

Développement d'une détection par SPC pour la recherche de la désintégration double bêta sans neutrinos

Development of a detection with SPC for the search of the double beta decay without neutrinos

Laboratoire :

- SUBATECH (UMR 6457 - IMT Atlantique, CNRS/IN2P3, Univ. de Nantes)
- CENBG (UMR 5797 - CNRS/IN2P3, Univ. de Bordeaux)

Début : 01 Octobre 2019

Financement : CNRS/IN2P3 (1/2)

Cofinancement : IMTA (1/2)

Encadrement :

- Pascal LAUTRIDOU, SUBATECH, E-mail : pascal.lautridou@subatech.in2p3.fr
- Anselmo Meregaglia, CENBG, E-mail : anselmo.meregaglia@cern.ch

Mots clés en français: Désintégration double beta sans neutrino, Détecteur SPC

Mots clés en anglais : Double beta decay without neutrinos, SPC detector

Contexte

La détermination de la nature du neutrino (Majorana ou Dirac) constitue l'une des interrogations fondamentales de la physique des particules contemporaine. L'observation d'une double désintégration bêta sans émission de neutrinos ($2\beta 0\nu$) reste aujourd'hui le moyen le plus sensible pour lever cette interrogation. Cette recherche est poursuivie dans le monde entier, en exploitant des détecteurs de plus en plus massifs, mais qui sont handicapés par le bruit de fond radioactif. Le développement de nouveaux concepts de détection, garantissant une sensibilité à des signaux très faibles et une mesure non altérée par le fond radioactif, pourrait induire des avancées notables dans cette problématique.

Dans ce cadre, la motivation du projet de R&D R2D2 (Rare Decays with Radial Detector, lancé en 2017, impliquant 5 laboratoires français, et financé par l'IN2P3) est de développer une nouvelle méthode de recherche des désintégrations $2\beta 0\nu$ en exploitant le concept de détecteur SPC (Spherical Proportional Counter) proposé par I. Giomataris en 2007, rempli d'un gaz lourd (Xe^{136}) porté à haute pression (40 bars). Les atouts de ce détecteur nouveau sont multiples : simplicité mécanique et électronique (un seul canal de lecture), confinement d'une grande masse d'isotopes dans un petit volume (une sphère d'un mètre de rayon correspond à une tonne de gaz), résolution en énergie attendue vers 2.5 MeV de 1% FWHM (et avec un bruit proportionnel à la largeur en énergie de la fenêtre de recherche du signal).

Objectifs

La finalité de la démarche est de porter les performances de détection du SPC jusqu'à leurs limites (résolution en énergie, efficacité de détection, seuil de détection, bruit de fond). L'objet de la première phase sera d'optimiser le premier prototype de détecteur SPC de 40 cm de diamètre fonctionnant avec de l'Ar ou du Xe naturel qui est installé au CENBG, afin de prouver qu'une résolution en énergie de 1% FWHM est effectivement accessible. L'objectif subséquent sera de développer un démonstrateur pouvant contenir 50 kg de Xe afin de démontrer qu'un bruit de fond négligeable (en accord avec les simulations) est atteignable. Ce dernier sera alors installé au LSM (Laboratoire Souterrain de Modane) afin de d'être protégé du flux des muons cosmiques. Compte tenu de la masse de gaz utilisé, cette réalisation pourrait alors devenir compétitive vis-à-vis des autres expériences actuellement menées au niveau international. A plus long terme, l'opportunité d'exploiter une tonne de Xe (et par conséquent d'étudier la désintégration double bêta sur un domaine couvrant la totalité de l'hypothèse d'une hiérarchie de masse des neutrinos inverse) sera envisagée.

Compétences requises

Le travail de thèse se développera selon 2 axes principaux : l'un sur le site du CENBG, le second sur le site de SUBATECH. La finalité de cette synergie sera de porter les performances du détecteur à ses limites (résolution en énergie, efficacité de détection, seuil de détection, bruit de fond, immunité au fond radioactif, etc...). Au CENBG, la mission de prendre une part essentielle à la mise au point du détecteur, ainsi qu'aux prises de données expérimentales et leur analyse préliminaire. A SUBATECH, la mission de s'investir dans le développement et l'optimisation des algorithmes numériques de traitement des signaux, essentiel à l'analyse la plus aboutie des données. S'adossant sur une formation en physique corpusculaire, l'étudiant devra avoir un intérêt marqué pour les développements en instrumentation et en informatique. Des connaissances élémentaires en électronique, en traitement de signal et en filtrage numérique seront un atout.