

---

## Sujet de thèse

Laboratoire : Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires

Directeur de thèse : Joël Rosato

Coordonnées : [joel.rosato@univ-amu.fr](mailto:joel.rosato@univ-amu.fr) Tél. +33-413945714

Co-encadrant :

Sujet : Etude spectroscopique de l'atmosphère des naines blanches

Description du sujet :

Les naines blanches sont des corps extrêmement denses, issus de l'évolution des étoiles de masse modérée. Avec les étoiles à neutrons et les trous noirs, elles constituent l'un des états ultimes de la vie d'une étoile. D'après les observations et les modèles actuels, on admet que la plupart des étoiles (de l'ordre de 90%), incluant le Soleil, deviendront une naine blanche [1,2]. Les naines blanches ne produisent plus d'énergie par fusion nucléaire ; au lieu de cela, elle se refroidissent lentement en évacuant leur énergie par rayonnement. La structure interne des naines blanches est déterminée par l'équilibre qu'il y a entre les forces de gravitation et de pression. Les naines blanches sont qualifiées d'objets compacts car la densité est très élevée (jusqu'à  $10^6$  g/cm<sup>3</sup>), si bien que le champ de pesanteur est intense. Le temps caractéristique de refroidissement d'une naine blanche dépend de la structure de son atmosphère, et notamment de son opacité au rayonnement qui vient du cœur. Des études ont montré que la plupart des naines blanches ont une atmosphère constituée majoritairement d'hydrogène, les éléments plus lourds étant situés à des niveaux plus profonds en raison du fort champ de pesanteur [3,4]. Cette atmosphère peut être assimilée à un plasma d'hydrogène ayant des propriétés similaires à certains plasmas créés en laboratoire. Les naines blanches à forte teneur en hydrogène présentent sur leur spectre des raies d'absorption très marquées, notamment dans la série de Balmer. On les classifie comme étant de type DA. La densité électronique dans une atmosphère de naine blanche est élevée (elle peut dépasser  $10^{17}$  cm<sup>-3</sup>), si bien que les raies sont élargies par effet Stark et, en conséquence, peuvent servir à déterminer la densité électronique  $N_e$ .

L'objectif de cette thèse est d'améliorer la précision des modèles de profils de raies utilisés pour le diagnostic des naines blanches. Des problèmes spécifiques devront être abordés, comme par exemple la prise en compte des effets de dynamique des ions sur l'élargissement Stark [5]. Des raies présentant une structure de triplet Zeeman ont été observées sur certaines étoiles, indiquant la présence d'un fort champ magnétique [6,7]. Des études devront être réalisées. En raison de la proximité du sujet avec les problématiques actuelles

sur les machines de fusion magnétique, des modèles et des codes de calcul développés pour les tokamaks et disponibles au laboratoire pourront être adaptés. Une partie du travail sera dédiée à des calculs de spectres synthétiques et nécessitera une modélisation de la structure de l'atmosphère stellaire.

Références bibliographiques :

- [1] S. L. Shapiro and S. A. Teukolsky, *Black Holes, White Dwarfs, and Neutron Stars – The Physics of Compact Objects* (Wiley, 2004).
- [2] D. Koester and G. Chanmugam, *Rep. Prog. Phys.* 53, 837 (1990).
- [3] G. Fontaine and G. Michaud, *Astrophys. J.* 231, 826 (1979).
- [4] R. D. Rohrmann, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 323, 699 (2001).
- [5] R. Stamm and D. Voslamber, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer* 22, 599 (1979).
- [6] B. Külebi et al., *Astron. Astrophys.* 506, 1341 (2009).
- [7] S. O. Kepler et al., *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 429, 2934 (2013).