

Proposition de thèse – 2022-2025

Thématique : Matière Nucléaire

Sujet de thèse : Nucléosynthèse par processus p : mesures de sections efficaces employant des faisceaux de haute intensité

Directeur de thèse : Nathalie Millard

Téléphone : +33 4 72 44 80 62

Email : n.millard-pinard@ipnl.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 132
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Description du travail demandé :

Contexte :

Les noyaux lourds au-delà du fer sont principalement produits par des processus de captures de neutrons. Cependant, une petite fraction des éléments observés sont des isotopes déficients en neutrons appelés « noyau p », dont la synthèse doit faire appel à d'autres mécanismes : le processus p. Plusieurs scénarios astrophysiques explosifs tentent de reproduire les abondances observées. Leur modélisation met en jeu un réseau contenant environ 2000 noyaux et 20000 réactions. Certaines de ces réactions peuvent être étudiées en laboratoire et apporter des informations cruciales pour fiabiliser les modèles théoriques employés dans les calculs de nucléosynthèse.

Projet :

Notre projet est fondé sur une collaboration entre l'IP2I et le GANIL. Il s'agit de mesurer la section efficace de plusieurs réactions de captures de protons ou de particules alpha qui jouent un rôle particulièrement important pour le processus p. Pour cela, nous voulons employer le nouveau dispositif NFS-Spiral2 du GANIL pour bénéficier de faisceaux de haute intensité et accéder aux sections efficaces très faibles correspondant aux conditions astrophysiques. Beaucoup de ces mesures nécessitent des méthodes « in-beam » qui permettent d'observer la réaction au moment où elle se produit grâce à la détection gamma. Deux types d'approches peuvent alors être employés pour déterminer la quantité totale de réactions qui se sont produites : la méthode de la distribution angulaire, qui utilise des spectromètres disposés suivant différents angles de façon à reconstruire la distribution dans tout l'espace, et la méthode du pic somme, qui utilise un calorimètre de façon à compter les cascades dont l'énergie totale correspond à la réaction recherchée. Dans les deux cas, une excellente maîtrise de la spectroscopie gamma est nécessaire, et l'expertise du groupe Matière Nucléaire de l'IP2I dans ce domaine est un atout important.

Travail attendu durant la thèse:

L'objectif de la thèse sera de réaliser et analyser des mesures de sections efficaces cruciales pour le processus p , en se focalisant sur la méthode du pic somme. De telles mesures pourraient être réalisées auprès de NFS-Spiral2 à partir de 2023. La préparation et l'analyse s'appuieront notamment sur des travaux de simulation initiés au cours du stage de M2, et qui seront appelés à être développés au cours de la thèse. En particulier, il faudra tenir compte des défis associés à l'utilisation de faisceaux de haute intensité, notamment la présence d'un bruit de fond important. Par ailleurs, l'emploi d'autres méthodes de mesures, telles que l'activation ou la mesure in-beam par distribution angulaire, pourra aussi être envisagé. Un autre aspect du travail de thèse consistera à interpréter les résultats obtenus et évaluer leur impact sur les modèles théoriques. On peut aussi prévoir d'interagir avec un groupe réalisant des calculs de nucléosynthèse qui permettraient de déterminer directement l'impact des nouvelles mesures sur les abondances de noyaux p obtenues dans différents scénarios astrophysiques.

Profil :

Un niveau avancé en physique nucléaire ainsi que des compétences en programmation sont nécessaires à la réalisation de ce travail. Une bonne culture en astrophysique est bienvenue. Un intérêt marqué pour les mécanismes de réactions nucléaires constituerait un atout pour le développement de collaborations avec des théoriciens.