

Soutenance de thèse du Service d'Astrophysique



Modélisation des Champs Magnétiques de Grandes Échelles dans les Intérieurs Stellaires
Application aux étoiles de type solaire et aux étoiles Ap

Vincent DUEZ

SAP

11 Décembre 2009

10h30 – amphithéâtre Talairach de Neurospin

L'astrophysique stellaire nécessite aujourd'hui de modéliser les champs magnétiques de grandes échelles, observés par spectropolarimétrie à la surface d'étoiles de type Ap/Bp et pouvant expliquer la rotation uniforme dans la zone radiative solaire déduite de l'héliosismologie.

Durant ma thèse, je me suis attaché à décrire les possibles états d'équilibre magnétique dans les intérieurs stellaires. Les configurations trouvées sont mixtes poloïdales-toroïdales et minimisent l'énergie à hélicité donnée, en analogie aux états de Taylor rencontrés dans les sphéromaks. La prise en compte de l'auto-gravité m'a conduit à des équilibres de type "non force-free", qui vont donc influencer la structure stellaire.

J'ai dérivé toutes les quantités physiques associées au champ magnétique puis quantifié les perturbations qu'elles induisent sur la gravité, les quantités thermodynamiques et énergétiques, pour une structure solaire et une étoile Ap.

Des simulations MHD 3D m'ont permis de démontrer que ces équilibres sont de bons candidats pour être stables, l'existence de tels états reste une question ouverte.

J'ai montré qu'un champ magnétique dans la zone radiative solaire est susceptible de déformations comparables à une rotation élevée dans le coeur. Son influence sur la convection a aussi été examinée.

J'ai également étudié l'interaction séculaire champ magnétique-rotation différentielle-circulation méridienne dans le but d'implémenter ses effets dans un code d'évolution stellaire nouvelle génération.

Par ailleurs, les processus hydrodynamiques ont été comparés à ceux de la diffusion et d'un changement de l'efficacité de la convection dans une étoile cible du satellite CoRoT.

Stellar astrophysics needs today new models of large-scale magnetic fields, which are observed through spectropolarimetry at the surface of Ap/Bp stars, and thought to be an explanation for the uniform rotation of the solar radiation zone, deduced from helioseismic inversions.

During my PhD, I focused on describing the possible magnetic equilibria in stellar interiors. The found configurations are mixed poloidal-toroidal, and minimize the energy for a given helicity, in analogy with Taylor states encountered in spheromaks. Taking into account the self-gravity leads us to the "non force-free" equilibria family, that will thus influence the stellar structure.

I derived all the physical quantities associated with the magnetic field; then I evaluated the perturbations they induce on gravity, thermodynamic quantities as well as energetic ones, for a solar model and an Ap star.

3D MHD simulations allowed me to show that these equilibria are good candidates to be stable, the existence of such states remaining an open question.

It has been shown that a large-scale magnetic field confined in the solar radiation zone can induce an oblateness comparable to a high core rotation law.

I also studied the secular interaction between the magnetic field, the differential rotation and the meridional circulation in the aim of implementing their effects in a next generation stellar evolution code. The influence of the magnetism on convection has also been studied.

Finally, hydrodynamic processes responsible for the mixing have been compared with diffusion and a change of convection's efficiency in the case of a CoRoT star target.

Vous êtes cordialement invités à partager le pot qui suivra.