

Proposition de stage – Année 2022-2023

Niveau du stage : M2

Durée du stage :

Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse : Oui

Type de financement envisagé : 04 72 43 13 46

Responsables du stage : Antoine PFAFF, Hubert HANSEN, Jérôme MARGUERON

Téléphone :

Email : pfaff@ip2i.in2p3.fr

Adresse : IP2i Lyon – Bureau 426

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Equipe d'encadrement : Théorie

Thématique : Astrophysique nucléaire – étoiles compactes

Intitulé du stage : Propriétés de la matière des étoiles à neutrons à partir des ondes gravitationnelles

Description du travail demandé :

Les étoiles à neutrons sont des étoiles extrêmement denses et compactes issues de l'effondrement sur elles-mêmes d'étoiles massives. Durant la dernière décennie, la mise en service de nouveaux détecteurs a permis d'obtenir des informations de plus en plus précises sur les propriétés macroscopiques (masse, rayon, déformabilité de marée, etc..) des étoiles à neutrons. En 2017, le premier signal d'ondes gravitationnelles identifié comme une coalescence de deux étoiles à neutrons (ainsi que sa contrepartie électromagnétique) a été détecté. Depuis la même année, la mise en service de l'instrument NICER pour observer le rayonnement X émis par ces astres a permis d'obtenir une précision inédite sur la mesure de leur rayon. Ces observations apportent des informations cruciales pour comprendre les propriétés de la matière dense et froide qui les constitue. Une des questions les plus brûlantes est de trancher sur l'existence au sein de ces étoiles d'une transition de phase de la matière nucléaire vers de la matière de quarks déconfinée.

Le modèle quarkyonic a été proposé récemment et suggère une nouvelle réalisation microscopique de la transition de phase, où les degrés de liberté nucléaires et de quarks coexistent et rentrent en compétition. Contrairement à d'autres modélisations, il prédit notamment un durcissement de l'équation d'état à la transition de phase, permettant d'expliquer les mesures de masses de pulsars supérieures à deux masses solaires.

L'objectif du stage sera de mettre en œuvre (via un toolkit Python) une analyse bayésienne avec le modèle afin d'évaluer sa compatibilité avec les observations modernes ainsi que contraindre la localisation de la transition de phase.

Bibliographie : J. Margueron, H. Hansen, P. Proust, and G. Chanfray, Quarkyonic stars with isospin-flavor asymmetry, Phys. Rev. C 104, 055803 (2021). <https://arxiv.org/abs/2103.10209>

Internship offer – Year 2022-2023

Internship level: M2

Duration:

Possible PhD follow up: Yes

Proposed PhD funding type:

Supervisor: Antoine PFAFF, Hubert HANSEN, Jérôme MARGUERON

Phone: 04 72 43 13 46

Email: pfaff@ip2i.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 426
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Mentoring team: Théorie

Research field: Nuclear Astrophysics – compact stars

Internship title: Properties of neutron star matter from gravitational waves observations

Work description:

Neutron stars are extremely dense and compact stars born from the collapse of massive stars. In the last decade, new detectors have been commissioned which allowed to obtain information on the macroscopic properties of neutron stars (masses, radii, tidal deformabilities ,etc...) with unprecedented precision. In 2017, the first gravitational wave signal identified as a binary neutron star merger was detected together with its electromagnetic counterpart. At the same time, the NICER instrument was deployed to observe soft X-rays emitted by neutron star sources, which allowed to infer the radii of the two objects with remarkable accuracy. These observations provide crucial data to understand and constrain the properties of the dense and cold matter the stars are made of. One of the hottest topic in the field would be to decide on the occurrence of a phase transition within the stars from nuclear matter to deconfined quark matter.

The quarkyonic model was proposed very recently and suggest a new microscopic realization of the phase transition, where the nucleon and quark degrees of freedom coexist and compete. Unlike precedent descriptions of the transition, the model notably predicts a stiffening of the equation of the state that is easily compatible with the measurements of star masses above two solar masses.

The goal of the internship will be to implement (via a Python toolkit) a bayesian analysis with the model in order to evaluate its compatibility with modern observations as well as constrain the possible location of the phase transition.

Bibliography : J. Margueron, H. Hansen, P. Proust, and G. Chanfray, Quarkyonic stars with isospin-flavor asymmetry, Phys. Rev. C 104, 055803 (2021). <https://arxiv.org/abs/2103.10209>