Proposition de stage – Année 2022-2023

Niveau du stage : M1

Durée du stage : 6 semaines

Responsable du stage : Jérôme MARGUERON, Hubert HANSEN et Mohamad CHAMSEDDINE (doctorant)

Téléphone : 04 72 43 1309

Email : j.margueron@ip2i.in2p3.fr, h.hansen@ip2i.in2p3.fr, m.chamseddine@ip2i.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 330
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Thématique : Astrophysique des étoiles compactes

Intitulé du stage : Équation d'état de la matière dense et ondes gravitationnelles : optimisation du solver TOV pour calculer la structure d'une étoile à neutrons.

Description du travail demandé :

Le stage concerne la compréhension des étoiles à neutrons grâce notamment aux ondes gravitationnelles qui sont détectés depuis 2017 par les interféromètres LIGO et Virgo. Ces ondes gravitationnelles sont créées par la fusion de deux étoiles à neutrons et révèlent leurs masses et déformabilité de marée.

L'équipe encadrante développe un outil numérique python pour décrire les propriétés de la matière dense et ses conséquences pour les étoiles à neutrons. En particulier, elle s'intéresse aux liens avec les signaux d'ondes gravitationnelles pour mieux contraindre ces propriétés. L'outil numérique nécessite des optimisations pour une utilisation systématique (approche Bayésienne, chaînes de Markov, …). Il est basé sur python avec un wrapper vers une librairie crée en Fortran95 qui permet des calculs rapides.

Le/La stagiaire aura pour mission d'optimiser la partie dite « TOV » qui permet de construire une famille d'étoiles à neutrons étant donné une équation d'état. Il s'agit de résoudre un système d'équations couplées et non linéaires dérivées des équations d'Einstein en relativité générale pour une métrique de Schwarzschild (étoile sans rotation à symétrie sphérique). La méthode implémentée dans la librairie est une amélioration de la méthode d'Euler (Runge-Kutta d'ordre 2) avec un pas adaptatif. L'objet du stage sera d'ajouter la méthode de Runge-Kutta d'ordre 4 et de faire des comparaisons entre les deux méthodes en ce qui concerne le temps de calcul et la précision. D'autres améliorations numériques pourraient être envisagées en fonction du déroulement du stage.

A l'issue du stage, l'optimisation de l'outil numérique permettra des études systématiques améliorées grâce à un échantillonnage plus grand des diverses configurations d'étoiles à neutrons.