
Création de paires électron/positron dans la magnétosphère des étoiles à neutrons

DIRECTEUR DE THÈSE : JÉRÔME PÉTRI, ENSEIGNANT-CHERCHEUR
OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE, 11 RUE DE L'UNIVERSITÉ, 67000 STRASBOURG
TEL : +33 3 68 85 23 97 ; E-MAIL : JEROME.PETRI@ASTRO.UNISTRA.FR

Produit final de l'évolution stellaire, les étoiles à neutrons restent de nos jours des objets énigmatiques tant du point de vue de leur structure interne que de leur environnement électrodynamique. Ces objets compacts se manifestent majoritairement comme des pulsars, émettant un rayonnement pulsé, visible des ondes radio jusqu'aux très hautes énergies, et dont l'origine reste mal comprise (Lyne & Graham-Smith 2006). Il ne fait aucun doute qu'une intense activité électrodynamique entretient le fonctionnement de ces étoiles. Néanmoins, le flux du rayonnement multi-longueurs d'onde mesuré sur Terre ne s'accorde pas avec l'estimation du nombre de particules rayonnantes nécessaires pour expliquer les flux observés. La nébuleuse du Crabe en est un exemple remarquable (Hester 2008) pour lequel les prédictions sont un à deux ordres de grandeur en dessous de la réalité. En effet, bien que ces particules aient été identifiées comme étant des électrons et des positrons générés par absorption de photons dans le champ magnétique intense de l'étoile, les scénarios de formation de paires leptoniques sous-estiment leur nombre.

L'objectif de cette thèse est de comprendre et de mesurer l'efficacité du mécanisme de création de paires électron/positron au voisinage des étoiles à neutrons. Depuis les simulations de (Daugherty & Harding 1982) les techniques numériques ont beaucoup évolué mais utilisent encore des approximations parfois simplistes (Timokhin 2010) (Timokhin & Arons 2013) qu'il reste à justifier. L'efficacité de formation de paires est très sensible à la géométrie. On étudiera donc l'influence de la topologie du champ magnétique tel qu'un dipôle décentré (Pétri 2016) ou encore des multipôles (Pétri 2017) ainsi que les corrections apportées par la gravitation sur cette efficacité. L'étudiant(e) en déduira les fonctions de distribution des paires électron/positron et des photons afin d'effectuer une comparaison indirecte aux observations.

L'étude de la formation de paires électron/positron dans la magnétosphère des pulsars en relativité générale se décomposera en trois parties. Une 1ère partie théorique explorera l'électrodynamique quantique en champ magnétique intense pour comprendre les processus de production de paires et pour identifier les mécanismes d'émission de haute énergie (rayonnement de courbure, synchrotron, inverse Compton). Une 2ème partie de modélisation impliquera l'utilisation d'expressions exactes ou approchées du champ électromagnétique d'un dipôle décentré ou d'un multipôle en relativité générale. Une 3ème partie requerra des simulations numériques: implémentation des modules de calcul des taux de création de paires, extraction des spectres en énergie des particules et des photons, obtention des flux radiatifs en vue d'une comparaison avec les observations.

Daugherty JK, Harding AK. 1982. *Astrophysical Journal*. 252:337-47
Hester JJ. 2008. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 46(1):127-55
Lyne AG, Graham-Smith F. 2006. *Pulsar Astronomy*. Cambridge University Press
Pétri J. 2016. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 463:1240-68
Pétri J. 2017. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 472(3):3304-36
Timokhin AN. 2010. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 408(4):2092-2114
Timokhin AN, Arons J. 2013. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 429(1):20-54