
Modélisation multi-longueurs d'onde des pulsars et de leur population

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 astres 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 électromagnétique pulsé à large bande spectrale et dont l'origine reste mal comprise. On dénombre actuellement près de 4000 pulsars. Grâce à l'avènement d'une nouvelle génération de radio télescopes tel que SKA (Square Kilometre Array), le nombre de pulsars détectés augmentera d'un ordre de grandeur ce qui permettra un recensement précis des sous populations d'étoiles à neutrons qu'elles soient isolées ou faisant partie d'un système binaire. À terme on espère mieux comprendre les processus radiatifs se déroulant dans leur magnétosphère et mieux contraindre l'évolution stellaire des systèmes binaires aboutissant à des objets compacts (Tauris & van den Heuvel, 2023).

L'objectif de cette thèse est dans un premier temps de tester les scénarios d'évolution de la géométrie des pulsars binaires et notamment l'alignement entre l'axe de rotation stellaire et le moment cinétique orbital de la binaire. La théorie prédit en effet une échelle de temps d'alignement très courte comparée à l'âge du pulsar mais certains systèmes s'éloignent sensiblement de l'hypothèse d'un alignement presque parfait. La modélisation conjointe de la pulsation radio et gamma permettra d'évaluer l'écart à l'alignement (Benli et al., 2021) (Pétri & Mitra, 2021). Dans un deuxième temps, on extraira l'orientation du champ magnétique et de l'observateur par rapport à l'axe de rotation, pour tous les pulsars isolés, visibles en radio et en gamma. Dans un troisième temps, on modélisera certains systèmes particuliers, notamment les pulsars millisecondes observés par la collaboration NICER (Neutron Star Interior Composition ExploreR) pour en déduire la géométrie du champ magnétique de surface (Pétri et al., 2023). Dans un dernier temps on s'intéressera à la statistique de la détection des différentes sous populations de pulsars, jeunes ou millisecondes, visibles en radio, en rayons X et/ou en rayons gamma.

Le travail se décomposera en trois parties. Une première partie théorique de modélisation de l'émission multi-longueurs d'onde des ondes radio aux très hautes énergies au GeV/TeV incluant une connaissance approfondie des processus de rayonnement de courbure, synchrotron et inverse Compton. Une deuxième partie confrontera les modèles aux observations regroupées dans des catalogues radio (ATNF pulsar catalog) et en rayons gamma (Fermi/LAT third pulsar catalog, 3PC). Une troisième partie nécessitera d'implémenter des modules de calcul des courbes de lumière en radio, en rayons X et en rayons gamma afin de les confronter directement aux données issues de récentes campagnes d'observation (en rayons X avec NICER, en rayons gamma avec Fermi/LAT et en radio avec les radio télescopes de Nançay, NRT et NenuFAR). Cette thèse représente un travail préparatoire à la révolution qu'apportera la détection d'une population importante de pulsars dans le domaine radio grâce à SKA tout en conservant une vision multi-longueurs d'onde de l'émission des étoiles à neutrons.

Benli, O., Pétri, J., & Mitra, D. (2021). *A&A*, 647, A101.

Pétri, J., et al, (2023). *A&A*, 680, A93.

Pétri, J., & Mitra, D. (2021). *A&A* 654, A106.

Tauris, T. M., & van den Heuvel, E. P. J. (2023). *Physics of Binary Star Evolution*. Princeton University Press.