

## Trois missions spatiales

L'idée de consacrer une mission spatiale à la recherche de planètes analogues à la Terre par la méthode des transits date du milieu des années 1980. Celle de mettre à profit les projets de sismologie stellaire du CNES a germé en 1988. Elle s'est concrétisée par le projet *COROT* (COnvection, ROTation et Transits planétaires), initialement consacré à la seule sismologie stellaire et approuvé par le CNES en octobre 2000. D'autres pays européens (Autriche, Belgique, Espagne et sans doute bientôt l'Italie) et l'Agence spatiale européenne s'y sont joints.

*COROT* se présente sous la forme d'un petit télescope de 27 centimètres de diamètre, lancé en 2004 sur une orbite «polaire» (perpendiculaire à l'équateur terrestre) à une altitude de 800 kilomètres. La sonde enregistrera, au moyen de caméras numériques très sensibles, leur luminosité toutes les 32 secondes, avec une précision atteignant un pour 10 000 au bout d'une heure d'accumulation des enregistrements. Le télescope sera pointé vers 12 000 étoiles à 30 degrés de la Voie lactée, dans une direction opposée au Soleil. Six mois plus tard, changement de cap : la Terre aura tourné autour du Soleil, *COROT* changera alors son orientation de 180 degrés afin d'éviter la lumière du Soleil, et visera un second champ d'étoiles, avant de revenir au voisinage du premier six mois plus tard, et ainsi cinq fois de suite. Au total, ce seront 60 000 étoiles qui seront suivies pendant deux ans et demi. On devrait détecter 400 planètes géantes, mais surtout des planètes telluriques, sans compter les éventuels satellites et anneaux de planètes. Si tout va bien, *COROT* sera le premier à détecter, à partir de 2005, une autre Terre dans l'Univers.

Deux autres missions sont en cours d'élaboration. La première est celle de l'Observatoire Eddington, projet de l'Agence spatiale européenne. La seconde est le projet Kepler, soumis à la NASA, qui n'a pas encore été adopté non plus. Les deux surveilleront plus de 100 000 étoiles pendant trois à cinq ans et devraient ramener, d'ici 2010, une moisson de plus de 100 terres chacune.

Jean SCHNEIDER, Observatoire de Paris

Ainsi, les binaires à éclipses représentent une aubaine pour les chasseurs de planètes, ainsi que Jean Schneider et Michel Chevreton, de l'Observatoire de Meudon, ont été les premiers à le faire remarquer.

En 1994, nous avons organisé avec eux un réseau mondial de télescopes, afin de rechercher des planètes de type terrestre autour de CM Draconis, l'un des plus petits systèmes binaires à éclipses connus. Il est constitué de deux étoiles quatre fois plus petites que le Soleil, très froides, âgées d'environ neuf milliards d'années et situées à 54 années-lumière. La luminosité de CM Draconis est dix fois plus faible que celle de HD 209458. Les planètes habitables auraient une période orbitale comprise entre 18 et 35 jours. Les six télescopes du réseau ont observé cette zone pendant plus de 1 000 heures. Depuis six ans, des astronomes du monde entier ont réuni leurs mesures, obtenues à diverses longitudes.

La difficulté a consisté à distinguer le signal lié aux occultations dans le

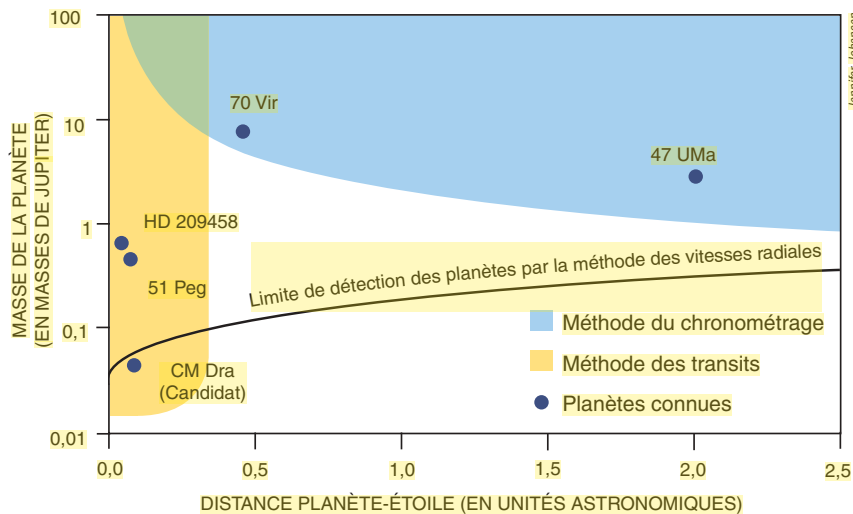
bruit dû aux instabilités de l'atmosphère terrestre, de l'éclat stellaire, voire des instruments. Toutefois, les signatures de transits devant les binaires à éclipses sont réguliers, caractéristiques et prévisibles, si bien que l'algorithme mis au point avec J. Jenkins nous permet de détecter des planètes, alors même que la baisse de luminosité est noyée dans le bruit de fond. En pratique, nous avons comparé aux enregistrements plus de 400 millions de motifs susceptibles de correspondre à des transits. Grâce à cette technique, nous avons identifié neuf possibilités. Toutes correspondent à une planète dont le rayon serait égal à deux fois et demie celui de la Terre, mais neuf orbites sont possibles (voir la figure 4). Nous cherchons si les passages ont toujours lieu à une date et à une heure précises. Aujourd'hui, seules deux orbites semblent identifiées, l'une de 21 jours, l'autre de 26 jours. Nous continuons ces recherches et nous suivons en outre plusieurs centaines d'autres systèmes binaires à éclipses.

## Un monde réglé comme une horloge

À terme, les transits pourraient même révéler si les planètes ont des satellites. En effet, les satellites font légèrement varier le mouvement orbital de leur planète mère, et modifient l'heure de l'occultation. Par exemple, si des astronomes extraterrestres suivaient le Soleil, ils remarqueraient que les transits ont lieu tous les 365,24 jours, et en déduiraient la présence de la Terre. Au bout de quelques années, ils remarqueraient que les passages peuvent intervenir avec deux minutes d'avance ou de retard, ce qui témoigne de la présence de la Lune. Si ces astronomes extraterrestres avaient des instruments photométriques très puissants, ils pourraient même détecter directement la petite baisse de luminosité supplémentaire due à la Lune.

Une planète se manifeste autrement que par ses occultations. Une binaire à éclipses est une sorte d'horloge, car les éclipses s'y produisent à intervalles réguliers. Si le mécanisme n'est pas parfaitement régulier, c'est qu'un corps massif invisible attire les étoiles. Par exemple, si une planète de la masse de Jupiter éloignait de nous une étoile binaire, les éclipses interviendraient avec quelques secondes de retard, c'est-à-dire le temps supplémentaire que mettrait la lumière des deux étoiles pour nous parvenir. Plus la planète est éloignée ou plus sa masse est élevée, plus le décalage augmente (méthode du chronométrage). Ainsi, on peut détecter une planète géante même si elle ne passe pas devant les deux étoiles. D'après les données disponibles, les astronomes savent où les planètes géantes ont des chances d'être situées dans certains systèmes. Par exemple, CM Draconis ne contient aucun corps dont la masse est supérieure à trois fois celle de Jupiter et dont l'orbite est plus rapprochée que celle de la Terre.

Les mesures photométriques de haute précision accumulées pendant des années pourraient aussi fournir des informations sur la lumière réfléchie par les planètes. Les planètes situées sur une orbite assez proche de leur étoile, estimée à moins de dix fois le rayon stellaire environ, réfléchissent une fraction perceptible de la lumière stellaire. Elle engendrerait une ondulation cyclique, de moins d'un dix millièmes de l'éclat de l'étoile, mais distincte des autres variations de la luminosité stellaire. Cette technique permettrait de décou-



**6. LES AVANTAGES ET LES INCONVÉNIENTS** des trois différentes méthodes de détection de planètes sont récapitulés sur cette figure, qui donne la sensibilité de la méthode en fonction de la masse de la planète (axe vertical) et de sa distance à l'étoile mère (axe horizontal). Même à sa limite théorique, la méthode des vitesses radiales (la courbe en noir) ne détecte pas de planètes plus petites que Saturne, à moins qu'elles ne soient très proches de leur étoile. La méthode des transits peut repérer des planètes de la taille de la Terre ; des contraintes pratiques limitent actuellement son application à des planètes assez proches (en jaune), mais les missions spatiales à venir élargiront son domaine. La méthode du chronométrage (en bleu) permet de repérer les planètes lointaines plus facilement que les planètes proches de leur étoile.

vrir des planètes dont la période orbitale ne dépasse pas une semaine.

Pour réduire le bruit de fond, l'idéal serait de réaliser des observations au-dessus de l'atmosphère terrestre. Un observatoire orbital autoriserait une précision photométrique de l'ordre de 0,002 pour cent. Trois missions sont en cours d'élaboration (voir l'encadré de la page ci-contre).

Un jour aussi, des interféromètres spatiaux devraient supprimer l'éclat des étoiles et permettre de photographier des planètes telluriques pourtant un mil-

liard de fois moins brillante que l'étoile. Ces clichés faciliteraient la recherche des signatures spectrales de la vie, telles que l'ozone, l'eau et le méthane.

Ces découvertes pionnières sont exaltantes. L'astronome de la Renaissance Christiaan Huygens écrivait : « Quel merveilleux et étonnant Ordre des Choses nous donne à contempler la magnifique Immensité de l'Univers ! Tant de Soleils, tant de Terres ! » Huygens avait-il raison ? Y a-t-il d'autres planètes semblables à la nôtre ? Sont-elles habitées ? D'ici 2010, nous devrions le savoir.

Laurance DOYLE travaille à l'Institut Seti de Mountain View, en Californie. Hans-Jörg DEEG travaille à l'Institut d'astrophysique d'Andalousie à Grenade, en Espagne. Timothy Brown travaille au Centre national de recherche atmosphérique à Boulder, dans le Colorado.

*Circumstellar Habitable Zones : Proceedings of the First International Conference*, sous la direction de Laurance R. Doyle, Travis House Publications, 1996.

Gregory W. HENRY, Geoffrey W. MARCY, R. Paul BUTLER et Steven S. VOGT, *A Transiting « 51 Peg-like » Planet*, in *Astrophysical Journal*, vol. 529, n° 1, pp. L41-L44, 20 janvier 2000.

David CHARBONNEAU, Timothy M. BROWN, David W. LATHAM et Michel MAYOR, *Detection of Planetary Transits across a Sun-like Star*, in *Astrophysical Journal*, vol. 529, n° 1, pp. L45-L48, 20 janvier 2000.

Laurance R. DOYLE et al., *Observational Limits on Terrestrial-Sized Inner Planets around the CM Draconis System Using the Photometric Transit Method with a Matched-Filter Algorithm*, in *Astrophysical Journal*, vol. 535, n° 1, pp. 338-349, 20 mai 2000.

J. SCHNEIDER et M. CHEVRETON, *The Photometric Search for Earth-Sized Extrasolar Planets by Occultation in Binary Systems*, in *Astron. and Astrophys.*, n° 232, p. 251, 1990.

J. SCHNEIDER et L.R. DOYLE, *Ground-Based Detection of Terrestrial Extrasolar Planets by Photometry : The Case for CM Draconis*, in *Earth, Moon and Planets*, n° 71, p. 153, 1995.

P. SARTORETTI et J. SCHNEIDER, *On the Detection of Satellites of Extrasolar Planets with the Method of Transits*, in *Astron. and Astrophys.*, n° 134, p. 553, 1999.

# Les circuits du sexe

IRWIN GOLDSTEIN

*Loin d'être indépendant, le pénis est sous l'influence de multiples centres nerveux qui le freinent.*

« **L**e pénis n'obéit pas aux ordres de son maître, qui essaie d'avoir, sur commande, une érection, mais se dresse librement pendant le sommeil de son maître. Il semble avoir son propre cerveau. » Léonard de Vinci, à qui l'on doit cette observation, a disséqué des pénis de pendus et a été le premier à découvrir que, durant une érection, le sang afflue dans la verge. En revanche, contrairement à ce qu'il pensait, le pénis n'est pas autonome : il est sous le contrôle du système nerveux central, c'est-à-dire du cerveau et de la moelle épinière : toute perturbation des voies nerveuses qui les relie cause des troubles de l'érection.

Aujourd'hui, grâce aux progrès de la biologie moléculaire, nous connaissons mieux les mécanismes de l'érection et de la détumescence, c'est-à-dire du retour du pénis à l'état flaccide. Ainsi, nous étudions comment le cerveau et la moelle épinière commandent l'érection et les autres fonctions sexuelles. Ces recherches fourniront de nouveaux traitements pour les millions d'hommes qui souffrent de dysfonctionnement sexuel. Par ailleurs, bien que les recherches chez la femme restent timides, nous commençons à découvrir les ressemblances et les différences entre les fonctions sexuelles des hommes et des femmes.

Une érection est une série d'événements minutieusement orchestrés par le système nerveux central. Même au repos, le pénis est sous l'influence du système nerveux central : lorsqu'un homme n'est pas sexuellement excité, des structures du système nerveux sympathique (l'une des deux branches du système nerveux autonome qui commande les fonctions automatiques, telles que la pression sanguine ou le système cardiaque) limite l'afflux du sang dans le pénis, le maintenant ainsi flaccide.

## Un équilibre dynamique

Les réactions sexuelles d'un homme reflètent un équilibre dynamique entre les signaux d'excitation et d'inhibition. Tandis que le système nerveux sympathique tend à inhiber les érections, le système parasympathique, l'autre branche du système nerveux autonome, constitue l'une des principales voies excitatrices. Durant l'excitation, des signaux de stimulation naissent dans le cerveau, déclenchés, par exemple, par une odeur, par la vue ou par la pensée d'une partenaire séduisante, ou par une stimulation physique des organes génitaux.

Dans le pénis, les nerfs excitateurs, quelle que soit la source des signaux, libèrent des neurotransmetteurs dits pro-érectiles, notamment de l'oxyde nitrique et de l'acétylcholine. Ces messagers chimiques commandent aux muscles des artères pénienues de se relâcher : le sang emplit le corps spongieux et les deux corps caverneux du pénis. Lorsqu'ils sont engorgés, ils compriment les veines qui, normalement, drainent le sang du pénis : le sang est piégé dans les corps

**1. CET HERMÈS DE LA GRÈCE ANTIQUE, vieux de 2 500 ans, illustre les connexions entre le cerveau et le pénis qui font aujourd'hui l'objet de nombreuses recherches.**