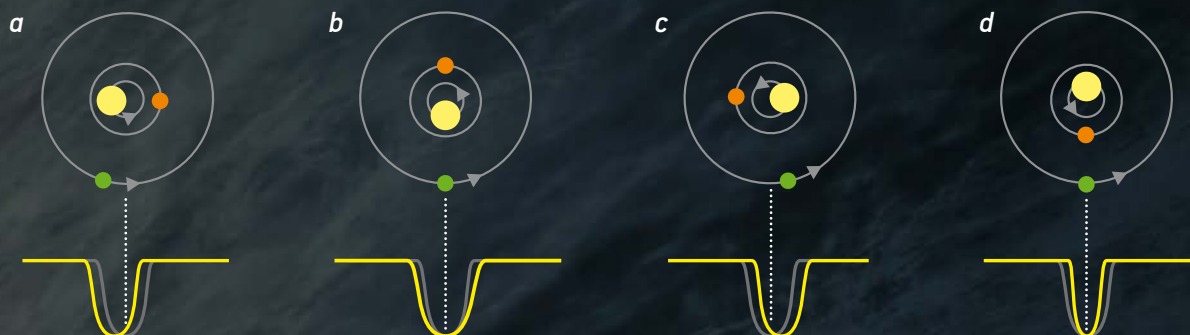


Les transits planétaires devant des étoiles binaires

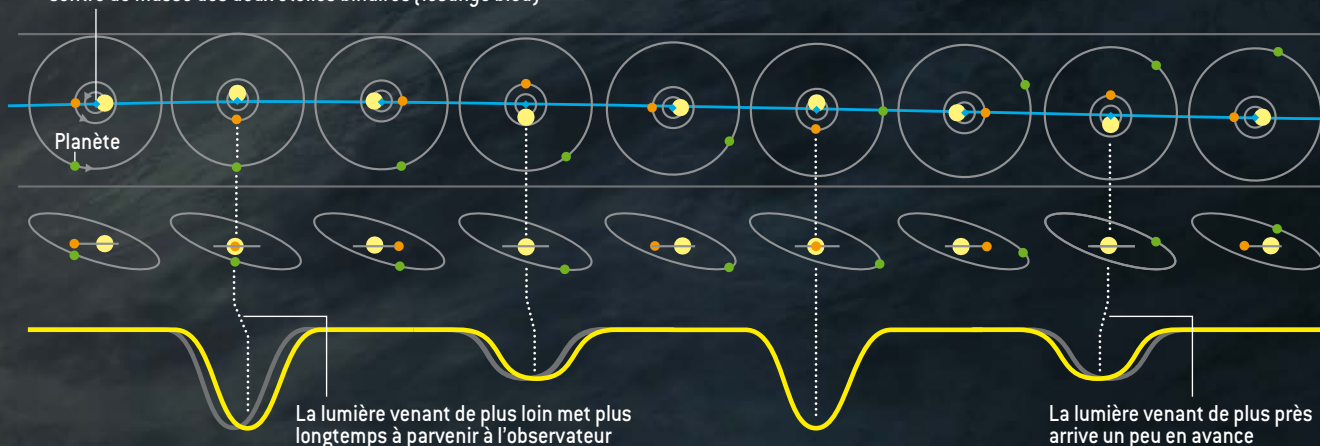
Si une planète passe devant une étoile, elle bloque une partie de la lumière de l'étoile. Dans un système circumbinaire, les deux étoiles bougent. Par conséquent, la planète passe devant l'étoile parfois un peu en avance (*a, courbe jaune*) et parfois un peu en retard (*c, courbe grise*) par rapport au système où les trois astres sont alignés (*courbe grise*). De plus, si la planète et l'étoile vont dans la même direction, le transit est plus long (*b, pic plus large*) ; dans la direction opposée, le transit est plus court (*d, pic plus étroit*).



L'effet du temps de trajet de la lumière

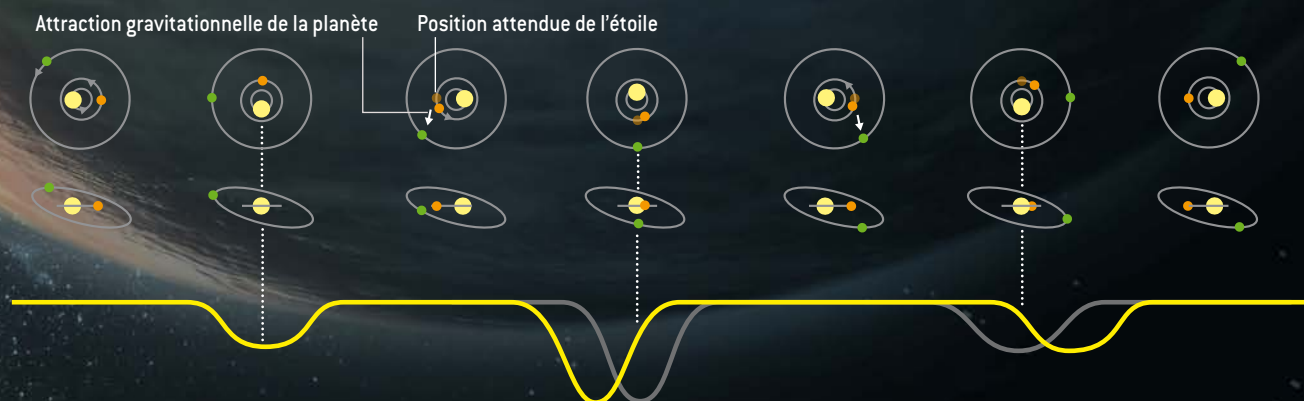
Dans un système à trois corps, le centre de masse des deux étoiles binaires tourne autour du centre de masse du système. Par conséquent, par moments, les étoiles sont plus éloignées de la Terre et, à d'autres moments, plus proches de l'observateur. Un plus grand éloignement signifie que la lumière de l'éclipse binaire met plus longtemps à atteindre les télescopes, ce qui retarde légèrement l'éclipse. L'écart est de l'ordre de une seconde dans le cas de Kepler-16b.

Centre de masse des deux étoiles binaires (losange bleu)



L'effet dynamique

Les planètes peuvent aussi modifier la dynamique d'un système à deux étoiles. Si la planète a un rayon orbital relativement petit, elle perturbe l'une des étoiles (ou les deux) dans sa (ou leur) révolution. De plus, si l'une des étoiles est moins massive que l'autre, son orbite s'approche davantage de la planète, amplifiant cet effet. Les passages rapprochés modifient de diverses façons les orbites à deux corps. Dans l'exemple ci-dessous, l'attraction exercée par la planète sur l'étoile secondaire la fait arriver en avance pour l'éclipse primaire et en retard pour l'éclipse secondaire. L'effet se compte en minutes ou en heures (environ une minute pour Kepler-16b).





LE SATELLITE KEPLER a découvert de nombreuses exoplanètes durant son programme prévu initialement. Ce succès a incité la NASA à prolonger la mission, mais cette extension a été écourtée par la défaillance de deux roues de réactions sur les quatre installées. Celles-ci assurent la stabilité du télescope, nécessaire pour observer des transits planétaires. Des études sont en cours pour tenter de corriger le problème. Par ailleurs, le télescope pourrait aussi servir à d'autres types d'observations astronomiques.

Cette conclusion a été confirmée par Joshua Carter, du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique, qui a créé un modèle numérique du système. Il a reproduit parfaitement l'ensemble des données pour une planète de masse équivalente à celle de Saturne. Cette excellente correspondance entre les observations et la modélisation prouvait l'existence de la planète et livrait des valeurs d'une grande précision pour les rayons, les masses et les caractéristiques orbitales du système.

La planète nommée Kepler-16b était donc la première planète circumbinaire à transit découverte. Depuis la surface de la planète, les étoiles binaires devraient avoir la même taille que le Soleil observé de la Terre. Kepler-16b a alors été surnommée « Tatooine », en référence à la planète fictive de *Star Wars* et à son ciel emblématique à deux soleils couchants. Cette spéculation tirée de la science-fiction était devenue un fait scientifique.

Une nouvelle classe de planètes

Kepler-16b semblait être un cas atypique. Cette planète tourne près de ses étoiles hôtes seulement neuf pour cent au-delà de l'orbite minimale de stabilité (en deçà, elle serait éjectée ou s'écraserait sur l'étoile). Et parce que Kepler-16b était la première planète circumbinaire à transit découverte, nous nous demandions si elle faisait figure d'exception.

■ BIBLIOGRAPHIE

W. F. Welsh *et al.*, *Transiting circumbinary planets Kepler-34b and Kepler-35b*, *Nature*, vol. 481, pp. 475-479, 2012.

J. A. Orosz *et al.*, *Kepler-47 : a transiting circumbinary multiplanet system*, *Science*, vol. 337, pp. 1511-1514, 2012.

L. R. Doyle *et al.*, *Kepler-16b : a transiting circumbinary planet*, *Science*, vol. 333, pp. 1602-1606, 2011.

En août 2012, l'un d'entre nous (W. Welsh) a remarqué des transits dans l'un des systèmes de binaires. En quelques heures, D. Fabrycky élaborait un modèle informatique qui reproduisait les périodes et durées variables des transits, confirmant que l'objet en transit était une planète. Nous avions découvert Kepler-34b. Dès le lendemain, Jerome Orosz, de l'Université d'État de San Diego, trouvait des transits dans un autre système d'étoiles binaires à éclipses qui, lui aussi, abritait une planète : Kepler-35b.

Dans les mois suivants, J. Orosz allait découvrir Kepler-38b, montrant qu'il existe aussi de petites planètes circumbinaires de la masse de Neptune, puis le système planétaire Kepler-47 comportant au moins deux planètes, ce qui montre que les étoiles binaires peuvent abriter plusieurs planètes. La dernière planète circumbinaire découverte, Kepler-64b (aussi connue sous le nom de « PH1 »), a été découverte simultanément et indépendamment par Veselin Kostov, de l'Université Johns Hopkins, et par des astronomes amateurs travaillant dans le cadre du projet *Planet Hunters* (Chasseurs de planètes). Elle fait partie d'un système stellaire quadruple, ce qui accroît la diversité des lieux où peuvent se former des planètes.

Des systèmes sans transits

Avec J. Orosz, nous avons étendu nos recherches à des planètes circumbinaires qui ne transitent pas devant leurs étoiles. En effet, la configuration à transit que nous avions cherchée jusqu'à présent nécessitait un alignement parfait. Cette contrainte était très restrictive. Nous l'avons assouplie en supposant que la planète peut s'écarter légèrement du plan des binaires de quelques degrés. Nous ne verrions plus de transits, mais ce cas devrait être beaucoup plus répandu que celui des planètes à transit. Pourrait-on les détecter grâce aux petites variations dans les périodes des éclipses des étoiles ?

Les sept planètes circumbinaires détectées jusqu'à présent nous indiquent que ces objets ne sont pas rarissimes et que nous avons mis au jour une nouvelle classe de systèmes planétaires. Pour chaque système binaire à éclipse présentant un transit de planète, cinq à dix systèmes équivalents ne présentent pas de transit, car l'alignement de la planète n'est pas parfait. Étant donné que sept planètes ont été trouvées parmi le millier de binaires à éclipses étudiées, nous