effet un cas unique qui permet d'observer mieux encore que sur une étoile en orbite autour d'un astre effondré, directement une évaporation hydrodynamique de matière. Selon Vidal-Madjar on a spéculé sur le fait que Vénus, la Terre et Mars auraient perdu leur atmosphère primitive au début de leur formation. Leur atmosphère actuelle aurait été reconstituée suite aux impacts des astéroïdes et des comètes ainsi qu'au dégazage du sol. Cette découverte apporte une nouvelle bouffée d'oxygène... aux astronomes.