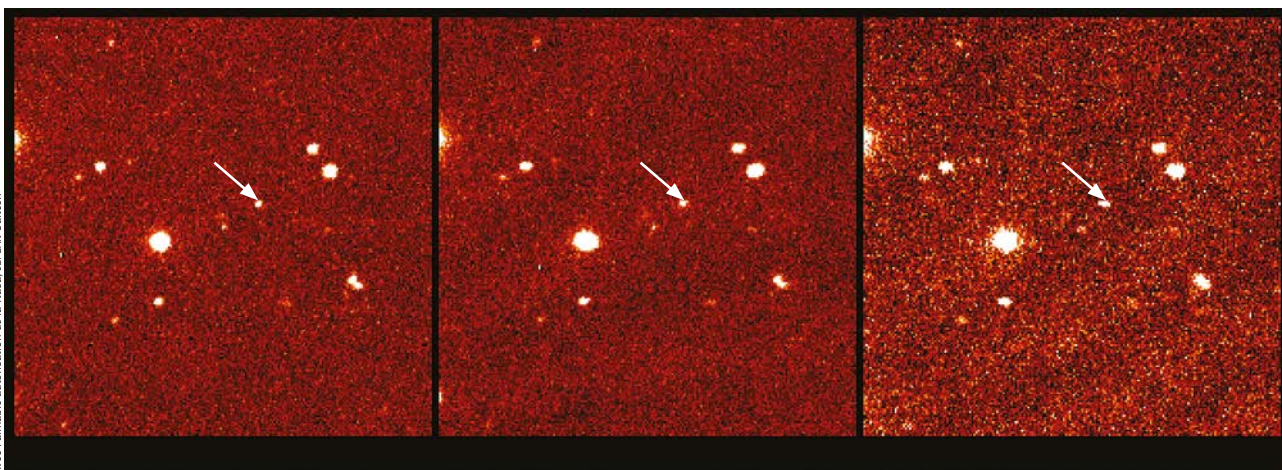




SEDNA EST UN OBJET TRANSNEPTUNIEN d'environ 1 000 kilomètres de diamètre. Sous l'œil du télescope Palomar, en Californie, il est identifié sur ces trois clichés pris à une heure et demie d'écart. Découvert

en 2003, Sedna ne s'approche jamais du Soleil à moins de 76 unités astronomiques [76 fois la distance moyenne Terre-Soleil]. Son orbite hors norme pourrait être soumise à l'influence gravitationnelle de la planète X.

autre planète cachée depuis son observatoire privé à Flagstaff, dans l'Arizona. Son projet était motivé par des anomalies relevées dans les orbites d'Uranus et de Neptune. En 1930, Clyde Tombaugh, assistant à l'observatoire Lowell, a trouvé Pluton pratiquement là où les calculs l'indiquaient.

Ce succès semblait reproduire exactement les principes qui ont conduit à la découverte de Neptune. Cependant, la détection de Pluton était le fruit d'un heureux hasard. En effet, pour expliquer les anomalies, Pluton devait avoir la taille de Jupiter, alors qu'elle s'est révélée plus petite que la Lune. La contradiction a fini par disparaître : les anomalies étaient en fait dues à des erreurs de calcul. Pluton était juste au bon endroit au bon moment.

Et Pluton fut déclassée

Dans les années 1980, les planétologues ont suspecté que Pluton n'était peut-être pas seule dans cette région du Système solaire, mais juste le premier membre connu d'un vaste nuage de débris. En 1992, le deuxième corps de la ceinture de Kuiper a été découvert, et l'on a dénombré depuis plus de 1 500 planétoïdes. La découverte d'Éris en 2005, d'une taille équivalente à Pluton et un peu plus massive, souleva la question du statut planétaire de Pluton. Si la ceinture de Kuiper cachait d'autres objets aussi importants, il y aurait une profusion de nouvelles planètes. En 2006, l'Union internationale d'astronomie a alors décidé de reclasser Pluton dans la catégorie des planètes naines.

En étudiant ces planétoïdes de la ceinture de Kuiper, les astronomes se sont interrogés sur le scénario de leur formation. Ils sont trop massifs pour se former aussi loin du Soleil, où le disque protoplanétaire contenait peu de gaz et de poussière. À partir de simulations numériques, les chercheurs ont montré que ces corps seraient nés dans la région occupée aujourd'hui par Neptune. Comment ont-ils migré ? Peu après sa formation, le Système solaire était soumis à un régime chaotique et les planètes géantes gazeuses (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune) ont probablement changé d'orbite et migré sur des centaines de millions de kilomètres. Leur influence gravitationnelle aurait alors déstabilisé les KBO, les éjectant vers les confins du Système solaire. Dans certaines simulations de ce processus, une planète géante est éjectée ; certains pensent donc qu'il y aurait eu cinq planètes géantes, et celle qui a été perdue serait la planète X.

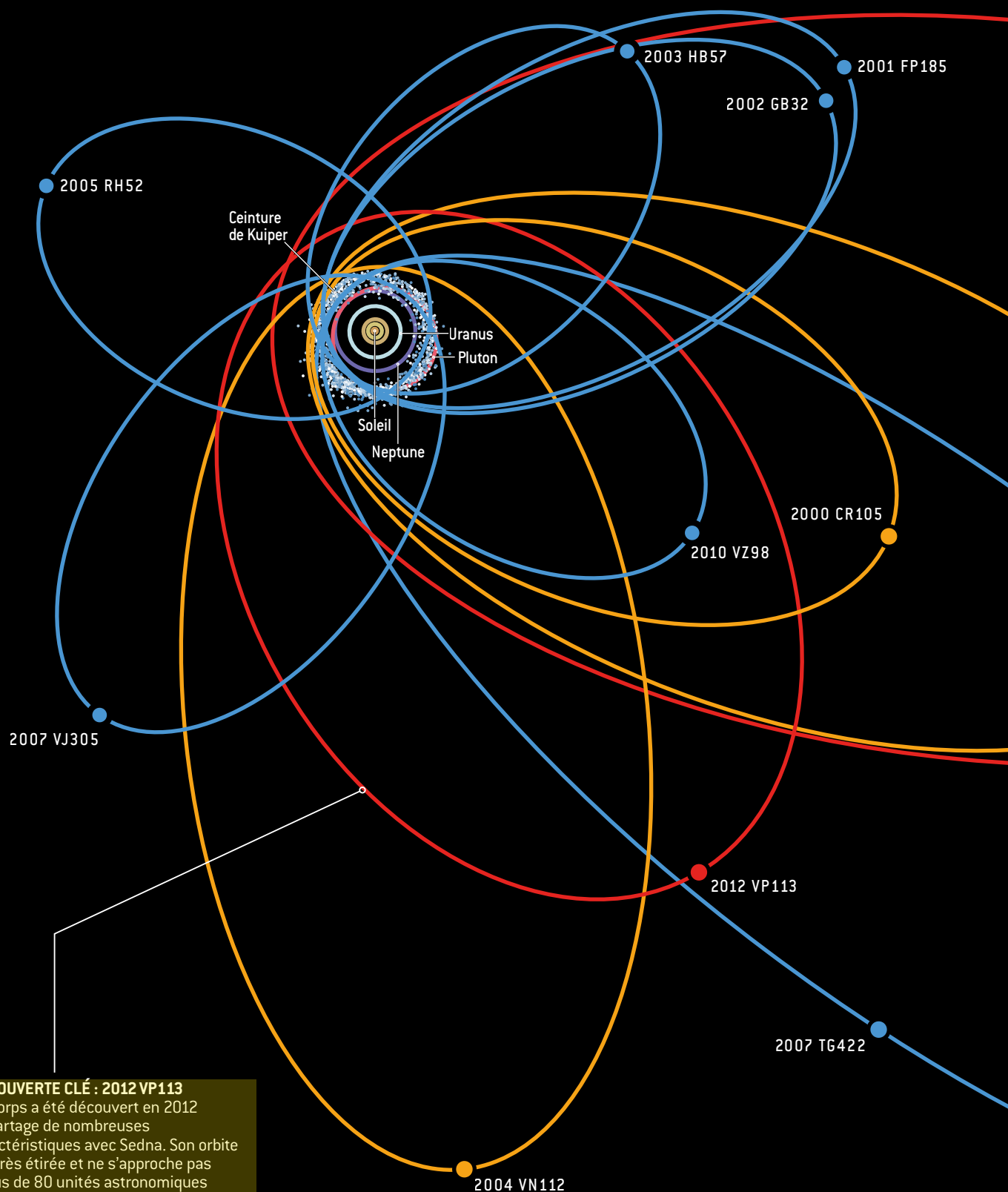
Ainsi, une super-Terre (une planète de quelques masses terrestres) formée dans les premiers temps du Système solaire pourrait se cacher au-delà de l'orbite de Neptune. La notion même de super-Terre n'est pas si exotique : de telles planètes ont été découvertes en nombre autour d'autres étoiles ces vingt dernières années. À tel point que certains planétologues s'interrogent sur l'absence d'un tel objet dans le Système solaire.

À partir des années 2000, Ben Bromley, de l'université de l'Utah, et Scott Kenyon, du centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian, ont simulé le destin d'une super-Terre qui se serait formée dans la région occupée actuellement par Jupiter

et Saturne. Dans la plupart des scénarios, la dynamique globale du système conduit l'orbite de cette planète à s'étirer de plus en plus, jusqu'à ce que la super-Terre soit éjectée du Système solaire. Mais si le phénomène se produit très tôt, quelque 10 millions d'années après la naissance des planètes, le gaz du disque protoplanétaire, pas encore complètement dissipé, freine la super-Terre, qui adopte une orbite quasi circulaire aux confins du Système solaire.

Lorsque Ben Bromley et Scott Kenyon ont entamé leurs travaux sur les super-Terres, personne n'avait encore imaginé la présence d'une telle planète au-delà de la ceinture de Kuiper. La situation a commencé à changer lorsque, en 2003, Mike Brown, Chad Trujillo, de l'observatoire Gemini, à Hawaï, et David Rabinowitz, de l'université Yale, ont découvert Sedna (voir la figure ci-dessus). Malgré de nombreux points communs avec Pluton, Éris et les autres KBO, ce corps glacé hors norme, d'un diamètre de 1 000 kilomètres, se distingue par sa trajectoire. Sedna ne s'approche pas à plus de 76 unités astronomiques du Soleil (l'UA désigne la distance moyenne Terre-Soleil, environ 150 millions de kilomètres) ; c'est plus du double de la distance Neptune-Soleil. Sedna s'en éloigne jusqu'à 930 UA sur son orbite allongée, qu'elle met 11 400 ans à parcourir.

Comme le souligne Chad Trujillo, les chercheurs étaient surpris par cette découverte, car rien ne permettait d'expliquer l'existence de Sedna. Sa trajectoire étirée rappelle celle des comètes, mais, contrairement à ces dernières, Sedna n'est pas soumise à l'influence gravitationnelle des planètes géantes.



DÉCOUVERTE CLÉ : 2012 VP113

Ce corps a été découvert en 2012 et partage de nombreuses caractéristiques avec Sedna. Son orbite est très étirée et ne s'approche pas à plus de 80 unités astronomiques du Soleil. Il effectue une révolution en 4 300 ans et s'éloigne jusqu'à 446 unités astronomiques de l'étoile.

Les objets lointains du Système solaire

Bien au-delà des huit planètes, de la ceinture d'astéroïdes et même de la ceinture de Kuiper, les astronomes ont découvert une dizaine d'objets dont les orbites sont atypiques. Ces corps glacés suivent tous des trajectoires très allongées autour du Soleil et restent bien au-delà de l'orbite de Neptune.

Ils partagent une autre caractéristique : ils atteignent leur périhélie – le point de l'orbite le plus proche du Soleil – quand ils croisent le plan de l'écliptique (le plan défini par l'orbite de la Terre autour du Soleil). L'influence gravitationnelle d'une super-Terre très distante du Soleil expliquerait ces propriétés.

DIX AUTRES OBJETS

Les astronomes ont trouvé dix autres objets qui présentent des points communs avec Sedna et 2012 VP113. Leur distance moyenne au Soleil est supérieure à 150 unités astronomiques (UA). On peut les classer en trois catégories : ceux associés au nuage d'Oort interne, qui n'approchent pas à moins de 50 UA, ceux qui s'approchent entre 40 et 50 UA et ne sont pas soumis à l'influence gravitationnelle de Neptune, et ceux qui frôlent l'orbite de Neptune, vers 30 UA.

Trois catégories d'objets lointains

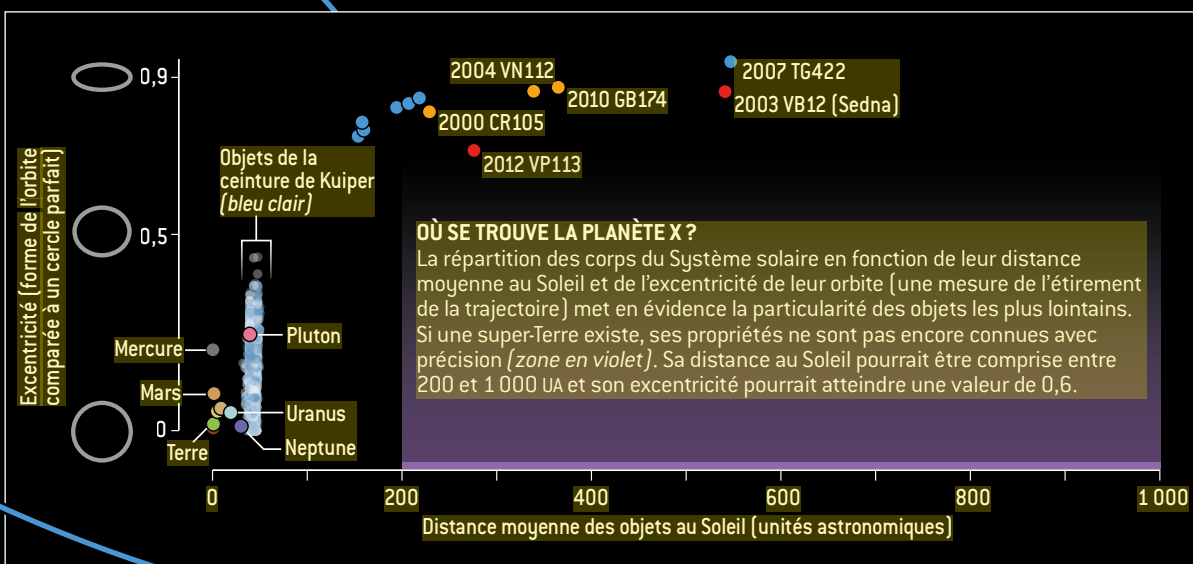
- Objets du nuage d'Oort interne
- Objets non soumis à l'influence de Neptune
- Objets épars

2003 VB12 (Sedna)

2010 GB174

DÉCOUVERTE CLÉ : SEDNA

Repéré en 2003, Sedna est un des objets connus les plus éloignés dans le Système solaire. Son orbite est très étonnante. Ce planétoïde gelé, de 1 000 kilomètres de diamètre, s'éloigne jusqu'à 930 unités astronomiques du Soleil et ne s'en approche pas à moins de 76 unités astronomiques. Il met 11 400 ans pour décrire un tour complet.



OÙ SE TROUVE LA PLANÈTE X ?

La répartition des corps du Système solaire en fonction de leur distance moyenne au Soleil et de l'excentricité de leur orbite (une mesure de l'écartement de la trajectoire) met en évidence la particularité des objets les plus lointains. Si une super-Terre existe, ses propriétés ne sont pas encore connues avec précision (zone en violet). Sa distance au Soleil pourrait être comprise entre 200 et 1 000 UA et son excentricité pourrait atteindre une valeur de 0,6.

Une nouvelle piste pour la planète X



Les planétologues Mike Brown (à gauche) et Konstantin Batygin (à droite), de l'institut de technologie de Californie, ont étudié une poignée de corps de la ceinture de Kuiper dont les orbites présentent des anomalies. Grâce à des simulations numériques, ils confortent l'hypothèse qu'une planète cachée est à l'origine de ces singularités. Konstantin Batygin nous explique leurs travaux.

POUR LA SCIENCE

Les objets que vous avez étudiés étaient déjà ceux au cœur des travaux de Chad Trujillo et Scott Sheppard en 2014. Quelle est la nouveauté dans vos résultats ?

Konstantin Batygin : Chad Trujillo et Scott Sheppard ont remarqué que les objets de la ceinture de Kuiper les plus distants (au-

delà de 250 unités astronomiques) avaient un argument du périhélie (angle qui relie le périhélie et le point de l'orbite qui coupe le plan de l'écliptique) du même ordre de grandeur. Ils l'ont expliqué par la présence d'une planète inconnue en orbite circulaire. Cette planète participe à un effet de résonance gravitationnelle, nommé mécanisme de Kozai, qui influe sur la forme des orbites, leur inclinaison par rapport à l'écliptique et leur ellipticité. Cependant, les deux chercheurs ont constaté qu'ils pouvaient reproduire correctement l'orbite de l'objet 2012 VP113, mais pas celle des autres. Leur solution était incorrecte, mais nous nous en sommes inspirés pour attaquer le problème.

PLS

Quelle a été votre approche ?

K. B. : L'argument du périhélie n'est pas la seule anomalie liée à ces objets. Quand on regarde leur position dans le Système solaire, on voit que les orbites sont toutes concentrées dans une certaine région de l'espace et qu'elles sont toutes dans un même plan. Nous avons effectué des simulations numériques pour en comprendre l'origine.

PLS

Et le phénomène serait lié à une planète X ?

K. B. : Tout à fait ! Nos simulations montraient que nous pouvions expliquer toutes les caractéristiques des orbites si une planète de dix masses terrestres, dotée d'une orbite assez allongée, évoluait loin du Soleil, entre 250 et 1 150 unités astronomiques.

PLS

Votre modèle prévoyait aussi l'existence d'objets qui suivent une trajectoire très inclinée. Qu'en est-il ?

K. B. : Nous pensons que ce point du modèle allait tuer notre scénario, car nous ne connaissons pas de tels objets. Imaginez notre surprise lorsque nous avons appris qu'il en existait ! On en connaît cinq, dont Drac, découvert en 2008.

PLS

Quels sont les obstacles pour observer la planète X et confirmer cette hypothèse ?

K. B. : La planète est très distante. Mais certains des plus grands télescopes (*Subaru*, *Keck*) pourraient la détecter. Nos travaux limitent la zone du ciel à explorer et nous pensons que cinq ans seront nécessaires pour la trouver.

Lance Hayashida/Caltech

Durant la décennie suivante, dix autres objets aux orbites allongées et restant à bonne distance de Neptune ont été découverts. Plus petits que Sedna, ils n'étaient pas non plus aussi extrêmes dans leurs caractéristiques orbitales, ni par l'éirement de leur trajectoire ni par la distance du périhélie au-delà de Neptune. Mais tous partageaient cette spécificité de la position du périhélie par rapport au plan de l'écliptique. Et cette coïncidence était étrange.

« Sedna aurait pu être une anomalie unique, placée sur cette orbite par un événement inconnu », explique Chad Trujillo, « mais nous ne pouvions pas vraiment le savoir avant d'en trouver un autre. » Or, en 2014, après dix ans de recherche, Chad Trujillo et Scott Sheppard ont annoncé la découverte d'un objet aux propriétés très proches de celles de Sedna.

Ils avaient désormais un deuxième Sedna. Connu sous le nom provisoire de 2012 VP113, cet objet a une orbite située entre 80 et 446 UA, qu'il parcourt en 4300 ans. Comme Sedna, 2012 VP113 n'est pas soumis

à l'influence gravitationnelle de Neptune. Et la position de son périhélie par rapport au plan de l'écliptique est similaire à celle de la poignée de KBO de type Sedna.

Chad Trujillo et Scott Sheppard en ont conclu qu'un corps massif extérieur au Système solaire avait en partie façonné les orbites de ces objets. Le perturbateur pouvait être une super-Terre en orbite circulaire à plus de 250 UA du Soleil. Pour Meg Schwamb, de l'université Yale, personne n'avait jugé crédible l'hypothèse de la planète X jusqu'à la publication de l'article de Chad Trujillo et Scott Sheppard.

Mais est-ce la seule explication possible ? Par exemple, Hal Levison, du Centre de recherche américain du Sud-Ouest, a proposé que Sedna, 2012 VP113 et les autres corps étaient sur des orbites différentes à l'époque où le Soleil jeune se trouvait encore au sein de l'amas d'étoiles où il s'est formé. Et avant que l'amas ne se soit dispersé, les étoiles les plus proches du Soleil ont pu influencer sur les orbites des corps qui atteignaient les confins du Système solaire, les renvoyant

■ BIBLIOGRAPHIE

K. Batygin et M. E. Brown, *Evidence for a distant giant planet in the solar system*, *The Astronomical Journal*, vol. 151(2), article 22, 2016.

A. Doressoundiram, *La mystérieuse planète X : mythe ou réalité*, *Dossier Pour la Science*, n° 90, janvier-mars 2016.

C. A. Trujillo et S. S. Sheppard, *A Sedna-like body with a perihelion of 80 astronomical units*, *Nature*, vol. 507, pp. 471-474, 2014.