

Résumé de thèse L. Heitz

« Groupe de renormalisation, approches covariantes et ab initio pour la magie et l'agrégation nucléaires ; recherche expérimentale de la radioactivité double alpha »

Cette thèse explore les théories effectives pour la structure nucléaire, afin de rapprocher les approches ab initio, ancrées dans les symétries de la QCD, et les modèles phénoménologiques de type énergie fonctionnelle de la densité (EDF). Elle combine développements méthodologiques, analyses conceptuelles et confrontation aux données pour relier phénomènes émergents et théorie fondamentale.

D'abord, le groupe de renormalisation fonctionnel (FRG) est exploré comme outil non perturbatif pour déduire, à partir de forces « nues » dans le vide, des interactions effectives à densité finie en intégrant progressivement les fluctuations de haute énergie. Les résultats indiquent que le FRG offre une voie systématique et contrôlable pour générer de telles interactions tout en préservant les observables de basse énergie, bien qu'une dérivation complète reste à établir.

Ensuite, dans le cadre EDF, une analyse globale de la magie montre — via des indicateurs semi-quantitatifs — que la réalisation de la symétrie de pseudo-spin pourrait constituer un mécanisme unificateur des nombres magiques dans une description à particule simple, éclairant l'évolution des structures en couches le long des chaînes isotopiques et isotoniques.

Sur le plan ab initio, la stratégie « brisure puis restauration de symétries », mise en œuvre avec la méthode de la coordonnée génératrice projetée, est appliquée au clustering. Pour l'état de Hoyle du carbone-12, elle reproduit les corrélations essentielles liées aux agrégats à coût numérique modéré ; l'extension des espaces et l'inclusion de corrections d'ordre supérieur sont toutefois nécessaires pour consolider la convergence.

En parallèle, des indicateurs de préformation alpha sont proposés en EDF et appliqués à des noyaux plus lourds, révélant des corrélations avec d'autres observables et fournissant des repères pour des désintégrations exotiques.

Enfin, une recherche expérimentale de la désintégration double alpha a été menée en 2023 à ISOLDE (CERN) sur $(222,220)\text{Ra}$ et $(218,216)\text{Rn}$ à l'aide de détecteurs silicium double-face à pistes. Aucun signal n'a été observé pour ce mode de radioactivité, mais des limites supérieures sur les rapports de branchement ont été établies, mettant en tension certaines prédictions EDF jusqu'à trois ordres de grandeur. Ces résultats constituent les premières contraintes quantitatives sur ce mode et guident l'affinement des modèles.