

KEPLER ET CoRoT ÉTUDIENT LES GÉANTES ROUGES

Ann C. Vandaele

Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique

Deux satellites, CoRoT (CNES) et Kepler (NASA), scrutent actuellement des milliers d'étoiles à la recherche notamment d'exoplanètes. Mais leurs observations peuvent également apporter de nouvelles informations sur l'intérieur et l'âge des étoiles, en particulier des géantes rouges.

Avec les données des satellites Kepler de la Nasa et CoRoT du CNES, les astrophysiciens accèdent aujourd'hui directement au cœur de ces étoiles. Les chercheurs ont utilisé la sismologie stellaire, qui consiste à analyser les très faibles variations de luminosité d'une étoile, qui traduisent les oscillations de sa structure. Ils ont pu distinguer où se situent les réactions de fusion nucléaire, selon les cas au cœur même de l'étoile ou dans des couches plus externes.

Les géantes rouges représentent un stade avancé de l'évolution d'une étoile. Au bout de plusieurs milliards d'années d'existence d'une étoile telle que le Soleil, l'hydrogène a été totalement brûlé au centre. Les réactions nucléaires de fusion se déplacent alors vers les couches plus extérieures. L'étoile enfle, devient géante et rouge car l'enveloppe stellaire se refroidit en se dilatant. En même temps, les régions centrales privées de source d'énergie se contractent. Lorsque le cœur de l'étoile devient suffisamment dense, l'hélium qu'il contient peut à son tour entrer en fusion. Jusqu'ici aucun moyen ne permettait de distinguer ces deux étapes très différentes de la vie d'une étoile car, de l'extérieur, elles ne montrent pas de différence notable.

De gigantesques quantités d'énergie sont produites au centre de l'étoile, qui sont évacuées par convection vers les couches externes. Ce processus génère des ondes qui parcourent en permanence l'étoile, selon des modes propres ou fréquences propres. Différents types d'ondes se propagent dans l'étoile, en particulier les modes de gravité qui sont des ondes de basse fréquence dont la force de rappel est la poussée d'Archimède et qui sont confinés en profondeur dans la zone radiative comme dans une cavité résonnante (bien qu'une petite partie de leur énergie parvient à quitter cette zone sous forme d'ondes évanescentes). Par contre, les modes acoustiques correspondent aux ondes dont la force de rappel principale est la pression. Les caractéristiques de ces ondes ainsi que la façon dont elles peuvent interagir dépendent de la structure interne de l'étoile. Lorsque ces ondes atteignent la surface, elles provoquent d'infimes oscillations de la luminosité de l'étoile. L'étude de ces infimes variations de luminosité permet donc d'avoir accès indirectement à l'intérieur de l'étoile et permet de distinguer les deux groupes de géantes rouges. Dans le Soleil,

ce couplage entre une oscillation acoustique et une oscillation de gravité est beaucoup moins efficace, c'est pourquoi la détection des modes de gravité solaire est extrêmement difficile.

C'est en utilisant les données obtenues sur des milliers de géantes rouges pendant de longs mois et en passant au crible les différentes variations périodiques de la lumière des étoiles, que les scientifiques ont pu distinguer celles qui concernent essentiellement les couches externes (les ondes acoustiques) de celles qui sondent directement le cœur de l'étoile (les ondes de gravité). Pour une même période caractéristique des ondes acoustiques, c'est-à-dire pour une même structuration des couches externes, et donc un même aspect (luminosité, température effective) observé depuis la Terre, une étoile qui brûle l'hélium de son cœur présente une période caractéristique des modes gravité bien plus grande (voir Figure 1).

Références

Bedding T. et al., Gravity modes as a way to distinguish between hydrogen- and helium-burning red giant stars, *Nature* du 31 mars 2011

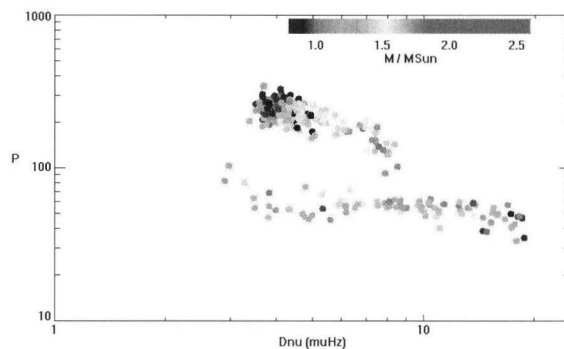


Figure 1 : Représentation de la période P (en s) des modes de gravité en fonction de la période des modes de pression, pour plus de 500 géantes rouges observées par Kepler. Les 2 régions du diagramme correspondent aux 2 états d'évolution des géantes : celles brûlant l'hélium présentent une plus forte période P . La couleur code l'estimation de la masse de la géante.