

## PROPOSITION DE SUJET DE MASTER

**Intitulé du laboratoire d'accueil :** Subatech

**Adresse :** 4 rue Alfred Kastler – BP20722 – 44307 Nantes Cedex

**Nom, prénom et grade du responsable du stage :** Muriel FALLOT et Amanda PORTA

**Téléphone :** 02.51.85.86.16 ou 02.51.85.84.15

**Email :** [fallot@subatech.in2p3.fr](mailto:fallot@subatech.in2p3.fr) et [porta@subatech.in2p3.fr](mailto:porta@subatech.in2p3.fr)

---

**Titre :** Caractérisation du détecteur TAS pour l'analyse de mesures de décroissance bêta de noyaux d'intérêt pour la structure nucléaire, l'astrophysique nucléaire et avec applications possibles dans la physique des neutrinos et des réacteurs.

Le stage se déroulera au sein d'une des activités du groupe Experimental Research on Data Reactors and Energy (ERDRE) de SUBATECH : l'étude des propriétés de décroissance • des produits de fission.

Selon les noyaux étudiés ce travail peut toucher des domaines de recherche tels que la structure nucléaire, l'astrophysique nucléaire et divers aspects reliés au fonctionnement des réacteurs nucléaires (sûreté, cinétique, non-prolifération).

Depuis 2009, l'équipe nantaise réalise des mesures de décroissance bêta de noyaux d'intérêt pour la physique des réacteurs (puissance résiduelle et cinétique), mais également pour la structure nucléaire et l'astrophysique nucléaire, en collaboration étroite avec une équipe espagnole de chercheurs de Valence auprès de l'accélérateur JYFL (Jyväskylä-Finlande).

Ces mesures ont été effectuées en utilisant la méthode TAS (Total Absorption Spectroscopy), basée sur la détection des gammas de désexcitation du noyau produit par la décroissance bêta. Cette technique permet de reconstruire la distribution de force bêta, et constitue donc un outil privilégié pour apporter des contraintes aux modèles théoriques. Elle est aussi la technique utilisée pour s'affranchir de l'effet Pandémonium, i.e. les données de décroissance bêta présentes dans les bases de données sont inexactes, une partie de l'intensité de décroissance peut être manquante. L'effet Pandémonium provient de la difficulté de reconstruire les schémas de décroissance bêta via les mesures effectuées avec des détecteurs germanium, en particulier quand les transitions sont de grande énergie ou vers des régions énergétiques à grande densité de niveaux. La méthode TAS est complémentaire et permet de résoudre ce problème.

La prochaine expérience, planifiée en février 2014 a été proposée par SUBATECH et elle est destinée à étudier la structure de noyaux d'intérêt pour la structure nucléaire mais aussi pour la physique des neutrinos et la physique des réacteurs. La technique utilisée est la spectroscopie par absorption totale (TAS), au moyen d'un ensemble de 17 détecteurs NaI, installés après le piège de Penning du dispositif de l'Université de Jyväskylä. Le stagiaire arrivera juste avant l'expérience et il pourra y participer. Sa tâche principale sera ensuite de participer activement à l'analyse de ces données.

Le but de cette analyse est de calculer la distribution d'alimentation bêta des niveaux dans le noyau fils (« beta feeding »). La distribution de force bêta dépend directement de l'alimentation bêta.

L'analyse en question consiste dans les étapes suivantes :

- Calibration en énergie et en résolution du détecteur en utilisant des sources connues ;
- Comparaison des données de calibration avec la simulation du détecteur afin de valider la simulation de la réponse du détecteur ;
- Calcul de la réponse du détecteur avec la simulation ;
- Calcul de l'alimentation bêta pour chaque niveau d'énergie comme solution du problème inverse (passage des données mesurées à la prédiction théorique).

Le stagiaire participera au début de l'analyse des données : l'étalonnage du détecteur en analysant les données de calibration acquise et sa comparaison avec la simulation du détecteur en GEANT4. Il sera de sa responsabilité de prendre en main les macros d'analyse ROOT de cette première phase et de compléter la simulation pour arriver à interpréter le plus précisément possible les données.

Ce stage donnera au candidat la possibilité d'acquérir une vision globale du déroulement d'une expérience de physique nucléaire, de l'analyse des données qui suit et de leur interprétation. Il aura déjà un premier aperçu de la recherche en structure nucléaire. Les détails des noyaux qui seront mesurés lors de la prochaine expérience sont disponibles sur demande. De plus, le stage lui permettra de connaître et utiliser plusieurs méthodes d'analyse et de calculs largement utilisés dans la physique nucléaire expérimentale comme des programmes d'analyse en C++, le package CERN ROOT et la simulation du détecteur en GEANT4.

**Mots-clés :** décroissance bêta, structure nucléaire, astrophysique nucléaire, spectroscopie gamma, détecteurs, NaI, physique expérimentale, théorie.

### **Informations complémentaires :**

Le stage pourra être poursuivi par une thèse intitulée :

« Etude des propriétés de décroissance bêta de noyaux exotiques intéressants pour la structure nucléaires, l'astrophysique nucléaire et avec applications possibles dans la physique des neutrinos et des réacteurs. »

Cette thèse sera de type mixte expérimentale/théorique, la partie expérimentale sera d'une part la continuation de l'analyse des données au sein du groupe ERDRE et d'autre part une contribution à la préparation d'un nouveau dispositif TAS innovant à concevoir, construire et installer auprès des dispositifs ALTO (puis SPIRAL2), en collaboration avec une équipe de l'IPN d'Orsay et l'équipe de Valencia en Espagne. La thèse proposée comporte également une composante théorique encadrée par Marco Martini de l'Université de Gent (Belgique) et Sophie Péru du CEA-DAM-DIF.

Le doctorant sera en charge de toutes les phases de l'analyse, du calcul de la réponse du détecteur en utilisant les codes GEANT4 et, éventuellement, MCNP, jusqu'au calcul de l'alimentation bêta et l'interprétation physique des résultats de l'expérience.

Il relèvera de sa responsabilité d'interpréter la réponse provenant de la simulation GEANT4 avec les informations bibliographiques sur la désexcitation des noyaux pour reconstruire la matrice qui lie les données mesurées à l'alimentation bêta. Il utilisera cette matrice dans les programmes d'analyse déjà existants pour résoudre le problème inverse et calculer les « beta-feedings ».

Les résultats expérimentaux seront ensuite analysés avec le support de modèles théoriques microscopiques développés pour les études fondamentales de structure nucléaire.

Dans un premier temps, l'étudiant utilisera les modèles et codes existants de champ moyen, de QRPA pour les excitations électromagnétiques et de pnQRPA pour les décroissances  $\beta$ .

Les outils mentionnés permettront à la fois d'interpréter les données expérimentales et de prédire là où l'expérience n'est pas encore accessible.

Ces approches théoriques étant limitées pour le moment à la description des noyaux pair-pair, l'étudiant participera à la généralisation du formalisme au cas des noyaux impairs.