

« Étude du milieu interstellaire par l'observation des pulsars en radio basse fréquence »

Proposant : Ilyes Choubani (ilyes.choubani@outlook.fr)

Lieu : LPC2E Orléans

Source et détails sur le financement : MESRI, Région Centre Val de Loire

Mots clés : pulsar ; radioastronomie ; milieu interstellaire ; chronométrie

Compétences nécessaires : master de physique ou d'astrophysique, méthodes d'analyse de données, programmation Python

Sujet scientifique de la thèse : les pulsars sont des étoiles à neutrons en rotation rapide, avec un fort champ magnétique produisant un faisceau de rayonnement qui balaie l'espace comme un phare. Observées, par exemple par un radiotélescope, ces objets apparaissent comme des sources pulsantes. Les temps d'arrivée des impulsions sont modifiés par leur trajet à travers le plasma du milieu interstellaire. En conséquence, des observations régulières permettent de caractériser les propriétés du plasma interstellaire entre la Terre et les différents pulsars. Le milieu interstellaire est inhomogène et turbulent, mais la nature précise de cette turbulence n'est pas encore bien contrainte. L'objectif de cette thèse sera d'étudier la nature de cette turbulence en exploitant un jeu de données unique, acquis sur un ensemble de radiotélescopes dans des gammes de fréquence radio entre 15 MHz et 1.4 GHz, et sur des échelles temporelles allant d'un jour à plus d'une décennie. La chronométrie ultraprécise des pulsars permettra de déterminer les échelles caractéristiques de la turbulence dans les premiers kpc autour de la Terre. Ces résultats seront comparés avec des simulations numériques de la distribution du plasma interstellaire et avec des cartes d'opacité issues des mesures stellaires du satellite GAIA, retraçant la distribution de la poussière et du gaz neutre. Le/la doctorant.e aura à sa disposition plusieurs jeux de données :

- les séries temporelles avec une cadence hebdomadaire acquise pendant 10 ans avec différentes stations internationales de LOFAR, pour 100 pulsars, à des fréquences entre 110 MHz et 190 MHz. En 2024, ce jeu de données sera complété par une campagne de mesures beaucoup plus dense pour sonder les échelles temporelles inférieures à une semaine ;
- les séries temporelles acquises à l'échelle mensuelle avec l'instrument NenuFAR pour plus de 40 pulsars aux fréquences entre 20 et 85 MHz, offrant une sensibilité inégalée concernant les variations du milieu interstellaire ;
- les séries temporelles issues du catalogue de du radiotélescope décimétrique (NRT) enregistrées dans le cadre du projet EPTA pour plus de 50 pulsars millisecondes particulièrement stables, avec une cadence de quelques jours ;
- en complément, un programme d'observations ciblées vers les objets les plus brillants, acquises avec NenuFAR, LOFAR et le NRT, permettra d'étudier la scintillation des sources et de fournir un diagnostic supplémentaire en termes de distribution spatiale des écrans réfractant le long de la ligne de visée ;

- en particulier, à partir de mi-2025, l'étudiant.e exploitera les données acquises dans le cadre du projet LOFAR2.0, qui permettra de couvrir les deux bandes de fréquence de LOFAR simultanément (20-90 MHz et 110-190 MHz).

Informations complémentaires : l'étudiant.e sera accueilli.e au sein de l'équipe d'astrophysique du LPC2E à Orléans, qui développe de l'instrumentation dédiée et des chaînes de traitement pour l'observation et la chronométrie des pulsars. L'équipe coordonne l'ensemble des programmes concernant les pulsars avec les radiotélescopes de l'Observatoire radioastronomique de Nançay (NRT, NenuFAR et la station LOFAR-FR606), et collabore au niveau européen et mondial pour la mise en commun des données et des outils d'analyse (*European and International Pulsar Timing Arrays – EPTA and IPTA, NenuFAR pulsar key project, LOFAR pulsar working group, LOFAR2.0 Large Programs « Pulsars and Fast Transients Monitoring »*). Cette étude pionnière préfigurera ce qui pourra être conduit avec la prochaine génération de télescope mondiale telle que le SKA dans l'hémisphère sud.