

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **18 septembre 2024**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur CHAMSEDDINE Mohamad**

Titre de la thèse : « *Propriétés de la matière dense dans le cadre du modèle chirale avec confinement* »



Résumé

Les propriétés de la matière dense restent l'un des sujets les plus étudiés de la physique nucléaire. Dans cette thèse, nous proposons un cadre théorique pour l'étude de la matière nucléaire, connu sous le nom de modèle chirale avec confinement, qui s'ancre dans deux phénomènes centraux de la physique nucléaire : la brisure de la symétrie chirale et le confinement.

Tout d'abord, nous utilisons le modèle chirale avec confinement dans le cadre de l'approche Hartree-Fock relativiste (RHF), où la symétrie chirale est représentée par un potentiel scalaire du modèle sigma linéaire (σ), et l'effet du confinement à travers la réponse du nucléon. Les paramètres de ce modèle sont contrôlés par des propriétés telles que le potentiel chirale, les prédictions de QCD sur réseaux (LQCD), la phénoménologie des hadrons et deux propriétés de saturation (densité et énergie). Au-delà du traitement purement HF, des améliorations sont progressivement ajoutées au modèle pour prendre en compte les effets de taille finie des nucléons via des facteurs de forme (FF) et des corrélations à courte portée (SRC). Pour ces modèles améliorés, nous utilisons aussi l'analyse bayésienne pour propager les incertitudes expérimentales sur les paramètres et les prédictions. Nous montrons que la combinaison du potentiel chirale avec la réponse du nucléon représente une manière économiquement motivée et microscopique de traiter les corrections du milieu. Nous trouvons que les différentes améliorations rapprochent les paramètres empiriques nucléaires (NEP) prédites de leur valeur expérimentale en progressant, mais de légères différences subsistent.

Nous explorons également deux définitions de la masse effective, Dirac et Landau, ainsi que leurs comportements différents et leur dépendance à l'interaction ρ tensorielle. Enfin, nous remarquons

que le paramètre de réponse du nucléon C_{NS} est prédit être supérieur à un lorsqu'il est contraint par LQCD, alors que le modèle de confinement sous-jacent le prédit inférieur à un.

Cette dernière tension pointe vers l'utilisation du modèle L σ M naïf, que nous remplaçons par un potentiel plus riche dérivé du Nambu–Jona-Lasino (NJL) capable de mieux décrire la réalisation à basse énergie de la symétrie chirale dans le monde hadronique. Avec ça, la tension est supprimée, mais nous découvrons également que ce modèle nécessite une certaine énergie "manquante", et nous en déduisons par analyse bayésienne certaines propriétés, à savoir qu'elle doit être attractive.

Enfin, en poussant le modèle à haute densité, nous découvrons que le modèle possède une densité de rupture d'origine mathématique, en raison de l'absence de solution pour les équations auto-cohérentes à résoudre.

Enfin, l'énergie attractive "manquante" inférée nous conduit à un calcul microscopique d'une correction au-delà de l'approche de champ moyen, qui est les boucles de pion, également connues sous le nom d'énergie de corrélation, qui est connue pour être attractive en mécanique quantique. Ce calcul nécessite certaines prescriptions covariantes pour les SRC, et nous observons son impact sur les NEP, où ça réussit à réduire le module d'incompressibilité et à augmenter l'énergie de symétrie, deux résultats étant souhaités. Cependant, un des canaux de l'énergie de corrélation présente un pôle, ce qui correspond à l'apparition de la condensation de pion. Nous étudions le diagramme de phase de cette transition et sa dépendance à notre paramétrisation, et nous constatons que la matière neutronique pure n'est pas toujours présente en raison de la condensation de pion. De plus, certaines approximations ont été prises lors du calcul pour réduire la complexité, où nous avons utilisé une base Hartree pour la masse de Dirac et le moment effectif. Nous pouvons quantifier l'effet de cette approximation en étudiant le théorème de Hugenholtz-Van-Hove (HVH) et nous montrons qu'il est visiblement violé, concluant qu'une meilleure approche du calcul devrait être adoptée dans de futurs travaux.