

Respire, respire. Je me répète ces mots comme un mantra. À 5 600 mètres d'altitude, au sommet du Cerro Toco, mon corps peine à trouver assez d'oxygène, et je dois me concentrer pour faire entrer assez d'air dans mes poumons. Ce stratovolcan surplombe le plateau de Chajnantor, au Chili, où est installé *Alma* (*Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*), l'un des plus grands réseaux de radiotélescopes du monde. Entre l'atmosphère ténue et la terre rouge et dénuée de végétation de la montagne, j'ai l'impression d'être sur Mars. Mes collègues et moi avons entrepris cette ascension pour tester les conditions atmosphériques sur le Cerro Toco. L'objectif est de s'assurer que les conditions y sont assez bonnes pour y construire un télescope infrarouge et réaliser des découvertes passionnantes.

L'astronomie infrarouge offre une vision fascinante de l'Univers. C'est dans cette gamme du spectre électromagnétique, trop rouge pour que l'œil humain puisse la voir, que se cachent les naines brunes, les objets que j'étudie depuis vingt ans. Quand j'étais à l'université, au début des années 2000, les naines brunes n'avaient été découvertes que depuis peu et de nombreuses questions fascinantes se posaient sur leur origine et leurs caractéristiques. Ces étranges objets, à la frontière entre étoiles et planètes d'après leurs gammes de températures et de masses, ont fini par me captiver. En plus d'être intéressantes pour elles-mêmes, les naines brunes offrent des passerelles pour mieux comprendre certains aspects des étoiles et des planètes.

Je suis arrivée à une époque qui marque un tournant dans ce domaine. Nous commençons à avoir un peu de recul sur ces objets pour saisir les processus physiques qui y sont à l'œuvre. Et en même temps, de nouveaux outils d'observation très puissants sont à notre disposition pour enrichir notre catalogue de naines brunes, explorer leur atmosphère (par exemple pour y estimer la vitesse des vents), ou essayer de déterminer si des planètes gravitent autour de ces objets.

DES OBJETS INTERMÉDIAIRES

La plupart des étoiles sont alimentées par la fusion de l'hydrogène en hélium, un processus très stable qui permet à ces astres de brûler à température constante et à la même luminosité pendant des milliards d'années. Mais si la masse d'une étoile en devenir est inférieure à 8 % de celle du Soleil (soit 80 fois la masse de Jupiter), l'astre n'atteint pas les conditions de température ou de pression assez élevées pour soutenir la fusion de l'hydrogène. On obtient alors une naine brune.

En 2017, Koraljka Mužić, de l'université de Lisbonne, et ses collègues ont indiqué que les

naines brunes sont presque aussi communes que les étoiles et qu'on les trouve à peu près dans tous les environnements. Des naines brunes ont été détectées dans des pouponnières stellaires, aux côtés de jeunes protoétoiles. Elles ont également été observées dans des systèmes binaires, appariées à des naines blanches. Ces naines brunes ont donc survécu à l'engloutissement par leur partenaire lors de la phase de géante rouge volumineuse qui a précédé le stade de naine blanche (le Soleil est une naine jaune, qui gonflera en géante rouge dans cinq milliards d'années jusqu'à environ l'orbite de la Terre, avant de devenir une petite naine blanche). Même certains des systèmes les plus proches du Soleil contiennent des naines brunes. C'est le cas du troisième système le plus proche, Luhman-16, et du quatrième, WISE 0855-0714, situés respectivement à 6,5 et 7,3 années-lumière (les deux premiers systèmes les plus proches de nous sont Alpha du Centaure et l'étoile de Barnard). Et pourtant, malgré leur omniprésence, la plupart des gens n'ont jamais entendu parler de ces objets.

Bien qu'elles ne réalisent pas la fusion de l'hydrogène, les naines brunes présentent une émission thermique due à la chaleur accumulée lors de leur formation. Après leur naissance, leur

COMMENT CLASSER LES NAINES BRUNES

Les naines brunes sont des objets avec une masse comprise entre celle des planètes et des étoiles. Pour définir cette famille intermédiaire, les astrophysiciens s'appuient sur les conditions nécessaires pour obtenir la fusion de différents éléments.

La fusion de l'hydrogène est possible dans des objets d'une masse supérieure à 80 fois la masse de Jupiter. Ce seuil définit la limite entre les naines brunes et les étoiles. Les objets plus massifs, les étoiles, sont assez chauds pour produire cette réaction, et ceux en dessous de cette limite n'atteignent pas les températures nécessaires pour l'amorcer.

Au-dessus de 13 fois la masse de Jupiter, la fusion du deutérium est possible. Cette limite a été choisie pour fixer la frontière entre les planètes et les naines brunes, par symétrie avec la limite supérieure entre naines brunes et étoiles. Ainsi, par définition, toutes les naines brunes (excepté les naines brunes de masse planétaire qui remettent en question cette définition) brûlent du deutérium.

Ces deux limites ne sont pas strictes en termes de masse : un objet juste au-dessus de 13 fois la masse de Jupiter brûlera une grande part de son deutérium, mais deviendra au bout d'un certain temps trop froid pour brûler l'intégralité de ses réserves. Et un objet juste en dessous de la limite brûlera une petite partie du deutérium au début de sa vie. Par ailleurs, ce seuil et celui entre les naines brunes et les étoiles peut aussi varier avec différents facteurs, telle la métallicité de l'objet (sa composition en éléments plus lourds que l'hélium).

La limite pour la fusion du lithium, quant à elle, se situe à environ 65 fois la masse de Jupiter. Les étoiles et les naines brunes les plus massives sont capables de brûler leur lithium (typiquement en quelques centaines de millions d'années pour une naine brune juste à cette frontière), mais les naines brunes en dessous de cette masse critique conservent leurs réserves de lithium. Le fameux « test du lithium », qui repose sur la détection de cet élément pour confirmer la nature sous-stellaire de candidates naines brunes, ne fonctionne donc que pour les naines brunes de moins de 65 fois la masse de Jupiter, et au-delà d'un certain âge (car une naine brune plus massive mais encore jeune n'aura pas encore épuisé ses réserves).

CLÉMENCE FONTANIVE
Université de Berne