



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **29 juin 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur FILIPPINI Jean-Baptiste**

Titre de la thèse : « *Etude d'une électronique HEMT couplée à des détecteurs cryogéniques pour l'expérience RICOCHET* »

Résumé



Les détecteurs cryogéniques en germanium à double mesure de l'ionisation et de la chaleur permettent d'identifier le type de recul provoqué lors d'une interaction. Placés dans un cryostat à dilution, optimisé pour sa basse radioactivité et entouré de blindages plomb et polyéthylène adaptés aux objectifs scientifiques, ils peuvent être utilisés comme détecteurs d'événements rares. Les bolomètres de l'expérience RICOCHET serviront à mesurer l'interaction des neutrinos par diffusion élastique cohérente neutrino-noyau (CENNS), en discriminant les reculs de noyaux induits par ce processus, des reculs électroniques, dominants pour les bruits de fond.

L'objectif de RICOCHET est de réaliser une mesure précise de l'interaction CENNS, de la comparer aux prédictions du Modèle Standard et de rechercher des signes de nouvelle physique. L'expérience utilisera 27 détecteurs en germanium de 38 g (CryoCube) et 9 détecteurs de 32 g en zinc supraconducteur (Q-Array), et sera installée à l'Institut Laue-Langevin (ILL), à 8 m du réacteur de recherche de 58 MW. Le flux d'antineutrinos de $10^{12}/(\text{cm}^2.\text{s})$ sur les détecteurs induira 15 interactions CENNS par jour sur le CryoCube.

Les détecteurs de 38 g du CryoCube sont produits par l'IJCLab. Ils sont basés sur une optimisation des détecteurs massifs (800 g) de l'expérience EDELWEISS-III de recherche de matière noire. Cette optimisation a déjà permis d'obtenir des résolutions de 20 eV en voie chaleur et 200 eV_{ee} (équivalent-électron) pour la voie ionisation. L'objectif pour RICOCHET est d'atteindre un seuil en énergie de recul de 50 eV, correspondant à des résolutions de 10 eV chaleur et 20 eV_{ee} ionisation.

Cette thèse a pour but d'atteindre ces résolutions, en utilisant une technologie de transistor HEMT (High Electron Mobility Transistor), développée pour des utilisations à basse fréquence et très haute impédance par le laboratoire C2N du CNRS.

L'avantage de cette technologie réside dans sa possibilité de fonctionnement à température < 4 K, permettant d'utiliser les HEMT proches des détecteurs, et réduisant fortement la longueur et la capacité parasite du câblage, avant le premier étage d'amplification traditionnellement composé de transistor Si-JFET fonctionnant autour de 120 K. Ce gain en capacité parasite améliore directement les performances en voie ionisation.

Un modèle de bruit, basé sur les données HEMT du C2N à 4.2 K et sur les géométries de détecteurs optimisées pour RICOCHET, a été développé et montre que les objectifs sont atteignables pour des détecteurs de 38 g et une capacité totale en entrée des HEMT réduite à 20 pF.

Des mesures de gain et de bruit ont été effectuées, afin de mesurer les performances des HEMTS pour un large spectre de conditions de température et de dissipation, et contraindre leur utilisation dans la future expérience. L'homogénéité a été étudiée sur 25 transistors et a permis d'extrapoler sur la faisabilité pour RICOCHET d'utiliser jusqu'à 150 HEMT sur l'étage 1 K, déporté à seulement quelques cm des détecteurs. L'électronique de lecture et de polarisation sera couplée dans un même Boitier Bolomètre (BB) avec

l'électronique de numérisation, de répartition et de synchronisation des données, développée conjointement par l'IP2I et l'Institut Néel.

Les HEMT ont été couplés à des détecteurs prototypes et ont permis d'obtenir des résolutions en voie ionisation de 41 eV_{ee} , sans que l'électronique et le câblage ne soient entièrement optimisés. Cela constitue la meilleure performance mondiale obtenue sur des détecteurs cryogéniques en germanium. Les pistes d'optimisation sont bien définies pour atteindre l'objectif de 20 eV_{ee} . Les performances en voie chaleur sont limitées à environ 60 eV . Un large bruit en excès a été identifié mais n'a pu être réglé dans le cadre de cette thèse. Des scénarios d'explications possibles ont été définis et devront être testés. Les signaux chaleur seront lus par une électronique plus classique, à base de Si-JFET, pendant la première phase de RICOCHET.