

Les deux premières se sont produites à 230 jours d'intervalle. La suivante a eu lieu 221 jours plus tard, soit neuf jours plus tôt que prévu. C'était exactement le type de signature attendu pour une planète circumbinaire.

Ces transits apportaient la preuve qu'un troisième corps est en orbite autour des étoiles binaires. Était-ce une étoile peu brillante ou une planète ? La légère atténuation indiquait que l'objet a un faible rayon. Cela n'excluait pas les petites étoiles, telles les naines brunes, qui ont une masse supérieure à 13 fois la masse de Jupiter. Nous devons donc mesurer sa masse pour nous assurer qu'il s'agissait bien d'une planète.

Outre l'observation des variations dans le transit de la planète, deux autres manifestations permettent d'identifier la présence d'une planète circumbinaire. Elles sont liées au temps de trajet de la lumière émise par les étoiles et à des perturbations dans les dates des éclipses des étoiles.

Reprenons un système binaire à éclipses accompagné d'une planète relativement grosse. Le centre de masse de la paire tourne autour du centre de masse du système à trois corps (voir l'encadré pages 40-41). Il en résulte que, parfois, les étoiles binaires sont un peu plus proches de la Terre ; à d'autres moments, elles sont un peu plus éloignées. Dans ce cas, la lumière stellaire met plus longtemps à nous parvenir, et les éclipses semblent légèrement retardées. Quand les étoiles sont plus proches de nous, les éclipses sont en avance. Ainsi, cet effet cyclique lié au temps de trajet de la lumière nous permet de déduire la présence d'un corps invisible et d'en estimer la masse. En outre, plus le troisième corps est massif et loin de la binaire, plus l'effet est prononcé, parce que la distance entre le centre de masse de la binaire et celui de l'ensemble augmente ; mais plus il est loin, plus le cycle est long. Dans le cas qui nous intéresse, il n'y avait pas de changement cyclique détectable pendant la mesure des éclipses sur une période d'environ 230 jours, ce qui impliquait que le corps caché était de faible masse. Mais encore ?

Le troisième corps influe aussi sur le système binaire par l'interaction gravitationnelle directe, nommé l'effet dynamique. Celui-ci l'emporte sur l'effet du temps de trajet de la lumière pour les objets proches. Le compagnon invisible modifie légère-

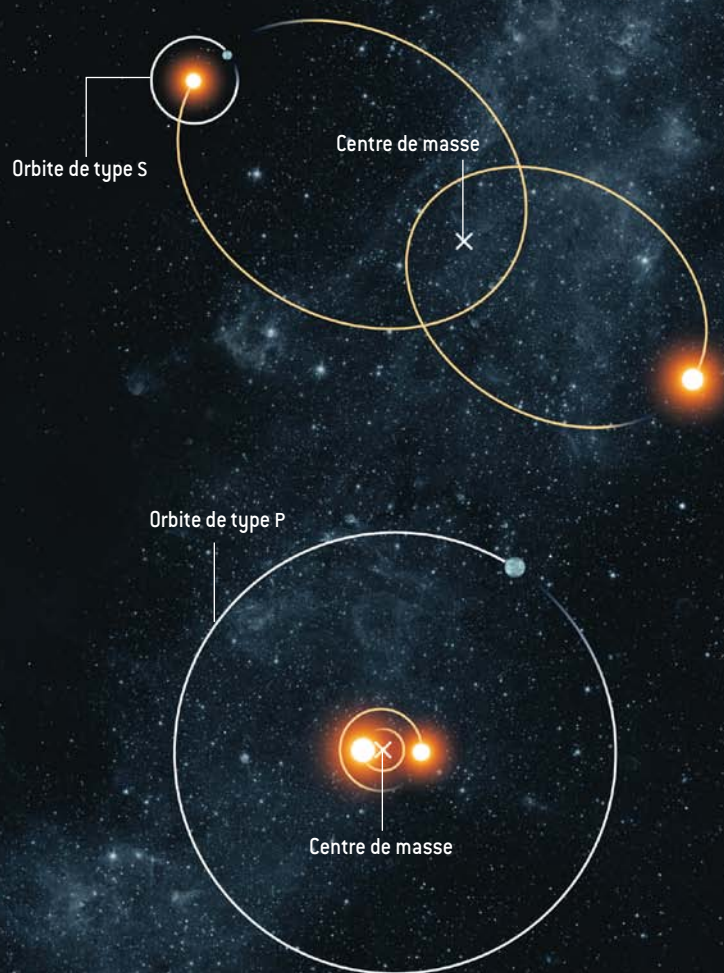
ment le mouvement des étoiles binaires et les retarde ou les fait avancer sur leur orbite. Ces perturbations changent les dates d'occurrence des éclipses. La plus petite des deux étoiles s'approchant plus du troisième corps, son orbite sera davantage perturbée.

Pour étudier un système circumbinaire, il faut prendre en compte les deux effets en même temps. Un de nos collègues de l'équipe scientifique de *Kepler*, Daniel Fabrycky, maintenant à l'Université de

Chicago, a noté qu'un objet de masse stellaire modifierait notablement les dates des éclipses, alors qu'une planète produirait une signature beaucoup plus faible, mais néanmoins mesurable. Et, pour ce système, les effets dynamiques devraient être beaucoup plus forts que l'effet du temps de trajet de la lumière. Nous avons mesuré les variations de dates des éclipses et montré que l'attraction exercée sur les étoiles correspondait à celle exercée par une planète.

EN ORBITE AUTOUR D'UNE OU DEUX ÉTOILES

Les systèmes binaires se présentent sous deux formes. Certaines étoiles binaires décrivent d'immenses orbites tournant autour de leur centre de masse commun et mettent des centaines d'années à boucler une orbite. Ces étoiles ont tendance à se comporter presque comme si elles étaient isolées ; une planète, dite de « type S », peut être en orbite autour d'une seule de ces étoiles sans être gênée par l'autre. À l'inverse, les étoiles rapprochées tournent l'une autour de l'autre en quelques semaines, voire quelques jours. Pendant des années, les astronomes se sont demandé si des planètes, dites de « type P », pouvaient survivre à un environnement gravitationnel chaotique et tourner autour de la paire d'étoiles. Aujourd'hui, on sait que oui.



Ron Miller, Jan Christensen