

Les nébuleuses récalcitrantes

Quand les champs magnétiques fossiles protègent l'hélium des étoiles mourantes

Contrairement à la majorité de leurs consœurs, certaines nébuleuses planétaires rares préservent l'hélium³ qu'elles ont fabriqué dans leur jeunesse. Corinne Charbonnel, Maître d'Enseignement et de Recherche à l'UNIGE et chercheuse au CNRS, et Jean-Paul Zahn, Astronome à l'Observatoire de Paris, suggèrent que cette particularité est due au champ magnétique fossile de ces étoiles. Cette nouvelle hypothèse réconcilie évolution stellaire et évolution chimique de la Galaxie.

Cette équipe franco-suisse a déjà proposé une explication à l'évolution de l'hélium³ dans la Galaxie. Fruit de la nucléosynthèse qui s'est produite au cours du Big Bang, cet isotope non radioactif de l'hélium est aussi produit par les réactions nucléaires qui ont lieu au cœur des étoiles de faible masse comme notre Soleil. En conséquence, les modèles classiques d'évolution chimique de la Galaxie prédisent que la quantité d'hélium³ aurait dû fortement augmenter depuis les origines. Or, il n'en est rien : « on ne décèle aujourd'hui pas plus d'hélium³ qu'au moment du Big Bang », explique Corinne Charbonnel. « Nous suggérons que l'hélium³ est bien produit par les étoiles comme notre soleil, comme le prédit la physique nucléaire. Mais quand les étoiles deviennent géantes elles détruisent cet élément et ne peuvent donc pas le rejeter dans la matière interstellaire ». Selon les deux spécialistes, c'est le mélange thermohaline qui conduit à la destruction de l'hélium³ dans les étoiles géantes et qui stabilise sa concentration au cours du temps dans la Galaxie.

Le phénomène de mélange thermohaline est bien connu au laboratoire et en océanographie sous le nom « d'instabilité de doigts de sel » : il conduit à la circulation permanente à grande échelle de l'eau des océans engendrée par des écarts de température et de salinité des masses d'eau ; cette circulation thermohaline joue un rôle climatique important sur la Terre. La même instabilité se produit dans les étoiles évoluées, quand la combustion de l'hydrogène est achevée au centre, et qu'elle se poursuit dans une mince couche à la périphérie du cœur de l'étoile : c'est alors l'hélium³ qui joue le rôle du sel. Dès que cette instabilité se déclenche, tout l'hélium³ produit par l'étoile dans les phases antérieures de son évolution est détruit. Corinne Charbonnel et Jean-Paul Zahn se sont cette fois penchés sur des observations récalcitrantes à ces explications : les éjecta de deux étoiles évoluées, les nébuleuses planétaires NGC3242 et J320, qui présentent de l'hélium³ en abondance et semblent donc avoir échappé au processus thermohaline. D'après ces chercheurs c'est un champ magnétique fossile qui inhibe le mélange thermohaline dans une petite fraction des étoiles évoluées de faible masse. Ces étoiles seraient les descendantes des étoiles Ap, étoiles dites « chimiquement particulières » dont l'intensité du champ magnétique est très supérieure à celle du soleil.

Référence : **Corinne Charbonnel** & J.-P. Zahn (2007) *Astronomy & Astrophysics*, 476, L29



Image HST de la Nébuleuse Planétaire NGC 3242, qui rejette de l'hélium³ en grande quantité dans la matière interstellaire. Cet objet renfermerait un champ magnétique intense. Crédits : B. Balick, HST/NASA/ESA).