

## LES POTINS DE LA VOIE LACTÉE A LA RECHERCHE DE PLANÈTES AUTOUR D'AUTRES ÉTOILES

-----

**Note de la Rédaction :** *Cet article est traduit du numéro 19 (Hiver 1992) de la Revue "The Universe in the Classroom", publiée conjointement par la Société Astronomique du Pacifique, la Société Astronomique Américaine, la Société Astronomique du Canada et la Société Internationale des Planétariums. Nous remercions la Rédaction de la Revue, avec laquelle nous échangeons régulièrement nos publications, d'avoir autorisé cette publication.*

---

Existe-t-il des planètes en dehors du système solaire ? Cette question intrigue depuis longtemps les scientifiques tout autant que les auteurs de science fiction et les poètes. Comment savoir ?

### **Quelle différence entre une planète et une étoile ?**

Les étoiles sont de gigantesques boules de gaz, possédant en leur région centrale une source d'énergie thermonucléaire. Les températures et les pressions considérables qui règnent au centre d'une étoile permettent aux noyaux d'hydrogène de fusionner entre eux et de se transformer en noyaux d'hélium, en libérant d'énormes quantités d'énergie. Les planètes sont beaucoup plus petites, et leurs températures et pressions centrales sont trop faibles pour permettre les réactions de fusion. Il en résulte qu'elles ne rayonnent pas de lumière par elle-mêmes. Quand vous voyez Vénus ou Jupiter dans le ciel nocturne, vous observez en fait la lumière solaire que la planète réfléchit vers vous.

Certaines planètes, comme la Terre ou Mars, sont faites de roches solides ; d'autres, telles Jupiter ou Saturne, sont essentiellement gazeuses, bien qu'elles aient probablement un noyau liquide ou solide. La masse de la plus grosse planète du système solaire est à peu près 300 fois celle de la Terre, mais à peine un millième de celle du Soleil. Cependant, si Jupiter avait été 75 fois plus massive, sa pression et sa température centrales auraient été tout juste suffisantes pour amorcer les réactions thermonucléaires de fusion, et nous, terriens, aurions eu deux soleils dans notre ciel.

### **Pourquoi pense-t-on qu'il doit exister d'autres systèmes planétaires autour d'autres étoiles ?**

On pense que le système solaire s'est formé tout naturellement en même temps que le Soleil. Il y a environ 5 milliards d'années, l'immense nuage de gaz amorphe et de poussière, dont l'extension était plusieurs milliers de fois celle du système solaire actuel, a commencé à se contracter. On ne connaît pas exactement la raison pour laquelle cette contraction a démarré ; il est possible qu'elle ait été initialisée par l'explosion d'une étoile voisine. Mais ensuite, le nuage s'est effondré sous sa propre gravité, l'essentiel du gaz et de la poussière, tombés au centre, donnant naissance au Soleil. Le reste a formé un disque aplati. Partout dans ce disque, les grains solides, en orbite autour du proto-Soleil sont entrés en collisions

les uns avec les autres, s'agglomérant parfois. Des petits agrégats se sont à nouveau réunis, pour donner naissance à de plus gros objets et, en définitive aux planètes. On donne le nom d'**accrétion** à ce phénomène. Dans ce scénario, les planètes se sont formés naturellement, en même temps que le Soleil. C'est pourquoi les astronomes pensent que beaucoup d'étoiles semblables au Soleil devraient avoir un cortège de planètes.

### **Pourquoi est-il si difficile de voir des planètes au voisinage d'autres étoiles ?**

Parce que les planètes sont petites, localisées tout près de leur étoile, dont elles ne font que réfléchir la lumière, leur très faible éclat est noyé dans celui de l'étoile. Imaginez un grain de riz suspendu à 4 ou 5 centimètres d'une ampoule de 100 Watt allumée. Un observateur situé à l'extrémité d'un long couloir obscur verrait l'ampoule, mais pas le grain de riz. Il en est de même pour les étoiles et leurs planètes.

Considérons le cas de Jupiter et du Soleil : le rayon de Jupiter n'est que le dixième de celui du Soleil et sa surface un centième. Si on l'observait depuis l'étoile la plus proche, Alpha du Centaure, Jupiter serait très peu brillant, un milliard de fois moins que le Soleil. Jupiter serait aussi angulairement très proche du Soleil, à environ 4". Un habitant d'Alpha du Centaure, équipé d'instruments similaires aux meilleurs des nôtres ne pourrait pas détecter Jupiter, noyé dans la lumière solaire. Puisque les étoiles sont en général beaucoup plus éloignées qu'Alpha du Centaure, il y a bien peu de chance que nous puissions voir ou photographier des planètes individuelles auprès d'autres étoiles.

### **Si nous ne pouvons pas les voir, comment pouvons-nous espérer détecter la présence de planètes autour d'autres étoiles ?**

Même si l'on n'est pas capable de voir la planète elle-même, on peut observer son action gravitationnelle sur l'étoile. Tout au long de son mouvement orbital, elle attire l'étoile vers elle, tantôt dans une direction, tantôt dans une autre. Plus la planète est massive, plus l'effet sur l'étoile est important. A mesure que l'étoile se déplace dans l'espace, l'effet d'attraction de la planète se manifeste par de faibles déviations à partir d'une trajectoire rectiligne. C'est parce que l'étoile et la planète se déplacent en réalité chacune autour de leur centre de masse. Par exemple, le Soleil ayant une masse mille fois supérieure à celle de Jupiter, le centre de masse se situe très près du Soleil. Il serait cependant possible à un observateur extraterrestre, mesurant le déplacement du Soleil dans l'espace, de détecter une faible sinuosité, ayant une période de 12 ans, durée de la période orbitale de Jupiter autour du centre de masse. (Les autres planètes, moins massives, telle la Terre provoquent aussi une perturbation sur l'orbite solaire, mais celle-ci sont beaucoup plus faibles, et indécélables). En analysant la trajectoire apparente du Soleil, on peut en déduire la masse de la planète, son orbite, sa période et sa distance au Soleil.

Des observations extrêmement précises de la position de l'étoile, au millième de la seconde d'arc, permettraient de déceler ces ondulations des mouvements. L'Astrométrie,

branche de l'astronomie qui traite des mesures de position des astres développe des techniques qui deviennent capables d'atteindre de telles précisions.

### **A-t-on déjà détecté des planètes par cette méthode ?**

Plusieurs étoiles semblent effectivement suivre de telles trajectoires ondulées. Certains astronomes ont mis en évidence auprès d'un petit nombre d'étoiles des compagnons dont la masse est similaire à celle de Jupiter (le cas le plus célèbre étant probablement celui de l'étoile de Barnard), mais ces cas n'ont pas été confirmés par d'autres observations. Ces observations astrométriques sont en effet très difficiles, car les ondulations recherchées sont très faibles, de l'ordre du millième de la dimension de l'image de l'étoile sur une plaque photographique. Et les erreurs inhérentes aux observations et aux mesures sont du même ordre de grandeur que l'effet recherché ; il est donc difficile d'être certain de la réalité de l'ondulation observée.

### **Le cas de l'étoile de Barnard**

L'étoile de Barnard est une étoile rouge, peu brillante, de masse égale aux deux dixièmes de celle du Soleil. C'est la quatrième étoile la plus proche, à 6 années de lumière, et son mouvement propre (c'est-à-dire son déplacement angulaire sur le ciel) est le plus grand que l'on connaisse. Peter van de Kamp annonça en 1963 qu'il avait découvert, à partir de l'analyse du mouvement apparent, un compagnon stellaire de masse 50% supérieure à celle de Jupiter. Six années plus tard, van de Kamp révisa son résultat et déclara qu'il avait découvert deux compagnons de masses respectivement égales à 0,7 et 0,5 fois celle de Jupiter. Il semblait alors que l'on avait découvert le premier système planétaire autour d'une autre étoile.

Mais d'autres astronomes, utilisant des télescopes différents, ne confirmèrent pas ce résultat. On critiqua van de Kamp pour ne pas avoir correctement corrigé les petites variations du télescope au cours du temps et en particulier au moment de la révision des lentilles. Jusqu'ici, personne n'a été capable de reproduire ses résultats. Van de Kamp croit toujours à la réalité de ses observations et de l'interprétation par l'existence d'un système de deux planètes, mais la plupart des astronomes, aujourd'hui, ne sont pas convaincus de sa réalité.

### **Y a-t-il d'autres méthodes pour détecter des planètes ?**

L'influence gravitationnelle d'une planète sur l'étoile peut aussi se déceler à partir de mesures de la *vitesse radiale* de l'étoile, son mouvement d'éloignement ou d'approche le long de la ligne de visée allant de la Terre vers l'étoile. Dans son mouvement orbital autour du centre de masse, l'étoile a alternativement un mouvement d'approche et un mouvement d'éloignement. Les raies dans le spectre continu, en forme d'arc-en-ciel, de l'étoile, se décalent légèrement par effet Doppler-Fizeau, vers le bleu, quand l'étoile s'approche, et vers

le rouge quand elle s'éloigne. C'est le même effet qui provoque le changement de la hauteur du son de la sirène d'un véhicule de police, suivant qu'il vient vers nous ou s'éloigne. Parce que l'étoile est beaucoup plus massive que la planète, l'effet Doppler-Fizeau est très petit et sa mesure nécessite une instrumentation très sophistiquée.

Bruce Campbell, de l'observatoire de Victoria, en Colombie Britannique, a étudié plusieurs étoiles dans lesquelles il a recherché de telles variations subtiles de vitesse. La moitié d'entre elles présentent des variations de vitesse qui pourraient être dues à l'influence d'un compagnon de masse comprise entre une et dix fois la masse de Jupiter. Mais ces variations pourraient tout aussi bien être dues à des pulsations de l'étoile. Si ces pulsations sont périodiques, on peut très bien les confondre avec l'influence de compagnons planétaires. Distinguer les deux effets est possible, mais requiert des années d'observations et d'analyses, qui n'ont pu encore être terminées. Ces observations ont néanmoins fourni les meilleurs candidats pour des systèmes planétaires extra-solaires.

### **Peut-on observer autour d'étoiles des grands disques de gaz et de poussière à partir desquels se formeront des planètes ?**

En 1983, le satellite Infra-Red **A**stronomical **S**atellite (IRAS) a observé systématiquement tout le ciel en infrarouge lointain. Parmi ses nombreuses découvertes<sup>1</sup>, il détecta des enveloppes ou des disques de particules solides en orbite autour de plusieurs étoiles proches, incluant en particulier les étoiles brillantes *Véga* et *Fomalhaut*. La plupart de ces disques s'étendent jusqu'à plusieurs centaines d'unités astronomiques de leur étoile (une unité astronomique est égale à la distance moyenne de la Terre au Soleil, soit environ 150 millions de kilomètres). Dans le cas de *Véga*, (l'étoile la plus brillante de la constellation de la Lyre), le disque s'étend jusqu'à une distance de l'étoile égale à deux fois celle de Pluton au Soleil. Les astronomes pensent que ces disques sont les restes de la formation de l'étoile et, peut-être, des systèmes planétaires en cours de formation.

Les astronomes ont aussi trouvé des disques de matière autour d'une catégorie d'étoiles très jeunes, appelées *étoiles de type T Tauri*. Il semble donc que les étoiles jeunes soient facilement associées à des disques. Il ne s'agit cependant pas de systèmes planétaires. On n'a aucun moyen de savoir s'il y a aussi des planètes en plus des disques, si les disques formeront un jour des planètes ou s'il n'y aura jamais rien d'autre que des disques. Mais ils indiquent en tous cas que peuvent se former des configurations en forme de disques, analogues à celle dont les astronomes pensent qu'elle a été à l'origine de la condensation du système solaire.

### **Et les planètes récemment signalées autour de pulsars ?**

Les *pulsars* sont des étoiles ultra-denses, en rapide rotation sur elles-mêmes, et dotées de champs magnétiques intenses ; on pense qu'elles se sont formées lors de

---

<sup>1</sup> Voir le numéro 44 des Cahiers Clairaut (Note de la Rédaction)

l'explosion d'une supernova. Tandis que le pulsar effectue plusieurs rotations sur lui-même chaque seconde, le rayonnement qu'émet un point "chaud" de sa surface balaye régulièrement la Terre, à l'image du faisceau lumineux émis par un phare tournant. Habituellement, ces émissions sont très régulières, mais en juillet dernier, l'astronome anglais Andrew Lyne, de l'observatoire de Manchester, et ses collègues ont annoncé la découverte d'un pulsar dont les émissions radio variaient de façon étonnante. Tout d'abord, les signaux arrivaient avec une avance d'un centième de seconde sur la période moyenne. Trois mois plus tard, il y avait un retard d'un centième de seconde. Après trois mois encore il y avait une avance d'un centième de seconde, et ainsi de suite. Lyne postula que ces variations de la date d'arrivée étaient dues à des décalages Doppler-Fizeau de la lumière du pulsar, dus au mouvement du pulsar provoqué par l'attraction d'un compagnon planétaire de masse égale à environ 10 fois celle de la Terre.

Plusieurs mois après, Alexander Wolszczan, et Dale Frail annoncèrent un effet similaire, observé sur un autre pulsar à l'observatoire radioastronomique d'Arecibo, à Porto Rico, aux Etats-Unis. Ils conclurent que ce pulsar avait deux compagnons de masse chacun égale à trois fois la masse de la Terre. Ils soupçonnent aussi l'existence d'un troisième compagnon de masse similaire à celle de la Terre.

Mais en janvier 1992, Lyne a annoncé que son équipe n'avait pas correctement corrigé les observations des effets du mouvement orbital de la Terre autour du centre de masse du système solaire ; en refaisant les calculs correctement, la variation de la date d'arrivée du signal disparaît. Il n'y a plus de planète. Par contre, les variations découvertes par Wolszczan et Frail ne sont pas un artéfact dû au mouvement de la Terre ; cependant, la plupart des astronomes attendent de disposer d'un peu plus d'informations avant de décider si Wolszczan et Frail ont véritablement découvert des planètes autour d'un pulsar.

### **En résumé**

La recherche de systèmes planétaires en dehors du système solaire est extrêmement difficile, à cause des grandes distances des étoiles et du très faible éclat apparent des astres qu'on recherche. Il n'y a pas jusqu'ici de preuve qu'une étoile autre que le Soleil ait un cortège planétaire. Il existe plusieurs indices et quelques cas de détection possible, mais aucune n'est établie de façon certaine. Comme l'a écrit un jour Percival Lowell, cet astronome du 19<sup>ème</sup> siècle qui pensait, observant sur Mars des variations saisonnières, avoir découvert les preuves de l'existence d'une civilisation en train de disparaître : *"Quand il s'agit de problèmes à la limite de la portée de la science, il est difficile de faire la part entre la découverte scientifique et sa propre imagination"*. Certainement, au cours des prochaines années, de meilleurs instruments et des techniques plus poussées nous diront s'il existe ou non des planètes autour d'autres étoiles.