

Les planètes extrasolaires ou exoplanètes 1/2

écrit par Professeur Tetenlair | 9 mai 2024

Schéma d'artiste

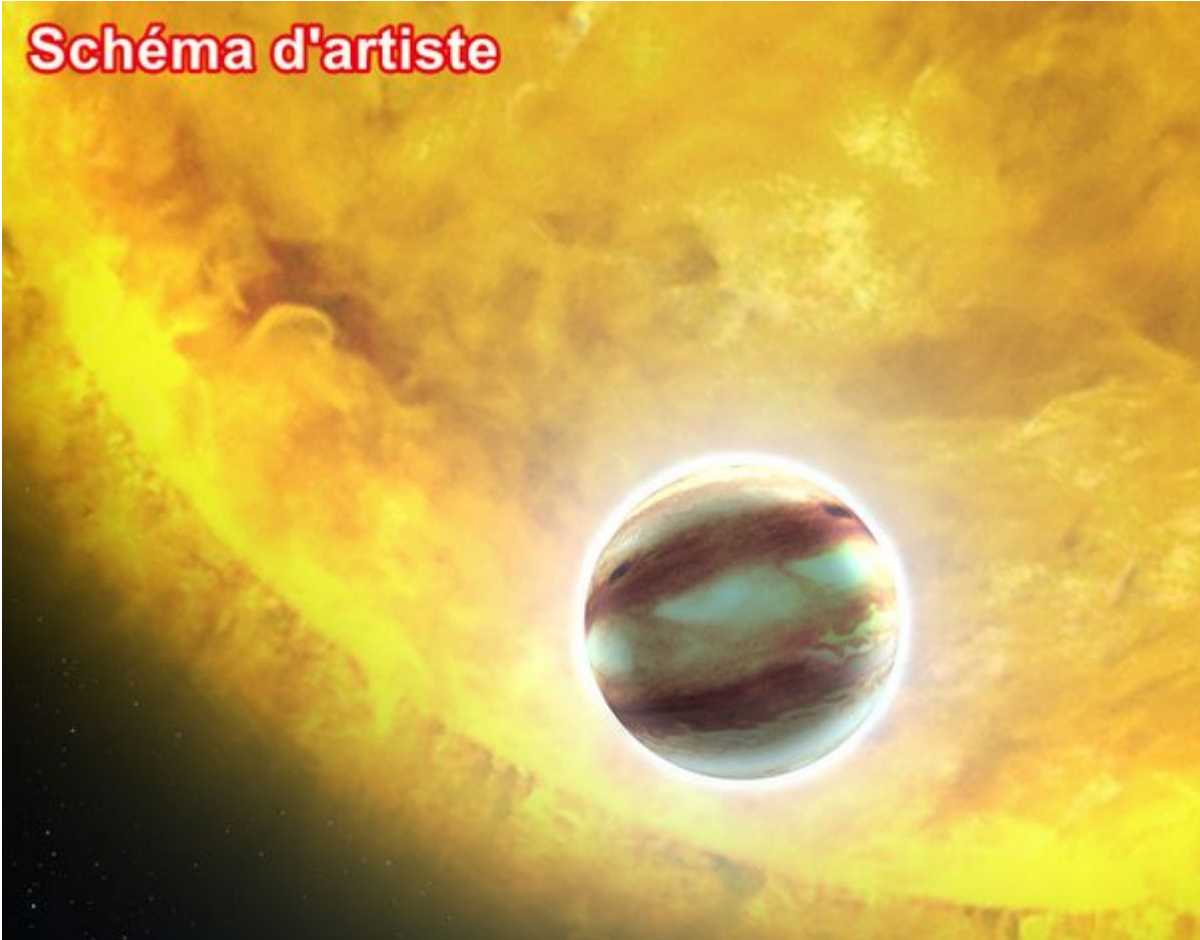
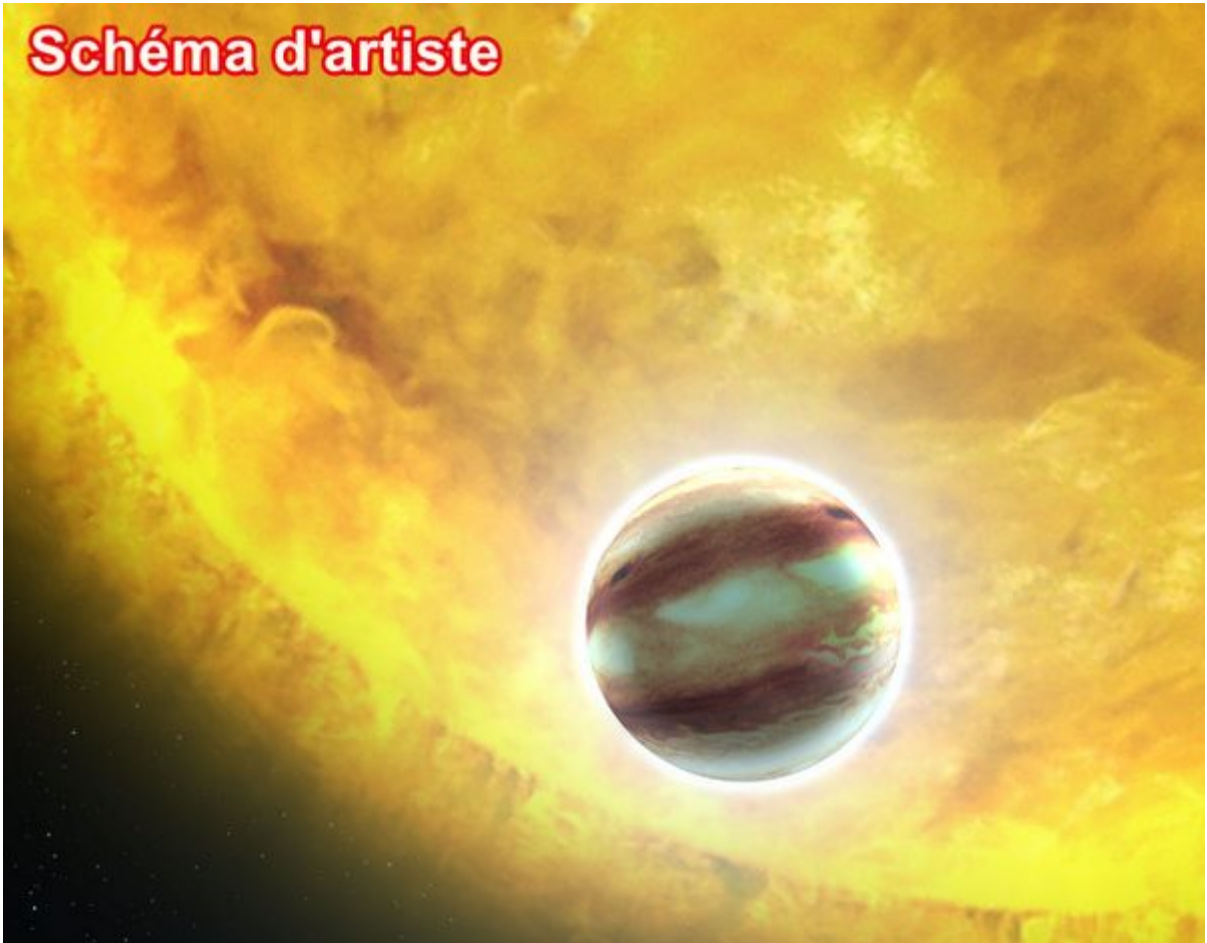


Schéma d'artiste



Alors, bien sûr commençons par le commencement, ami passionné.
Je te pose la question :

**Qu'est-ce qu'une
exoplanète ?**

REPONSES

- 1 Des très gros astéroïdes hors du Système Solaire
- 2 Des planètes du Système Solaire non connues
- 3 Des planètes du Système Solaire à Haut Potentiel Habitable
- 4 Des planètes hors Système Solaire à bas Potentiel Habitable
- 5 Des planètes hors du Système Solaire
- 6 Des planètes d'un minimum de 25 000 km de diamètre hors du Système Solaire

Alors, alors ? Je ne te fais pas l'injure en ayant l'intention de t'apprendre que la réponse était la **numéro 5**. Et oui, tout simplement, une exoplanète est une planète qui se trouve en dehors du système solaire. Ce n'est pas plus compliqué !

Bon, voyons cela de plus près.



Les exoplanètes, encore appelées planètes extrasolaires, sont des planètes situées hors du système solaire et qui orbitent autour d'une étoile autre que le Soleil. Il faut que tu saches, ami sympathique, que notre système solaire à la même configuration que des milliards d'autres dans le cosmos.

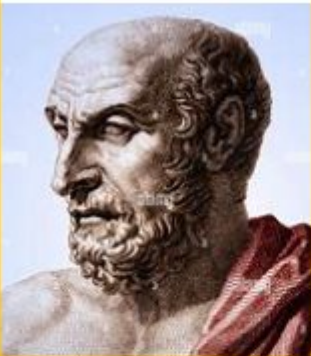
C'est-à-dire que les milliards de milliards d'étoiles que l'on voit dans le ciel, plus celles que l'on ne voit pas, sont entourées d'une ou plusieurs planètes chacune, comme notre système solaire qui présente une étoile, le soleil (qui n'est donc pas une planète) entouré de planètes.

Certains astrophysiciens disent qu'une grande majorité des

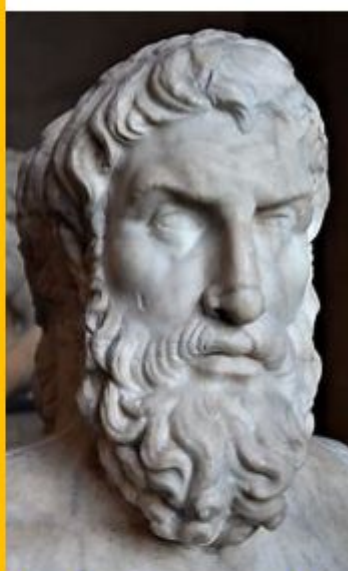
étoiles présentes un système planétaire, et d'autres affirment qu'il s'agit de la totalité des étoiles du cosmos.

L'existence des planètes extrasolaires a déjà été pensée par les philosophes dès l'Antiquité. Décidément, pour ça comme pour beaucoup d'autres domaines, ils étaient doués les gars ! Comme dirait l'autre, selon l'expression bien connue, « On n'a rien inventé ! » Lesdits philosophes antiques (Démocrite, Épicure, Lucrèce) concevaient que notre Terre pouvait présenter d'autres modèles du même type, comme également le théologien Albert le Grand (XIIIe siècle) et les penseurs Nicolas de Cues (XVe siècle) ou Giordano Bruno (XVIe siècle).

Démocrite



Epicure



Lucrèce



Albert le Grand



Nicolas de Cues



Giordano Bruno

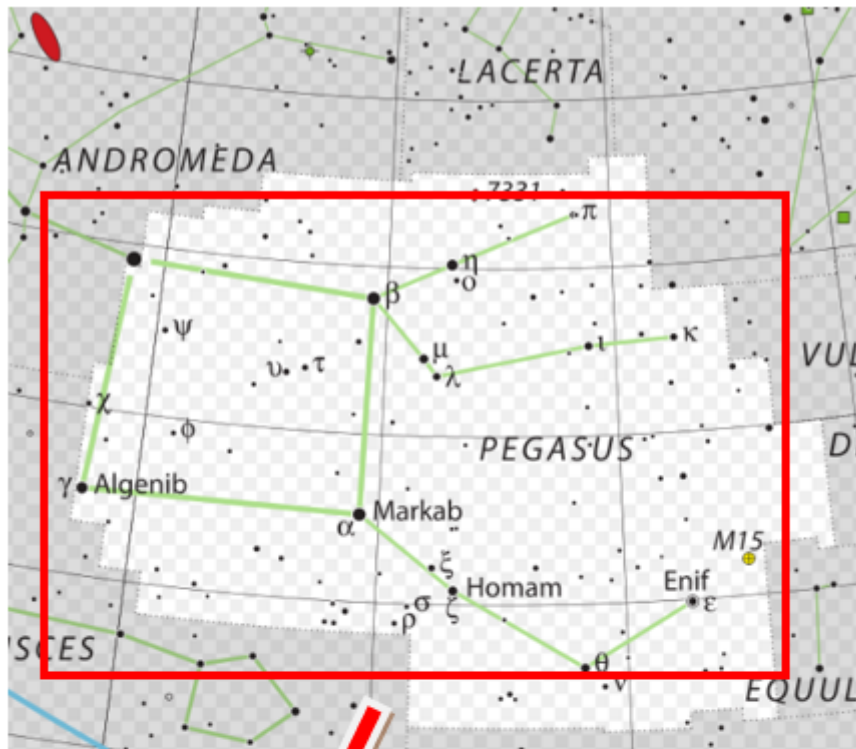


De très nombreuses observations ont été réalisées depuis 1995, grâce à des méthodes de détection de plus en plus perfectionnées, montrant que ces exoplanètes ne sont finalement pas rares (quelque 5.500 réellement identifiées à ce jour et nombre d'autres en attente de confirmation). Ce sont des objets très divers, souvent très différents des planètes du système solaire, couvrant une large gamme de masse et de distance par rapport à leur étoile. Leur état – physique, gazeux ou solide –, la compréhension de leur formation et leur évolution ou encore l'existence d'objets semblables à la Terre sont autant de questions qui font de ce nouveau domaine de l'astronomie contemporaine l'un des plus fascinants.

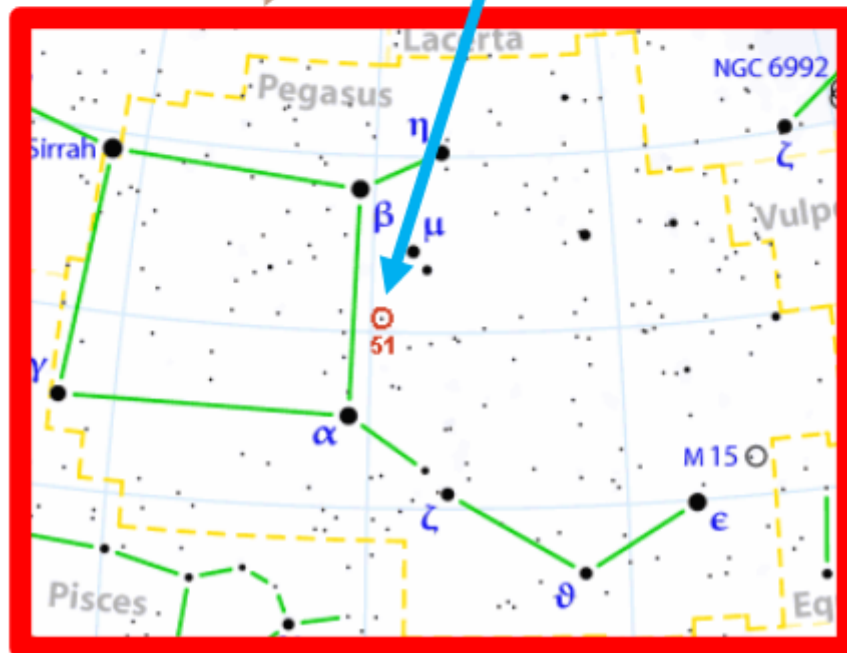


La première exoplanète a été découverte en 1995. On l'a appelée « **51 Pegasi b** » parfois aussi, mais officieusement, Bellérophon. L'Union astronomique internationale (UAI) l'a appelée « Dimidium » ce qui signifie « moitié » en latin, car sa masse est d'au moins une demi-masse de Jupiter.

Elle a été la première exoplanète découverte en orbite autour d'une étoile semblable au Soleil en 1995. Sa température est de 538 à 982 d° C. Pas vraiment de quoi aller passer ses prochaines vacances... Elle se trouve à 51 années-lumière de la Terre. C'est une géante gazeuse étoilée connue, également, sous le nom de « Jupiter chaud » et qui ne prend que quatre jours pour effectuer une orbite, soit une « année » pour elle. Elle se trouve dans la constellation de Pégase. Formidable, n'est-il pas ?



Ici, notre belle exoplanète,
51 Pegasi ami passionné



Bon, cela dit, de nombreux corps célestes de ce type ont été mis en évidence depuis. Comme rappelé ci-dessus, au 11 juillet 2023, la NASA avait annoncé l'existence et l'observation scientifique de plus de 5.500 exoplanètes : des petites, des grandes, avec des océans de métal en fusion ou avec des averses de silicate.

Cette question d'exoplanète, philosophique à « la base », n'est devenue scientifique qu'au cours du XIXe siècle, lorsqu'une meilleure connaissance du système solaire, la maîtrise de la mécanique céleste newtonienne et de la photographie ont permis de rechercher dans le mouvement propre d'une étoile, située loin du Soleil, des perturbations périodiques de trajectoire (« zigzag ») qui traduiraient la présence d'une planète en orbite autour de cette étoile.

Tout d'abord, pourquoi être néanmoins convaincu que des systèmes planétaires autres que le système solaire existent ? Deux raisons bien différentes ont persuadé les astronomes.

- La première tient au principe dit copernicien, **refusant d'assigner au système solaire une singularité dans ce vaste Univers.**
- La seconde relève de la façon dont, depuis Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) et James Jeans (1877-1946), on s'est progressivement représenté, avec une précision croissante et de solides arguments physiques, la formation d'une étoile et celle, simultanée, d'un disque de matière (dit disque d'accrétion) autour d'elle, susceptible de former des exoplanètes en orbite. Dès 1992, le télescope spatial Hubble a fourni de nombreux exemples de disques autour d'étoiles dans la nébuleuse d'Orion. Les exoplanètes devaient donc exister.

Le texte ci-dessous en *rouge et italique* est une parenthèse technique. Si tu veux, tu peux la zapper, et reprendre à sa suite le texte en noir et droit, suite de l'article.

Dans les années 1970, les modèles d'accrétion gravitationnelle, conduisant à la formation d'une étoile ou d'objets moins massifs, ont mis en évidence des domaines précis de masse : ainsi, l'accrétion d'une masse supérieure à 0,08 fois la masse du Soleil (notée M_{Soleil}), soit 80 fois la

masse de la planète Jupiter (notée MJup), entraîne l'allumage des réactions nucléaires dans le cœur de l'étoile en formation. L'accrétion d'une masse comprise entre 13 et 80 MJup forme un objet peu lumineux : une naine brune. En dessous de 13 MJup se trouve le royaume des planètes, depuis les géantes de gaz, comme Jupiter, jusqu'aux planètes dites telluriques, composées surtout de roches et de métaux, comme la Terre (0,003 MJup), Mars (0,1 MTerre) ou Mercure (0,06 MTerre). Cette valeur de 13 MJup est calculée pour l'accrétion d'un gaz ayant une composition en éléments chimiques identique à celle du Soleil (on parle de même métallicité que le Soleil). Pour des compositions différentes, telles qu'il peut s'en rencontrer dans la Galaxie, la valeur frontière différencierait légèrement. L'Union astronomique internationale a néanmoins fixé, de façon conventionnelle, l'attribution de la qualité d'exoplanète à tout objet de masse inférieure à 13 MJup, en orbite autour d'une étoile autre que le Soleil. L'étude des propriétés (en particulier de la masse et du rayon) et des processus de formation des exoplanètes connues va progressivement enrichir ces catégories initiales, qui forment néanmoins une première approximation commode.

Les premières méthodes utilisées pour détecter des exoplanètes étaient indirectes. Parmi elles, la méthode dite de vélocimétrie recherche, par spectroscopie de précision, une variation périodique de la vitesse de l'étoile par rapport à la Terre sous l'effet de la gravitation d'une hypothétique planète. Elle a permis de détecter en 1988 un premier objet de faible masse, auquel n'a été assigné, de manière prudente, que le statut de naine brune. Mais la voie est ouverte : à l'automne de 1995, Michel Mayor et Didier Queloz (chercheurs de l'Observatoire de Genève), utilisant à l'Observatoire de Haute-Provence un spectromètre de très haute précision, dont le principe est dû au Français André Baranne (Marseille), découvrent la première planète autour d'une autre étoile que le Soleil. C'est 51 Pegasi b, dont la masse est au moins égale à 0,5 MJup. À la surprise générale, celle-ci est extrêmement

proche de son étoile car elle possède une période de révolution de quatre jours et demi, ce qui en a facilité la détection. Depuis, les découvertes se sont multipliées du fait de la diversification des méthodes d'observation et de mesure. En particulier, la méthode vélocimétrique a rapidement été complétée par une autre méthode indirecte extrêmement féconde, celle des transits, puis par l'imagerie directe des planètes.

LES PREMIÈRES DÉCOUVERTES DE SYSTÈMES EXOPLANÉTAIRES

En 1995, 51 Pegasi est donc la première étoile de type solaire autour de laquelle une planète est découverte. Celle-ci est appelée 51 Pegasi b : le nom d'une exoplanète est constitué du nom de son étoile suivi de la lettre b. Dans le cas d'un système multiple, c'est-à-dire comprenant au moins deux exoplanètes, la deuxième est appelée c, la troisième d, la quatrième e, et ainsi de suite, l'ordre reflétant la chronologie des découvertes et non la chronologie de la distance de la planète par rapport à son étoile. Cette première exoplanète est devenue le prototype des « Jupiter chauds », ces planètes géantes évoluant très près de leur étoile, avec en conséquence une température atmosphérique très élevée (plus de 1 000 K).

Le texte ci-dessous en *rouge et italique* est une parenthèse technique. Si tu veux, tu peux la zapper, et reprendre à sa suite le texte en noir et droit, suite de l'article.

Extrait du site de la NASA : 51 Pegasi b est une exoplanète géante gazeuse qui orbite autour d'une étoile de type G. Sa masse est de 0,46 Jupiter, il lui faut 4,2 jours pour terminer une orbite de son étoile et se trouve à 0,0527 UA de son étoile. Sa découverte a été annoncée en 1995. Sa découverte a été faite par la méthode de la Vitesse radiale. Son excentricité est de 0,01.

HD 209458 b, effectuant une révolution en 3,5 jours seulement autour d'une étoile semblable au Soleil, est également un Jupiter chaud mis en évidence en 1999 par la méthode vélocimétrique, laquelle ne pouvait fournir qu'une masse minimale, puisqu'alors l'inclinaison de l'orbite était inconnue. Mais, à la différence de 51 Pegasi b, il est apparu que HD 209458 b évolue sur une orbite que l'on voit par la tranche depuis la Terre. La planète passe donc régulièrement (tous les 3,5 jours) entre l'étoile et la Terre (phénomène appelé transit). L'observation du transit de la planète a alors permis de mesurer le rayon de celle-ci.



2Mass 1207-39 b et AB Pic b sont les deux premiers corps de masse planétaire détectés en imagerie directe. Le premier, découvert en 2004, a une masse d'environ 5 MJup et orbite autour d'une naine brune de 25 MJup. Le second, découvert en 2005, orbite à près de 250 unités astronomiques (UA, unité correspondant à la distance Terre-Soleil) de son étoile, et sa masse se situe à la limite de celle des naines brunes. Ces deux objets, comme d'autres analogues découverts depuis, ont des caractéristiques très différentes de celles des planètes géantes du système solaire.

AB Pictoris

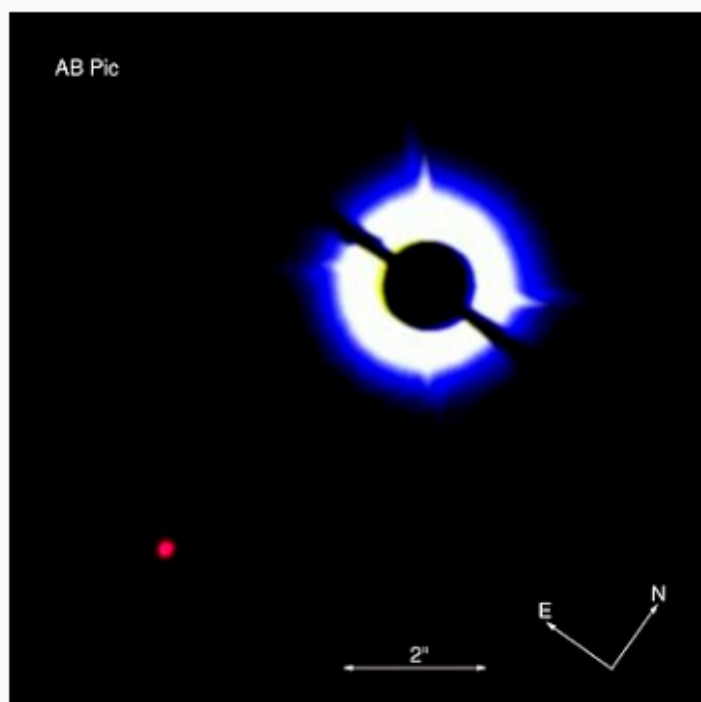


Image coronagraphique d'AB Pictoris montrant son petit compagnon (en bas à gauche). Les données ont été obtenues le 16 mars 2003 avec NACO sur le VLT , en utilisant un masque occultant de 1,4 arcsec au-dessus d'AB Pictoris.

β Pictoris b, découverte en imagerie directe en 2008, à partir de données enregistrées en 2003, est une exoplanète géante – environ dix fois plus massive que Jupiter –, qui orbite à environ 10 ua de son étoile. Pour cette exoplanète, je te renvoie à l'article de ton humble serviteur en date du 20/07/2022 et intitulé : « *Quand les astronomes professionnels ont besoin des astronomes amateurs : incroyable histoire !* » que tu peux lire ou relire en [cliquant ici](#).



Les nombreuses observations accumulées depuis le milieu des années 1990 deviennent statistiquement significatives et

indiquent que les exoplanètes ne sont pas rares. Plus de 50 p. 100 des étoiles semblables au Soleil abriteraient autour d'elles des exoplanètes peu massives et solides (de type tellurique), tandis que 5 à 10 p. 100 abriteraient des exoplanètes plus massives et gazeuses. Ce dernier pourcentage est sans doute sous-estimé, car il ne compte que les géantes orbitant à moins de 5 ua environ.

En effet, les exoplanètes géantes situées loin de leur étoile sont difficiles à détecter par les méthodes indirectes, leur période de révolution se comptant en décennies, alors même que les modèles en prévoient une formation fréquente. La fraction d'étoiles entourées d'exoplanètes peu massives est sans doute également sous-estimée, car les exoplanètes de la taille de la Terre ou plus petites sont largement en dessous du seuil de détection des instruments actuels.

Bon, ben, je pense que l'on peut s'arrêter là, le temps que tu digères tout cela entre la poire et le fromage.

Rendez-vous, amis passionnés, pour la deuxième partie très vite.

Professeur Têtenlair