DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **04 juillet 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur SOMASUNDARAM Rahul**

Titre de la thèse : *« Modélisation des étoiles à neutrons isolées et coalescentes »*

Résumé

La compréhension des propriétés de la matière dense est l'un des challenges les plus importants de la physique nucléaire et de l'astrophysique des étoiles compactes. L'objectif de cette thèse est de contribuer à cette compréhension dans le cadre de l'étude des étoiles à neutrons. Les étoiles à neutrons sont des réalisations idéales de la matière dense. Elles contiennent de la matière diluée dans leur croûte alors que les cœurs des étoiles à neutrons contiennent de la matière aux densités les plus élevées de l'univers. L'étude de cette matière des étoiles à neutrons est présentée dans cette thèse en trois parties.

Dans la partie I, nous étudions le comportement de la matière dense en utilisant une approche de méta-modélisation de la matière nucléonique. Ceci nous permet de fixer des contraintes strictes sur l'énergie de symétrie nucléaire, une quantité clé en (astro)physique nucléaire. Nous comparons l'expansion quadratique en isospin de l'équation d'état avec des calculs explicites de matière nucléaire asymétrique basés sur un ensemble d'hamiltoniens couramment utilisés, y compris les forces à deux et trois nucléons dérivées de la théorie du champ effectif chirale («chiral effective-field theory»). Nous étudions, en particulier, l'importance des contributions non quadratiques à l'énergie de symétrie. En outre, nous effectuons une analyse détaillée des implications de ces calculs pour la croûte des étoiles à neutrons. Pour cela, le modèle de la goutte liquide compressible est employé pour modéliser les agrégats dans l'écorce des étoiles à neutrons.

Dans la partie II de la thèse, nous soulignons la nécessité de développer des modèles relativistes de la matière nucléaire qui permettent un lien entre les propriétés fondamentales de la QCD, telles que la brisure de symétrie chirale et le confinement, et les degrés de liberté nucléoniques naturels. À cet égard, nous présentons et explorons un modèle dans lequel la symétrie chirale est incorporée dans le modèle de champ moyen relativiste («Relativistic Mean Field», RMF) de type Walecka, ainsi que l'effet du confinement par la réponse du nucléon. Les prédictions de ce modèle chiral+confinement sont comparées à deux autres modèles : un autre modèle chiral - mais sans effet de confinement - et le modèle RMF original. Nous constatons que, si ces modèles sont calibrés sur les mêmes propriétés à la densité de saturation, ils diffèrent dans leurs prédictions lorsque la densité augmente.

La partie III de cette thèse est consacrée à l'étude des transitions de phase qui pourraient conduire à l'existence de degrés de liberté exotiques dans les cœurs des étoiles à neutrons. Nous commençons par nous concentrer sur les transitions de phase de premier ordre, qui souvent adoucissent l'EoS et par conséquent réduisent la masse maximale ainsi que les rayons des NSs. Nous remettons en question cette hypothèse conventionnelle en construisant des exemples explicites d'EoSs subissant une transition de phase de premier ordre, mais qui sont beaucoup plus rigides que leurs homologues purement hadroniques. De plus, nous montrons que les transitions de phase pourraient être mises en évidence par des structures non triviales dans le comportement en densité de la vitesse du son, comme des sauts ou des bosses. Nous employons donc une approche agnostique de la physique pour modéliser la vitesse du son dans les étoiles à neutrons et nous étudions dans quelle mesure l'existence de structures non triviales peut être déduite des observations astrophysiques existantes des étoiles à neutrons. Nous concluons que les informations astrophysiques obtenues à ce jour ne démontrent pas nécessairement qu'il existe une transition de phase vers la matière de quarks. Enfin, nous discutons des implications des calculs de QCD perturbative pour l'équation d'état de la matière des étoiles à neutrons.