

# Naines et planètes exotiques

## *JuMBOs*

*Basé sur des communiqués NASA, NRAO, Webb*

Les planètes comme Jupiter ne se trouvent pas seulement dans des systèmes entourant une étoile. Il en existe des solitaires et d'autres formant des paires : les JuMBOs (Jupiter-Mass Binary Objects). Cette configuration semble même être la norme d'après les observations réalisées dans Orion avec le télescope spatial JWST.

La nébuleuse d'Orion est la grande région de formation d'étoiles la plus proche de la Terre. En son cœur trône l'amas du Trapèze,  $\theta_1$  Ori, qui doit son nom à l'astérisme formé par les quatre étoiles principales.

*Le cœur de la nébuleuse d'Orion vu par le JWST dans l'infrarouge proche. Le nuage rouge qui domine la scène, et qui ressemble à un polype aux nombreux doigts ou tentacules, est connu comme l'« outflow » (écoulement) du nuage moléculaire d'Orion, OMC-1. C'est une grande masse d'hydrogène moléculaire mise en mouvement par l'énergie de la fusion cataclysmique de deux étoiles massives. La vitesse de ce courant est de l'ordre de cent kilomètres par seconde et laisse penser que la collision a eu lieu il y a quelques siècles. (NASA/ESA/CSA/McCaughrean & Pearson)*





*Zoom sur l'outflow de OMC-1. Le bout des doigts est parfois teinté de vert, ce qui indique la présence d'atomes de fer dans le gaz.  
(NASA/ESA/CSA/McCaughrean & Pearson)*



*La même région d'Orion qu'en page 212, mais vue à de plus grandes longueurs d'onde. Les nuages verts contiennent des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) produits par les étoiles. (NASA/ESA/CSA/McCaughrean & Pearson)*

Une image très fouillée de la région a été créée en assemblant des centaines de photos acquises par l'instrument NIRC*am* du JWST. Elle montre des milliers d'étoiles jeunes allant des plus petites, des naines brunes trop chétives pour déclencher la fusion nucléaire dans leur noyau, jusqu'aux plus massives avec des masses d'une quarantaine de fois celle du Soleil.

Certaines de ces étoiles sont entourées de disques protoplanétaires qui ont échappé au souffle et au rayonnement des étoiles les plus brillantes, et particulièrement celles du Trapèze.

La grande surprise fut de découvrir au cœur de la nébuleuse d'Orion une quarantaine de couples de planètes de masse comprise entre 0,6 et 13 fois celle de Jupiter. Leur température va de 500 à 1 300 degrés Celsius. Ces objets sont jeunes, astronomiquement parlant, âgés d'environ un million d'années. En comparaison, le Système solaire a 4,57 milliards d'années. C'est parce qu'ils sont si jeunes qu'ils rayonnent abondamment dans l'infrarouge en restituant progressivement la chaleur interne accumulée lors de leur formation.

Malgré l'éventail de leurs masses, ces objets ont à peu près la même taille que Jupiter ou sont à peine plus grands. Les paires sont relativement lâches, l'espace séparant les planètes étant de l'ordre de 200 unités astronomiques. Les périodes orbitales vont de 20 000 à 80 000 ans.



*L'image infrarouge à courte longueur d'onde du télescope JWST montre des disques protoplanétaires sculptés par le rayonnement ultraviolet intense et le vent des étoiles massives du Trapèze d'Orion. Quand ils sont vus de côté, les disques de poussière apparaissent très sombres. (NASA, ESA, CSA / M. McCaughrean, S. Pearson, CC BY-SA 3.0 IGO)*

Les JuMBOs défient quelques idées bien établies de l'astrophysique. Les astronomes s'interrogent sur l'origine de ces planètes. Il n'est pas facile de former des objets aussi peu massifs à partir d'un nuage de gaz, à la manière des étoiles. Il est plus vraisemblable qu'ils ont été expulsés de systèmes planétaires classiques par suite d'interactions gravifiques. Mais comment expulser deux de ces objets d'un coup? Cela reste un mystère pour les astronomes.

Peut-être que les JuMBOs abondent dans toutes les pouponnières stellaires, et pas seulement dans le Trapèze d'Orion. Peut-être existe-t-il aussi des couples de Neptunes et que l'on pourra parler de NeMBOs, ou encore des doubles Terres, etc.

Pour mieux comprendre ces curieux objets, les astronomes ont mené des observations avec le réseau VLA (Karl G. Jansky Very Large Array). Des observations antérieures faites avec ce même réseau avaient permis la détection d'un objet isolé de masse planétaire ressemblant aux composants des JuMBOs. La recherche d'une signature radio des 40 JuMBOs identifiés par le JWST a conduit à la conclusion qu'étonnamment, un seul de ces objets, JuMBO 24, présentait une contrepartie radio.



Cette découverte remarquable remet en question les théories existantes sur la formation des étoiles et des planètes. La luminosité radio des planètes de ce système binaire est nettement supérieure à celle détectée chez les naines brunes, qui partagent beaucoup de similitudes avec ces planètes. Cette anomalie soulève de nouvelles questions et offre

des opportunités de recherche passionnantes pour mieux comprendre la nature de ces planètes sans étoile. Bien qu'il soit possible que l'association entre les signaux infrarouges et radio soit une coïncidence, les chercheurs considèrent que cela est peu plausible. Ils en estiment la probabilité à seulement un sur dix mille.



▲ *Vue d'artiste d'un JuMBO.  
(Gemini Observatory/J. Lomberg)*

◀ *Les astronomes ont découvert 40 paires JuMBO et même deux systèmes triples. Cinq couples peuvent être vus sur cette image extraite du grand portrait de l'amas du Trapèze pris par le JWST.  
(ESA)*

Les chercheurs soulignent l'importance de cette découverte. Ils notent que ces objets pourraient avoir des lunes semblables à Europe ou Encelade, qui possèdent toutes deux des océans souterrains d'eau liquide qui pourraient abriter la vie.

La détection d'ondes radio provenant des deux composantes d'un JuMBO représente une étape importante dans l'exploration de l'Univers. Cela présente également une opportunité passionnante pour approfondir les recherches sur l'habitabilité potentielle des planètes au-delà du Système solaire.

## ***Naine brune isolée***

*Basé sur un communiqué Webb*

Les naines brunes sont souvent assimilées à des étoiles ratées car elles se forment comme des étoiles par effondrement gravitationnel, mais ne gagnent jamais suffisamment de masse pour déclencher la fusion nucléaire. Les plus légères des naines brunes ont des masses comparables à celles des planètes géantes.

Les astronomes utilisant le télescope spatial JWST ont trouvé la nouvelle détentrice du record de l'étoile la plus petite, un objet pesant seulement trois ou quatre fois la masse de Jupiter.

Cette naine brune appartient à l'amas IC 348, situé à environ 1 000 années-lumière dans la région de formation d'étoiles de Persée. Cet amas est jeune, âgé d'environ cinq millions d'années de sorte que les naines brunes qu'il contient doivent encore rayonner en infrarouge en perdant peu à peu la chaleur de leur formation.

Les observations ont conduit à trois candidates intéressantes ayant entre trois et huit fois la masse de Jupiter, avec des températures de surface allant de 830 à 1 500 degrés Celsius. Expliquer comment d'aussi petites naines brunes ont pu se former est un défi pour les théoriciens. Il devrait être difficile pour un petit nuage de s'effondrer sous sa gravité et de former des objets de faible masse.

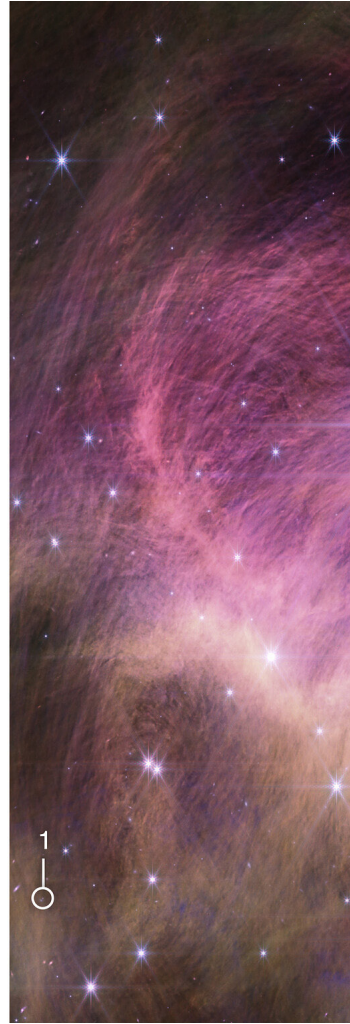
Il est cependant assez facile avec les modèles actuels de créer des planètes géantes dans un disque autour d'une étoile. Mais dans un amas, il est peu probable qu'un tel objet se soit formé dans un disque.

En plus de fournir des indices sur le processus de formation des étoiles, les mini naines brunes peuvent également aider les astronomes à mieux comprendre les exoplanètes. Avec des masses comparables, on s'attend à ce que les planètes géantes et les petites naines brunes aient des propriétés similaires. Et une naine brune flottant librement est plus facile à étudier qu'une exoplanète géante puisque cette dernière est cachée dans l'éclat de son étoile hôte.

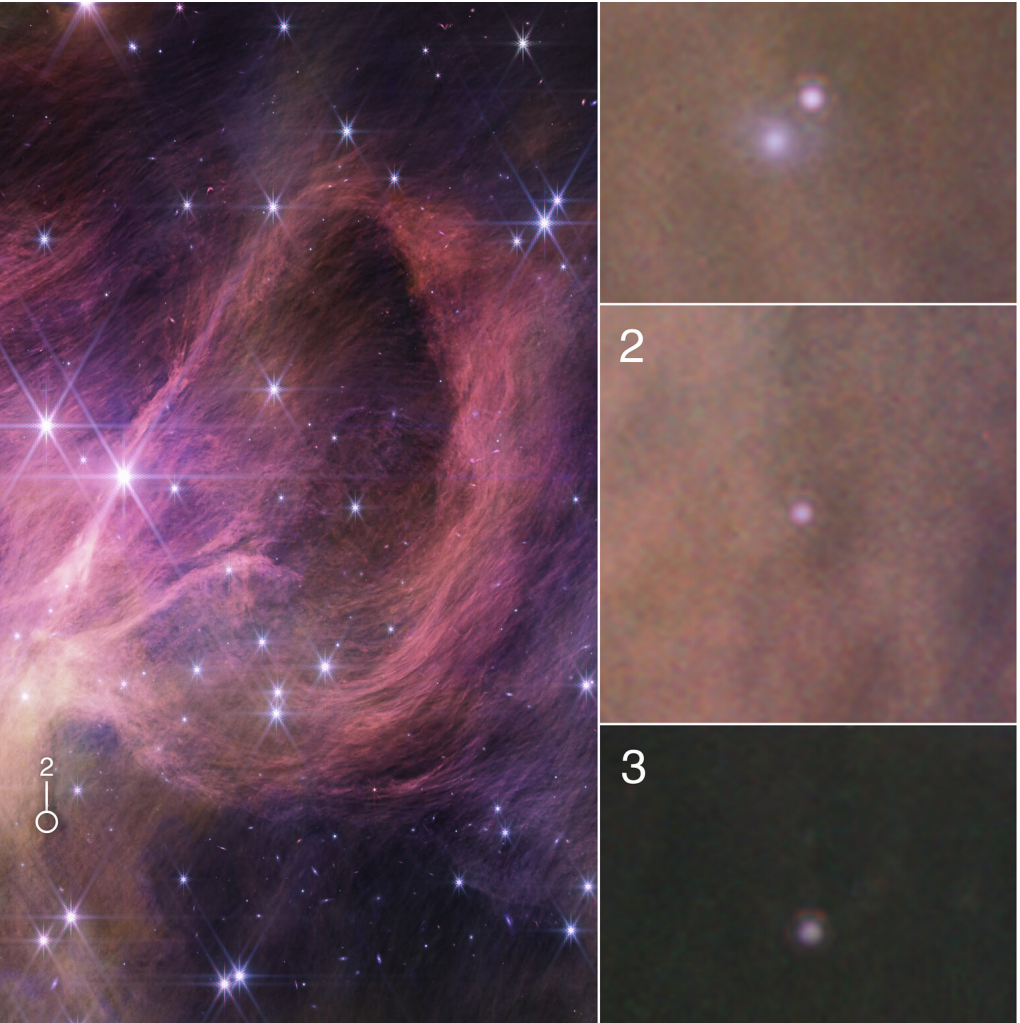
Deux des naines brunes identifiées lors de cette étude présentent la signature spectrale d'un hydrocarbure non identifié, une molécule contenant à la fois des atomes d'hydrogène et de carbone. La même signature infrarouge a été détectée par la mission Cassini dans les atmosphères de Saturne et de sa lune Titan. On l'a également observée dans le milieu interstellaire.

Étant donné que les objets se situent bien dans la gamme de masse des planètes géantes, cela soulève la question de savoir s'il s'agit bien de naines brunes ou de planètes éjectées de leur système. Les astronomes favorisent la première hypothèse.

Une planète géante éjectée est peu probable pour deux raisons. Premièrement, de telles planètes sont généralement rares par rapport aux planètes de masse plus petite. Deuxièmement, la



***Images NIRCam du centre d'IC 348 et des trois candidates naines brunes. (NASA, ESA, CSA, STScI, K. Luhman/Penn State U., C. Alves de Oliveira/ESA)***

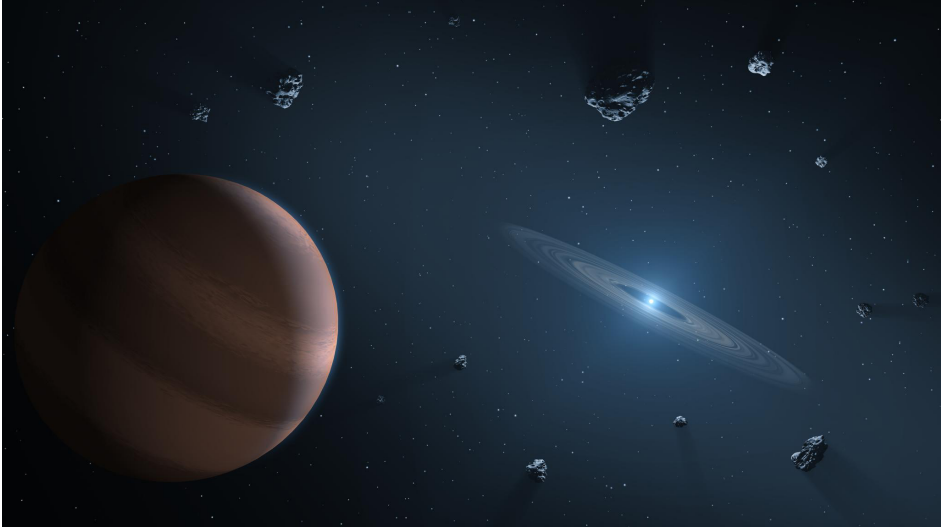


plupart des étoiles sont des étoiles de faible masse et les planètes géantes sont particulièrement rares parmi ces étoiles. En conséquence, il est peu probable que la plupart des étoiles dans IC 348 (qui sont des étoiles de faible masse) soient capables de produire des planètes aussi massives. De plus, comme l'amas n'a que cinq millions d'années, les planètes géantes n'ont probablement pas eu le temps de se former puis d'être éjectées de leur système.

La découverte d'autres objets de ce type contribuera à clarifier leur statut. Les théories suggèrent que les planètes isolées sont plus susceptibles d'être trouvées à la périphérie d'un amas d'étoiles, donc élargir la zone de recherche autour d'IC 348 permettrait d'en identifier d'autres.

Des recherches plus profondes pourraient facilement atteindre des objets de la masse de Jupiter.





## ***Planètes de naines blanches***

*Basé sur un communiqué AAS*

Si certaines étoiles finissent par exploser en supernovæ, la majorité d'entre elles terminent leur vie un peu plus tranquillement, envoyant leurs couches externes dans l'espace, et formant une nébuleuse planétaire. Au cœur de la nébuleuse se trouve le noyau effondré de l'étoile, une naine blanche contenant à peu près la masse du Soleil dans une sphère à peu près de la taille de la Terre. Cet objet est extrêmement chaud à sa naissance et il se refroidit lentement pendant des milliards d'années.

À mesure que les étoiles évoluent, partant de la séquence principale, puis au stade de géantes rouges puis à celui de naines blanches, il est clair que les planètes proches connaissent quelques avatars. Ainsi en devenant géante rouge, le Soleil gonflera jusqu'à atteindre plus de 200 fois son rayon actuel, engloutissant Mercure, Vénus, et peut-être la Terre.

Mais on ne sait pas exactement comment la transition affecte les planètes. Pour en savoir plus, il faut étudier les planètes qui ont survécu à la transformation, et des observations récentes avec le JWST pourraient avoir révélé deux planètes qui satisfont à ce critère.

***Illustration d'une exoplanète nuageuse et d'un disque de débris en orbite autour d'une naine blanche.***  
*(NASA/JPL-Caltech)*

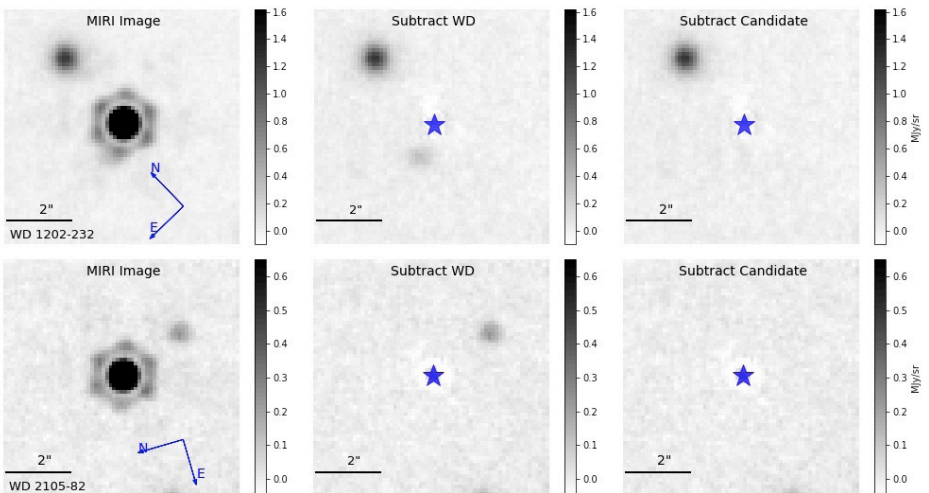
Seuls une poignée d'objets de masse planétaire ont été découverts autour de naines blanches, mais on pense qu'il en existe bien d'autres ; 25 à 50 % des naines blanches apparemment solitaires présentent des métaux dans leur spectre, ce qui suggère qu'elles collectent des déchets provenant de planètes ou d'astéroïdes invisibles. Si les planètes géantes sont communes autour de ces naines blanches « polluées par les métaux », cela suggère qu'elles sont capables de survivre à la phase géante rouge de leur étoile d'origine.

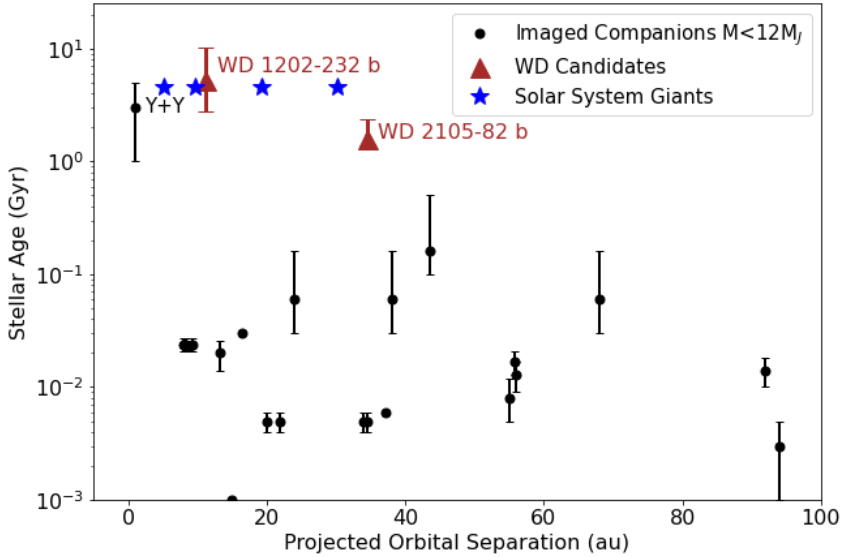
Les chercheurs ont pointé le JWST vers quatre naines blanches susceptibles d'héberger des planètes. En effet, il avait été démontré qu'elles contiennent des métaux dans leur atmosphère et sont suffisamment jeunes ou suffisamment proches pour que leurs planètes soient relativement brillantes. Il est immédiatement apparu aux astronomes qu'ils avaient trouvé ce qu'ils recherchaient : une planète géante autour de deux des quatre naines blanches.



*Une nébuleuse planétaire apparaît brièvement au cours du cycle de vie de la plupart des étoiles, y compris celles comme le Soleil. Les nébuleuses planétaires ont tendance à apparaître rondes ou elliptiques, mais elles peuvent avoir des formes très variées, comme NGC 5189 montrée ici.  
(NASA, ESA et Hubble Heritage Team STScI/AURA)*

*Les deux naines blanches et leurs planètes candidates. L'objet dans le coin supérieur gauche de la rangée supérieure est une galaxie.  
(Mullaly et al. 2024)*





Les observations montrent un objet rougeâtre près de deux des naines blanches. Si ces objets sont bien des planètes et ont le même âge que leurs naines blanches hôtes (âgées de 5,3 et 1,6 milliards d’années), elles ont probablement des masses de respectivement 1 à 7 et 1 à 2 masses joviennes. Elles gravitent à des distances estimées de 11 et 35 unités astronomiques (au), ce qui correspond à des distances orbitales de 5,3 au et 9,7 au lorsque leurs étoiles hôtes étaient sur la séquence principale – soit des valeurs semblables aux distances orbitales actuelles de Jupiter et Saturne.

Bien que les objets semblent être associés aux naines blanches, il n’est pas impossible qu’il s’agisse de petits objets d’avant-plan, appartenant au Système solaire, ou de galaxies lointaines et rougeâtres beaucoup plus lointaines. Les auteurs évaluent la probabilité que leurs détections soient de faux positifs à 1 sur 3 000.

*Comparaison des âges et des séparations orbitales des deux planètes candidates (triangles rouges), des quatre planètes géantes du Système solaire (étoiles bleues) et des objets de masse inférieure à 12 masses de Jupiter découverts précédemment par imagerie directe (cercles noirs). (Mullaly et al. 2024)*

Si les futures observations du JWST montrent que ces naines blanches et leurs compagnons planétaires candidats ont des mouvements propres liés, cela marquera la première détection par imagerie directe de planètes semblables à nos planètes géantes en termes d’âge, de masse et d’orbite. De plus, cela fournira la preuve que des planètes peuvent survivre à leurs étoiles hôtes qui se transforment en géantes rouges, et que les planètes géantes autour des naines blanches sont très communes et permettent à leurs hôtes de se gaver de matériaux riches en métaux.