

La plus faible naine brune "à méthane" découverte à l'ESO

Lucette Bottinelli

Une équipe d'astronomes européens vient de mettre en évidence un objet froid extrêmement faible dans l'espace interstellaire, situé bien au-dessus du plan galactique. Il s'agit d'une étoile naine brune "à méthane", la plus lointaine détectée à ce jour, dans cette catégorie d'objets encore peu connus.

Que sont les naines brunes ?

Il s'agit d'objets stellaires inertes dont la masse, bien que supérieure à celle des planètes, est trop faible pour permettre le démarrage des réactions de fusion thermonucléaire des protons qui est la source de l'énergie rayonnée par les étoiles au moment de leur naissance. Cependant ces naines brunes s'échauffent au cours de la phase de contraction gravitationnelle qui conduit à leur formation et elles rayonnent ensuite cette énergie vers l'extérieur en se refroidissant progressivement.

En fait, il s'agit là véritablement d'étoiles ratées. La théorie de la formation des étoiles par contraction gravitationnelle d'un nuage de gaz interstellaire assez dense pour s'écrouler sur lui-même, prévoit trois types d'évolution suivant la masse du nuage en contraction (la composition chimique intervient également mais influe peu sur les valeurs des masses données ci-après) : si la masse du nuage est inférieure à environ 3 millièmes de la masse du Soleil, une planète sera formée et si la masse est supérieure à environ 8 centièmes de la masse du Soleil, c'est une étoile qui sera formée ; la situation intermédiaire est celle où se forme une structure stable appelée "naine brune" dont l'équilibre est assuré parce que le gaz d'électrons du nuage contracté a atteint un état dégénéré qui le rend incompressible, à une température inférieure au seuil (dix millions de degrés envi-

ron) nécessaire pour permettre l'enclenchement de la fusion thermonucléaire. Les naines brunes de la classe dite "à méthane" font partie des naines brunes les plus froides détectées à ce jour, avec une température superficielle voisine de 1 000 K, ce qui est environ 1 000 degrés plus froid que les étoiles classiques les plus froides.

Le programme "champ profond" du NTT.

Le nouvel objet détecté, a été nommé provisoirement NTTDF J1205-0744 car il a été découvert, au cours d'un programme d'observations avec le télescope NTT (New Technology Telescope) consacré à explorer en profondeur (on parle alors de champ profond ou "Deep Field") une région angulairement restreinte en direction de la constellation de la Vierge, juste en-dessous de l'équateur céleste, à la position indiquée par les valeurs numériques (coordonnées équatoriales) et en particulier dans la bande infrarouge J. Il était assez inattendu de découvrir un objet aussi rare en explorant une région aussi peu étendue sur le ciel.

La longue série de clichés d'un champ restreint de Virgo réalisée depuis 1997 avec le télescope NTT de 3,58 m de l'ESO à La Silla au Chili, avait pour but de mesurer et de tester les performances limites de deux instruments de ce télescope : SUSI (SUPERB-Seeing Imager) dans la

partie visible du spectre (longueur d'onde de 0,35 à 1 μm) et SOFI (Son OF Isaac, cf ci-après ce qu'est Isaac) dans l'infrarouge proche (1,0 à 2,5 μm).

La zone du ciel observée s'étend sur seulement 2,3 x 2,3 minutes de degré et constitue la cible du champ profond du NTT. Elle a été étudiée en grand détail, en particulier pour identifier des galaxies très lointaines et réaliser ensuite leur suivi spectroscopique avec le premier télescope de 8,2 m du VLT (Very Large Telescope, équipé des instruments spectroscopiques FORS1 et ISAAC dont il a été question dans le numéro 85 des CC). Des galaxies aussi lointaines présentent un fort décalage spectral, à cause de la loi d'expansion de Hubble ; elles sont donc détectées préférentiellement à partir de clichés pris dans le visible et l'infrarouge.

Découverte d'un objet extrêmement infrarouge.

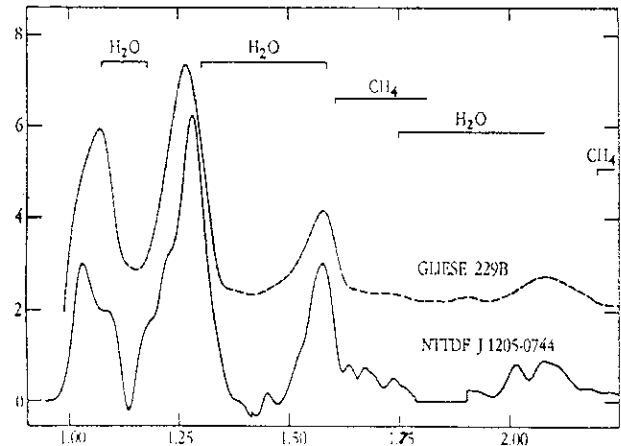
Les astronomes notèrent au milieu d'un cliché de 1,3 x 1,3 minutes de degré, un objet stellaire de couleur extrême. Alors que l'objet apparaît bien clairement sur les clichés infrarouges à 1,25 μm (bande J) et à 2,2 μm (bande K), il n'apparaît pas dans la région spectrale du visible, ni même à 0,8 μm (bande i). Les magnitudes apparentes J et K valent respectivement 20,2 et 20,3 et l'indice de couleur $i - J$ (différence des magnitudes apparentes en i et J) est supérieur à 6 magnitudes. Or, on ne connaît aucun objet classique ayant de telles couleurs. Il ne pouvait y avoir que deux possibilités. Ou bien il s'agissait d'un quasar extrêmement distant (avec un décalage spectral relatif $z = 8$) à la limite de l'Univers observable, ou bien ce devait être un objet très froid relativement proche faisant partie de notre Galaxie. Ce sont les observations spectrales dans l'infrarouge qui ont permis de résoudre la question.

Les observations spectroscopiques de NTTDF J1205-0744.

Les spectres dans l'infrarouge ont été obtenus d'une part avec le NTT (et l'instrument SOFI) et d'autre part avec le premier télescope du VLT (et l'instrument ISAAC). En combinant les données obtenues sur les deux sites, on obtient un spectre dominé par des raies moléculaires en absorption, en particulier celles du méthane (CH_4) et de l'eau (H_2O) ; ces caractéristiques sont tout à fait similaires à celles de l'objet Gliese 229B qui est le prototype des naines brunes à méthane (classe stellaire T), découvert il y a quelques années et situé à une distance de 19 années de lumière environ. On peut constater cette similarité sur la figure ci-après publiée par l'ESO. L'intensité relative du spectre est représentée en ordonnée en fonction de la longueur d'onde en abscisse (en μm) dans le domaine infrarouge exploré. Les deux spectres, celui de Gliese 229B (en pointillé) et celui de NTTDF J1205-0744 (en trait plein) ont été mis en regard suivant le même axe gradué en longueur d'onde au repos. La structure des raies d'absorption moléculaires identifiées pour Gliese 229B (CH_4 et H_2O), se retrouve de manière frappante dans le spectre obtenu ici.

Cependant, au contraire de Gliese 229B, NTTDF J1205-0744 ne fait pas partie d'un système binaire. Son éclat apparent est aussi beaucoup plus faible - de 5 à 6 ma-

gnitudes (c'est-à-dire environ un facteur 250 en éclat) - que les objets similaires découverts récemment, lors de sondages à grands champs ; cela implique que la nouvelle naine brune est considérablement plus éloignée.



Les propriétés de NTTDF J1205-0744.

Sa distance est en effet, d'environ 300 années de lumière (90 parsecs) et elle est située à 240 a.l. (75 parsecs) au-dessus du plan galactique. Sa masse est probablement 20 à 50 fois celle de Jupiter, soit moins de 5% de celle du Soleil. Sa température d'environ 1 000 K, suggère un âge de 0,5 à 1 milliard d'années. En l'absence de source d'énergie en son centre, au contraire des véritables étoiles, elle est condamnée à se refroidir lentement et à avoir une luminosité de plus en plus faible pour tendre à devenir une naine noire, sur une échelle de temps de dizaines de milliards d'années.

Quelle est la population en naines brunes ?

Toute évaluation statistique du nombre de ces naines brunes de classe T dans notre Galaxie est incertaine car peu ont été observées jusqu'à présent. Une estimation plausible conduit à environ un tel objet en moyenne dans un volume cubique de 3 500 a.l. de côté.

Un aspect surprenant de la découverte de NTTDF J1205-0744 est que l'objet a été trouvé dans une région du ciel de faible couverture angulaire et qui avait été sélectionnée comme étant aussi vide que possible en vue de faciliter la détection des galaxies très lointaines. Avec l'estimation de densité moyenne donnée plus haut, la chance de trouver un tel objet aurait été de seulement 1% environ.

Une stratégie de recherche de tels objets faibles, fondée comme ici, sur la combinaison de données optiques et infrarouges obtenues avec de grands télescopes équipés d'instruments très performants, devrait être particulièrement efficace. Il est maintenant de grand intérêt de tester si cette première découverte a été simplement un coup de chance ou si la densité spatiale de ces objets extrêmes est en fait beaucoup plus élevée que ce que l'on attendait. Ceci est important en particulier, parce que ces naines brunes, si leur population était importante, pourraient contribuer de manière significative à la masse cachée de l'Univers. ■