

<https://www.observatoiredeparis.psl.eu/perte-de-masse-la-recette-des-etoiles-geantes.html>



Perte de masse : la recette des étoiles géantes



Date de mise en ligne : samedi 1er octobre 2011

Observatoire de Paris - PSL Centre de recherche en astronomie et
astrophysique

L'étude sismique des géantes rouges continue de nous surprendre. Dans la suite directe des travaux présentés en Mars dernier sur l'âge des géantes rouges, il est apparu que l'on peut mesurer les masses et rayons suffisamment précisément pour mettre en évidence la perte de masse au sommet de la branche des géantes rouges. C'est ce que publie une équipe d'astronomes, dont plusieurs de l'Observatoire de Paris, en utilisant les résultats des satellites CoRoT et Kepler.

Les paramètres fondamentaux des étoiles, tels la masse et le rayon, sont complexes à mesurer, et pourtant indispensables pour modéliser et comprendre ces objets. Déterminer précisément la masse d'une étoile résultait jusqu'à présent, dans la plupart des cas, de l'observation d'un système double et nécessite que la distance du système soit parfaitement connue, ce qui reste le plus souvent une gageure. Avec les mesures astérosismiques des satellites CoRoT et Kepler, un nouvel outil pour estimer les masses et rayons stellaires devient facilement accessible indépendamment de toute mesure de distance. De plus, la perte de masse des géantes rouges est clairement mise en évidence. Comme l'ont raconté de précédentes brèves, deux satellites, CoRoT (CNES) et Kepler (NASA), scrutent actuellement des milliers d'étoiles à la recherche d'exoplanètes et à l'écoute des oscillations stellaires. Ces oscillations, le plus souvent très ténues, nous racontent ce qu'elles voient à l'intérieur des étoiles. Les ondes que détectent les sismologues ont traversé l'intérieur stellaire de part en part, et leurs fréquence propres portent la signature du profil de masse volumique moyenne et de ses différentes caractéristiques, que nul autre moyen ne permet de sonder. L'excitation des modes dépend quant à elle des propriétés de surface, et principalement du champ gravitationnel. On comprend donc qu'avec les mesures indépendantes de la masse volumique moyenne (M/R^3) et du champ gravitationnel (proportionnel à M/R^2), on puisse obtenir les masse M et rayon R stellaires.

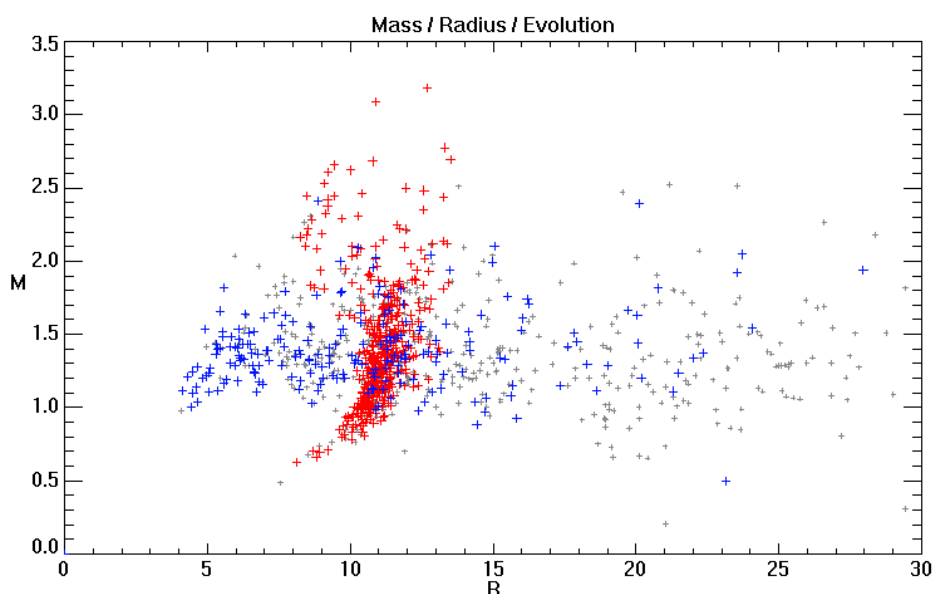


Figure 1 : Rayon et masse d'un million d'étoiles géantes rouges observées par le satellite Kepler avec une précision relative de l'ordre de 5% pour le rayon et 10% sur la masse. En évoluant, les étoiles de la branche des géantes (en bleu) parcourent le diagramme des petits vers les grands rayons. La retombée sur le clump (rouge) est brutale après démarrage de la fusion de l'hélium. En gris : géantes pour lesquelles le stade d'évolution reste incertain. Cliquer sur l'image pour l'agrandir

La détermination du stade d'évolution des géantes à partir de leurs oscillations met en évidence la perte de masse de ces étoiles (Fig 1). Les étoiles de la branche des géantes, qui brûlent l'hydrogène en couche autour d'un noyau d'hélium pur, sont à la recherche d'un état d'équilibre, si bien que leur coeur d'hélium se contracte et leur enveloppe s'accroît. Les mesures astérosismiques indiquent que la plupart de ces étoiles ont une masse comprise en 1 et 2 fois la masse du Soleil (M_{\odot}). Moins massives, elles sont très peu nombreuses à avoir eu le temps d'évoluer vers le stade des géantes. Plus massives, leur évolution très rapide rend leur observation peu probable. Au sommet de la branche des géantes, la densité du coeur est devenue suffisamment forte pour démarrer la fusion de l'hélium. Pour une étoile de faible masse (environ inférieure à $1.8 M_{\odot}$), cette réaction démarre très brutalement, et l'étoile redescend dans le diagramme HR pour se retrouver avec un rayon de 10 à 12 rayons solaires, à l'équilibre grâce à la fusion de l'hélium central. On s'aperçoit que cet état comprend des étoiles de masse aussi faible que $0.65 M_{\odot}$, absentes lors de la montée de la branche des géantes. Nécessairement, au sommet de celle-ci, ces géantes à l'enveloppe externe très peu dense ont connu un fort épisode de vent stellaire, soufflant les couches externes, et d'autant plus fort que la masse totale de l'étoile est petite. Ce phénomène est connu, mais imprécisément modélisé. On aperçoit aussi que ces étoiles qui brûlent leur hélium central suivent, jusqu'à $1.8 M_{\odot}$, une relation masse-rayon bien précise. Le flash de réaction d'hélium les a positionnées dans des états très semblables, dépendant uniquement de la masse résiduelle, où elles ont oublié leurs origines différentes. On découvre enfin des étoiles brûlant l'hélium de masse supérieure à $1.8 M_{\odot}$. Celles-ci, invisibles lors de la montée de la branche des géantes, car évoluant trop rapidement, sont observables dans leur nouvel état d'équilibre car elles y passent bien plus de temps. Leur plus forte masse leur a assuré un coeur non dégénéré, si bien que l'allumage de l'hélium a eu lieu dans des conditions différentes pour chacune d'entre elles : contrairement aux étoiles de plus faible masse, la relation masse-rayon est bien plus dispersée. Ces observations ont été menées par CoRoT et confirmées par Kepler. La moisson sismique avec ces satellites continue. Par les nouvelles observables sismiques, c'est toute la physique stellaire qui est profondément renouvelée.

- Mission CoRoT (Convection, Rotations et Transits planétaires) du CNES
- Mission Kepler de la NASA

Mosser et al. 2011 Characterization of the power excess of solar-like oscillations in red giants with Kepler
Mosser et al. 2011 Mixed modes in red-giant stars observed with CoRoT