

Exoplanètes jeunes



La découverte d'exoplanètes dans des systèmes très jeunes montre la complexité des mécanismes de formation et d'évolution des planètes.

HD 131399Ab

Basé sur un communiqué ESO

L'instrument SPHERE installé sur le VLT de l'ESO a obtenu la première image d'une planète décrivant une orbite excentrée à l'intérieur d'un système d'étoiles triple.

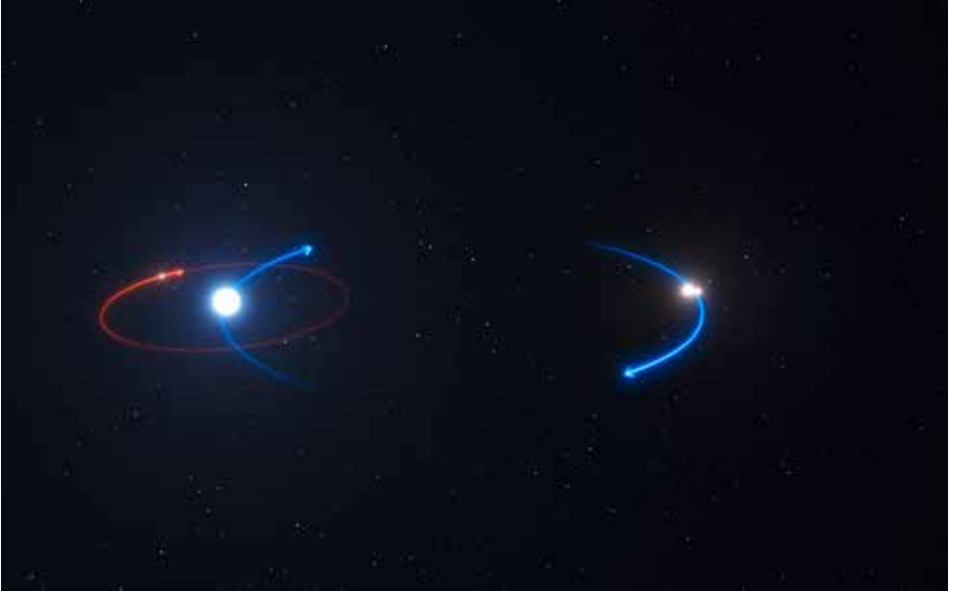
Ce nouveau monde, HD 131399Ab¹, ne ressemble à aucun monde connu. Son orbite autour de la plus brillante des trois étoiles est de loin la plus excentrique observée à ce jour au sein d'un système d'étoiles multiple. De telles orbites sont bien souvent instables parce que soumises à l'attraction gravitationnelle complexe et variable des deux autres étoiles du système de sorte que la planète finit par être

éjectée du système. La probabilité de détecter des planètes dotées d'orbites stables semblait donc très mince et cette observation inattendue laisse supposer que l'existence de tels systèmes pourrait être plus fréquente que prévu.

La planète passe le plus clair de son temps à grande distance des étoiles. Un observateur local verrait donc celles-ci dans un même coin du ciel et assisterait à des levers et couchers stellaires triples. Lorsque la planète se rapproche du foyer de son orbite, les étoiles s'écarteraient les unes des autres, jusqu'à ce que le coucher de l'une coïncide avec le lever de l'autre, la planète bénéficiant alors d'un éclairage continu. Ce phénomène se poursuit sur un quart de l'orbite, ce qui représente environ 140 années terrestres.

HD 131399A se situe à 320 années-lumière dans la constellation du Centaure. Elle est âgée de 16 millions d'années seulement. L'exoplanète est ainsi l'une des plus jeunes découvertes à ce jour, et l'une des premières à avoir fait l'objet d'une imagerie directe. Sa température de surface avoisine les 580 degrés Celsius et sa masse est estimée à quatre masses de Jupiter. Elle est l'une des exoplanètes les plus froides et les moins massives détectées au moyen de l'imagerie directe.

¹ *Les trois composantes du système stellaire ont été baptisées HD 131399A, HD 131399B et HD 131399C, dans l'ordre décroissant de leurs luminosités apparentes. La planète gravite autour de l'étoile la plus brillante et fut notée en conséquence HD 131399Ab.*



Cette exoplanète est également la première découverte au moyen de l'instrument SPHERE. Celui-ci est sensible aux longueurs d'onde infrarouges, ce qui lui permet de détecter les signatures des planètes jeunes. Il est par ailleurs doté de fonctionnalités avancées corrigeant des perturbations atmosphériques et bloquant l'aveuglante lumière en provenance de leurs étoiles hôtes.

Des observations répétées et de longue durée seront nécessaires pour précisément déterminer la trajectoire qu'emprunte la planète entre ses étoiles hôtes. Les observations et simulations déjà réalisées laissent entrevoir le possible scénario suivant : l'étoile la plus brillante, baptisée HD 131399A, semble être dotée d'une masse 80% supérieure à celle du Soleil. Autour d'elle, à quelque 300 unités astronomiques de distance gravitent deux étoiles moins massives notées B et C. Celles-ci sont séparées de 10 unités astronomiques, et virevoltent l'une autour de l'autre.

Ce scénario stipule que la planète HD 131399Ab gravite autour de l'étoile A et décrit en 550 ans une orbite dont le rayon avoisine les 80 unités astronomiques – soit le double

Schéma de l'orbite de la planète au sein du système HD 131399 (en rouge) ainsi que des orbites des étoiles (en bleu). La planète gravite autour de l'étoile la plus brillante du système, HD 131399A. (ESO)

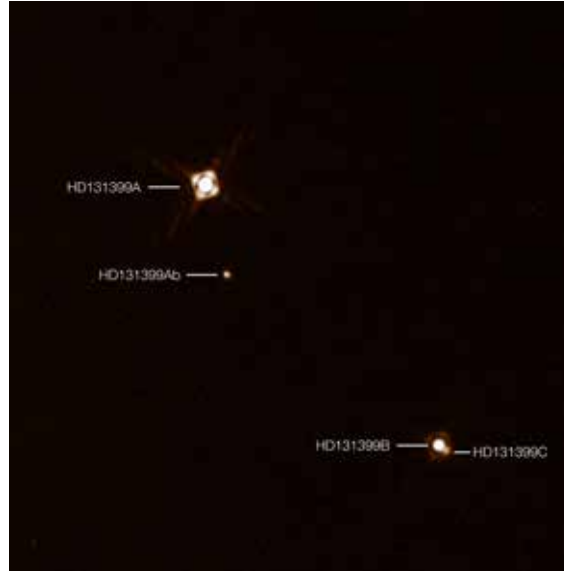
de la distance de Pluton au Soleil. Cette orbite conduit la planète au tiers de la distance séparant l'étoile A de la paire d'étoiles B/C. Plusieurs scénarios restent envisageables et la question de la stabilité du système à long terme requiert, pour pouvoir être tranchée, d'effectuer des observations de suivi d'ores et déjà programmées qui permettront de mieux contraindre l'orbite de la planète.

Si la planète se trouvait plus éloignée de l'étoile la plus massive du système, elle serait éjectée du système. Les simulations numériques ont montré que ce type d'orbite peut être stable, mais qu'il suffit de peu pour qu'elle devienne très rapidement instable.

Parce qu'elles illustrent la façon dont les processus de formation planétaire se mettent en place dans les situations les plus extrêmes, les planètes qui appartiennent à des

Image composite montrant l'exoplanète HD 131399Ab récemment découverte au sein du système triple d'étoiles HD 131399. Elle est l'une des exoplanètes les plus froides et les moins massives détectées au moyen de l'imagerie directe.

Cette image a été constituée à partir de deux images distinctes de SPHERE représentant, l'une les trois étoiles, l'autre la planète de faible luminosité. Sur cette image, la planète apparaît plus brillante qu'elle ne l'est en réalité, comparée aux étoiles.
(ESO/K. Wagner et al.)



Les systèmes d'étoiles multiples présentent un intérêt tout particulier pour les astronomes et les planétologues. Si ces systèmes peuvent paraître exotiques, ils sont en fait tout aussi fréquents que les étoiles isolées.

V830 Tauri

Basé sur un communiqué CNRS

Depuis 20 ans, les exoplanètes qu'on nomme jupiters chaudes défient les astronomes. Ces planètes géantes orbitent 100 fois plus près de leur étoile que Jupiter autour du Soleil, et sont donc réchauffées par cette proximité. Mais comment et quand dans leur histoire migrent-elles si près de leur étoile ? Les astronomes viennent d'annoncer la découverte d'une très jeune jupiter chaude au voisinage immédiat d'un soleil d'à peine 2 millions d'années – l'équivalent stellaire d'un nourrisson d'une semaine. Ce serait la preuve que les jupiters chaudes apparaissent dès l'origine des systèmes planétaires.

C'est en scrutant une étoile d'à peine deux millions d'années, V830 Tau, que cette jeune jupiter a été trouvée. Après un mois et demi d'observations au cœur de la pouponnière stellaire du Taureau, à 430 années-lumière de la Terre, les astronomes ont détecté une variation régulière de la vitesse de l'étoile, révélant la présence d'une planète presque aussi massive que Jupiter, sur une orbite 20 fois plus resserrée que celle de la Terre autour du Soleil.

Dans le Système solaire, les petites planètes rocheuses comme la Terre orbitent près du Soleil alors que les géantes gazeuses comme Jupiter et Saturne patrouillent bien plus loin. D'où l'étonnement de la communauté quand les premières exoplanètes détectées se sont révélées des géantes côtoyant leur étoile. Les travaux théoriques nous apprennent que ces planètes ne peuvent se former que dans les confins glacés du disque protoplanétaire qui a donné naissance à l'étoile centrale et à son cortège de planètes. Certaines d'entre elles migrent vers l'étoile sans y tomber, devenant dès lors des jupiters chaudes.

Les modèles théoriques prédisent une migration soit dans l'enfance des géantes gazeuses, alors qu'elles se nourrissent encore du disque primordial, soit bien plus tard, lorsque les nombreuses planètes formées interagissent et propulsent certaines d'entre elles au voisinage immédiat de l'étoile. Parmi les jupiters chaudes connues, certaines possèdent justement une orbite inclinée, voire inversée, suggérant qu'elles ont été précipitées vers l'étoile par d'ombrageuses voisines. Cette découverte d'une jupiter chaude très jeune confirme donc que la migration précoce au sein du disque est



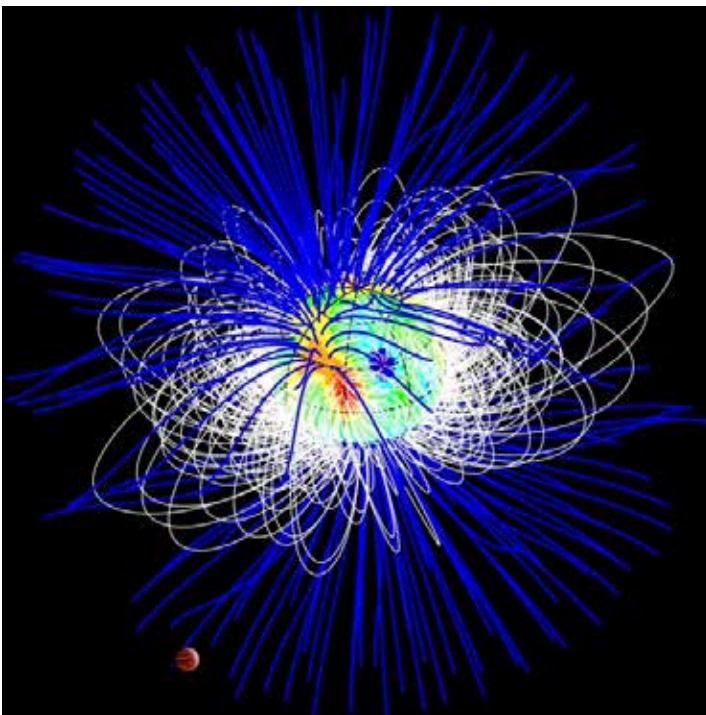
Vue d'artiste d'une jeune planète géante à proximité immédiate d'une étoile en formation.

(Mark Garlick / markgarlick.com.)

bien, elle aussi, opérationnelle dans le cas des planètes géantes.

Détecter des planètes autour d'étoiles très jeunes s'avère un vrai défi observationnel, car ces étoiles sont de véritables monstres en comparaison du Soleil. Leur intense activité magnétique perturbe la lumière émise par l'étoile d'une façon bien plus marquée que ne peut le faire une éventuelle planète géante, même en orbite rapprochée. L'une des prouesses des scientifiques a été de séparer le signal dû à l'activité de l'étoile de celui engendré par la planète.

Pour cette découverte, l'équipe a utilisé les spectropolarimètres jumeaux ESPaDOnS et Narval, installés respectivement au télescope Canada-France-Hawaii (TCFH), au sommet du Maunakea, un volcan endormi de la grande île de



La plus jeune jupiter chaude connue aujourd'hui, détectée autour de l'étoile en formation V330 Tau, évolue dans le champ magnétique de l'étoile (lignes blanches et bleues), ce qui complique la découverte de telles planètes.

(Jean-François Donati)

l'archipel d'Hawaii, et au télescope Bernard Lyot (TBL - OMP) au sommet du Pic du Midi. L'utilisation combinée de ces deux télescopes et du télescope Gemini d'Hawaii s'est avérée essentielle pour obtenir la continuité requise dans le suivi de V830 Tau.

K2-33b

L'étude des (exo)planètes jeunes est très instructive pour l'étude de la formation et de l'évolution des systèmes planétaires. Nous avons discuté du cas de HD131399 âgée de 16 millions d'années, où une planète a été découverte par imagerie directe. Nous avons ensuite parlé de V830, vieille d'un minuscule deux millions d'années, où c'est l'examen des vitesses radiales qui a permis de révéler la présence d'une planète. Pour faire bonne mesure, nous verrons ici que la méthode des transits donne également des résultats dans ce domaine, en particulier avec l'étoile K2-33b âgée de 5 à 10 millions d'années.

Comme le suggère le sigle, K2-33 est l'une des planètes candidates détectées par le télescope spatial Kepler dans la seconde phase, dite étendue, de sa mission.

Le télescope de l'observatoire W. M. Keck sur le Mauna Kea à Hawaii a participé

à la découverte en validant l'existence de la planète par des mesures spectroscopiques.

K2-33b est un peu plus grosse que Neptune et tourne en 5 jours autour de son étoile. C'est en occultant partiellement la lumière de l'étoile lors de chaque transit qu'elle a été détectée par Kepler.

Les mesures infrarouges réalisées par le télescope spatial Spitzer montrent que le système est entouré d'un disque de débris, témoinnant de sa jeunesse.

La planète est très proche de l'étoile, à un dixième de la distance Soleil-Mercure et, comme pour V830 Tau, faute d'accepter une formation in situ, on doit trouver un moyen d'expliquer la migration très rapide de la planète depuis les régions plus froides où elle a dû naître.

*Schéma du système de K2-33b comparé au Système solaire. La planète circule autour de son étoile en 5 jours, à comparer avec les 88 jours que met Mercure pour compléter une orbite.
(NASA/JPL-Caltech)*

