

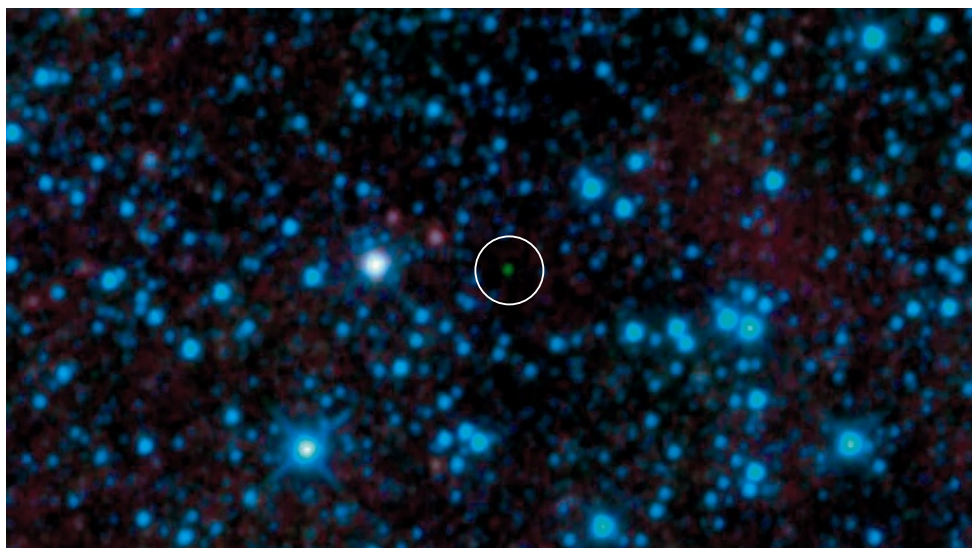
température est assez élevée, de l'ordre de 2800°C. Au cours des milliards d'années suivantes, les naines brunes se refroidissent et émettent de moins en moins de rayonnement. Elles ne meurent jamais vraiment : elles passent l'éternité à se refroidir et à s'assombrir. La naine brune la plus froide connue à ce jour présente une température inférieure au point de congélation de l'eau. Parce qu'elles sont si froides, la plupart de la lumière qu'elles émettent est dans l'infrarouge. Elles sont beaucoup trop pâles pour être vues par l'œil humain dans le ciel nocturne, mais si nous pouvions les observer de près, elles auraient probablement une couleur terne rouge orange ou magenta.

Nous avons aujourd'hui une bonne idée de leurs caractéristiques principales. Comme le Soleil, les naines brunes sont essentiellement composées d'hydrogène. Mais la température dans leur atmosphère supérieure est assez basse pour que diverses molécules s'y forment sans être aussitôt détruites. Par exemple, des traces de vapeur d'eau ont été observées dans presque toutes les naines brunes.

Quand ces astres se refroidissent davantage, leur chimie atmosphérique change. Différentes molécules et nuages deviennent prédominants. L'évolution d'une naine brune dépend de sa masse et de son âge. Pendant ses 100 premiers millions d'années, une naine brune 40 fois plus massive que Jupiter, par exemple, aura une composition atmosphérique similaire à celle d'une naine rouge (une classe d'étoiles de masse inférieure au Soleil), avec de l'oxyde de titane et du monoxyde de carbone. Ensuite, entre 100 millions et 500 millions d'années, des nuages de poussière riches en silicates (enstatite, quartz, etc.) se forment. Environ 1 milliard d'années après cela, les nuages se disloquent et s'enfoncent dans les profondeurs de la naine brune. Le méthane devient l'espèce moléculaire dominante dans la haute atmosphère. La naine brune la plus froide connue montre des signes de la présence de nuages de glace d'eau, ainsi que de vapeur d'eau et de méthane. Nous nous attendons à ce que son atmosphère contienne des quantités importantes d'ammoniac, comme observé sur Jupiter.

Au-delà de ces grandes lignes, de nombreux aspects des naines brunes restent encore mal compris. Le caractère mystérieux de ces objets a inspiré des hypothèses étonnantes. Par exemple, les naines brunes ont été proposées comme candidates à la matière noire (cette composante de l'Univers cinq fois plus abondante que la matière ordinaire, mais de nature inconnue). Une idée vite abandonnée quand il est devenu clair que la contribution des naines brunes à la masse totale de la Voie lactée est bien trop faible.

Les scientifiques ont prédit l'existence des naines brunes dans les années 1960 en se fondant sur leurs connaissances de la formation



des étoiles et des planètes. Mais à l'époque, cette catégorie intermédiaire échappait à toute détection. Les techniques d'observation dans l'infrarouge, balbutiantes, n'étaient pas encore assez sensibles. Puis, en 1995, la première naine brune, Teide 1, a finalement été identifiée dans le célèbre amas d'étoiles des Pléiades. Les astronomes Rafael Rebolo López, María Rosa Zapatero-Osorio et Eduardo Martín l'ont repérée sur des images dans le visible du télescope de 80 centimètres de l'observatoire de Teide, aux Canaries. L'objet était jeune et brillait encore assez fort grâce à la chaleur accumulée lors de sa formation. L'équipe a détecté la signature de plusieurs éléments dans son atmosphère, dont le lithium. Or la température dans le cœur des étoiles est assez élevée pour détruire le lithium présent. Cette étonnante découverte prouvait que la fusion nucléaire du lithium ne se produisait pas dans Teide 1.

LES PREMIÈRES NAINES BRUNES

Deux mois plus tard, grâce à des observations dans l'infrarouge à l'observatoire du mont Palomar, Tadamasa Nakajima, de Caltech (l'institut de technologie de Californie), et ses collègues ont annoncé la détection d'une deuxième naine brune, Gliese 229B, la partenaire d'une étoile. En analysant leurs données, ils ont immédiatement compris que cet objet était étrange. Il avait une couleur inhabituelle et semblait contenir du méthane dans son atmosphère. Cette molécule très réactive se transforme en monoxyde de carbone si la température est élevée. L'objet devait donc être froid. Des observations complémentaires ont révélé que Gliese 229B est de la même taille environ que Jupiter, avec un diamètre de près de 129 000 kilomètres, mais beaucoup plus dense : elle est en effet environ 70 fois plus massive.

En 2000, quand j'ai commencé mes études supérieures, le catalogue de naines brunes s'était

Les naines brunes se refroidissent progressivement. Sur cette image du télescope spatial WISE en fausses couleurs (le spectre infrarouge est décalé vers les couleurs du visible), la naine brune WISE 1828+2650 apparaît en vert (dans le cercle) car sa température est exceptionnellement basse, entre - 20 °C et 120 °C.

AU PAYS DES NAINES BRUNES

Très nombreuses dans l'Univers, les naines brunes sont de petits objets sombres et compacts qui partagent certaines similarités avec les étoiles et les planètes. Avec une masse comprise entre 13 et 80 fois celle de Jupiter, elles constituent une famille à part entière. Des découvertes récentes ont précisé les processus de leur formation ou encore la composition de leur atmosphère.

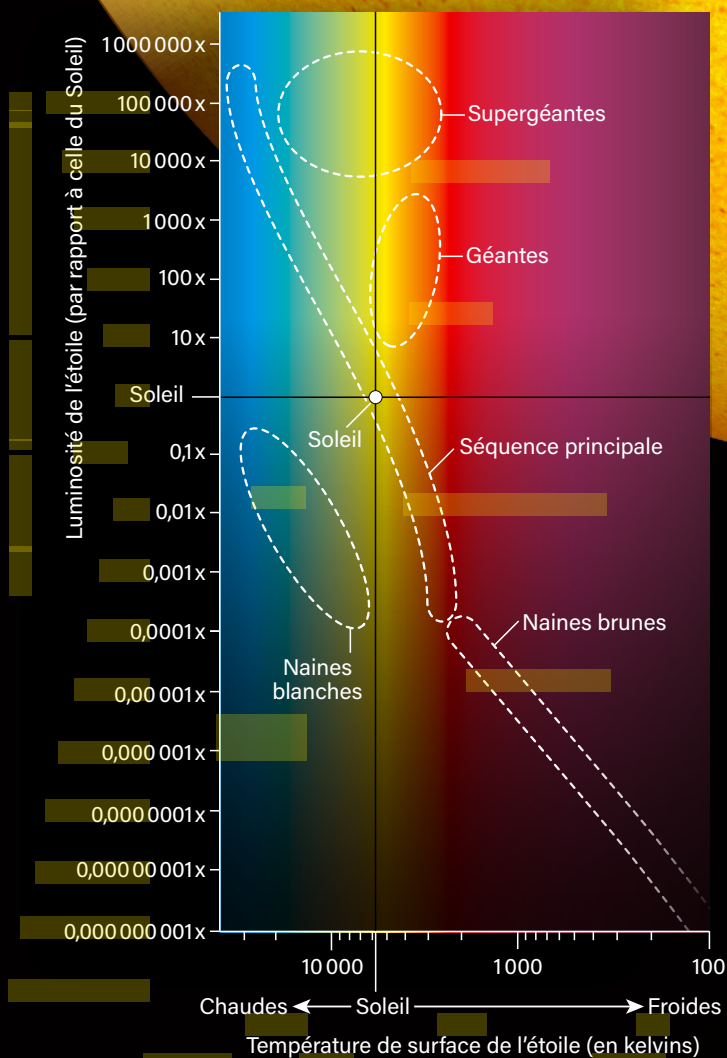


Diagramme H-R

Cette figure représente la température des étoiles en fonction de leur luminosité. Elle est connue sous le nom de « diagramme de Hertzsprung-Russell » (H-R). Les astronomes l'utilisent pour classer les étoiles. Les naines brunes se retrouvent en bas à droite, des objets plus froids et plus sombres que toutes les autres étoiles.

Soleil Naine jaune

Rayon : 696 000 kilomètres
Masse : 1050 fois la masse de Jupiter

Proxima du Centaure Naine rouge

Rayon : 107 000 kilomètres
Masse : 130 fois la masse de Jupiter

PSO J318.5-22 Naine brune

(classe spectrale L)
Rayon : 105 000 kilomètres
Masse : 8,3 fois la masse de Jupiter

WISE 0855 Naine brune

(classe spectrale Y)
Rayon : 72 000 kilomètres
Masse : 3 à 10 fois la masse de Jupiter

Jupiter Planète géante gazeuse

Rayon : 71 500 kilomètres