

Soutenance de thèse du Service d'Astrophysique

Ondes internes de gravité dans les étoiles de type solaire

Excitation, Propagation et transport de moment cinétique

Lucie ALVAN

SAP/LDEE

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



Vendredi 26 septembre – 10h30

Salle Galilée – bât 713

Ondes internes de gravité dans les étoiles de type solaire

Cette thèse traite des ondes internes de gravité et de leur influence sur la dynamique des étoiles de type solaire. Nous nous sommes attachés à comprendre leurs processus d'excitation, de propagation et d'amortissement dans les environnements complexes que sont les intérieurs stellaires.

Dans la première partie, nous présentons deux contributions originales s'appuyant sur la théorie linéaire et asymptotique des oscillations stellaires. D'abord, l'étude en coordonnées sphériques 3D des résonances de corotation apporte des éléments nouveaux sur le transport de moment cinétique par les ondes et son traitement dans les codes d'évolution stellaire. Ensuite, les résultats obtenus par notre code de tracé de rayon en 3D offrent une vision inédite de la propagation des ondes dans une zone radiative sphérique en rotation.

Nous avons ensuite développé un modèle complet 3D du Soleil qui inclut pour la première fois le couplage non-linéaire, thermique et dynamique entre l'intérieur radiatif et l'enveloppe convective, le tout sous l'influence de la rotation. Nous trouvons que l'action continue des plumes convectives excite un large spectre d'ondes, dont nous démontrons qu'il s'agit d'ondes de gravité. L'étude de leur excitation et de leur spectre de puissance permet de caractériser l'énergie transmise de la convection aux ondes ainsi que leur taux d'amortissement, dont nous montrons qu'il est sur-évalué par la théorie linéaire. Nous étudions enfin les effets induits par la rotation sur les ondes et la précision des inversions sismiques de profils de rotation.

Ce travail offre des outils de diagnostic en lien étroit avec la révolution actuelle de la sismologie stellaire.

Internal gravity waves in solar-like stars

This thesis concerns the study of internal gravity waves in solar-like stars and of their influence on the dynamics of these stars. We focus our work on their excitation, propagation and damping processes in stellar interiors.

In the first part, we present two original contributions based on the linear and asymptotic theory of stellar oscillations. We first study, in a 3D spherical geometry, the impact of critical layers on the angular momentum transport induced by internal waves. Then, we present the results of our 3D raytracing code, that provides a new vision of the propagation of gravity waves in a spherical radiative zone in rotation.

In the second part, we describe new 3D simulations of the Sun including the coupling between the inner radiative zone and the convective envelope, and taking into account rotation, nonlinear terms and thermal processes. We show that the pummeling of convective plumes excites a large spectrum of gravity waves propagating in the radiative zone. We study their power spectrum to characterize the amount of energy transmitted from convection to waves, and we show that the linear theory over-estimates their damping rate. Lastly, we focus on the effects of rotation on the excitation and propagation of waves, and we study the precision of seismic inversions of rotation profiles.

This work offers new diagnostic tools in close relationship with the current revolution of stellar seismology.

A l'issue de la soutenance, un buffet-déjeuner sera proposé en salle Cassini (Bât 709, RdC)