

Proposition de thèse – 2023-2026

Thématique : Matière Noire

Sujet de thèse : Développements de détecteurs cryogéniques en germanium à fort pouvoir de réjection pour la recherche directe de matière noire légère.

Directeur de thèse : Corinne AUGIER

Téléphone : 04 72 43 10 90

Email : c.augier@ip2i.in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 313

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Description du travail demandé :

Une des pistes les plus intensément cherchées pour identifier la nature de la matière noire qui constituerait la grande majorité du bilan de matière de l'Univers est la méthode de recherche directe, qui consiste à détecter, dans une cible en laboratoire, les reculs de noyaux atomiques ou d'électrons dus à des collisions avec des particules constituant le halo sombre de notre Galaxie. Les collaborations internationales EDELWEISS et RICOCHET ont conjointement développé des détecteurs en germanium, refroidis à moins de 20 mK, où ces interactions sont identifiées par la production de plusieurs paires électron-trou, collectées sur des électrodes couvrant le cristal, et par une élévation de température de quelques microkelvin, enregistrée par des thermistances en germanium de type NTD (Neutron Transmutation Doped). L'expérience de recherche de matière noire EDELWEISS a établi que ce double signal rendait possible une identification fine de la nature des événements détectés par ces dispositifs. Dans le cadre de l'expérience RICOCHET pour l'étude de la diffusion cohérente sur le noyau de neutrinos issus de réacteurs, un intense programme de développement instrumental basé à l'IP2I de Lyon a réussi à rendre ces détecteurs capables d'étendre cette capacité d'identification à des événements créant proche de la dizaine de charges produites. Ceci ouvre un fort potentiel pour la recherche de matière noire de masse inférieure à $1 \text{ GeV}/c^2$. Les détecteurs développés pour RICOCHET devront néanmoins être adaptés aux très fortes contraintes de basse radioactivité imposées par la recherche des très rares collisions de particules de matière noire. La collaboration EDELWEISS a démontré pouvoir obtenir des niveaux records de bas-bruit radioactif pour des détecteurs de ce type dans son site expérimental au Laboratoire Souterrain de Modane (LSM). Elle planifie déjà de s'allier à la collaboration internationale TESSERACT pour installer à l'horizon 2026 dans ce site une installation cryogénique capable d'accueillir la nouvelle génération de détecteurs spécialement adaptés pour la recherche sub-GeV. D'ici là, la caractérisation et les développements des détecteurs en vue de leur utilisation pour la matière noire se fera sur la plateforme cryogénique de l'IP2I et des tests dans des conditions plus strictes de radioactivités pourront se faire dans le cryostat BINGO au LSM. Ces mesures pourront aussi profiter de la synergie avec l'expérience RICOCHET. Ce travail sera l'objet de la thèse proposée, ainsi que l'exploitation de ces résultats pour optimiser la conception de l'ensemble de 1 kg de détecteurs pour l'expérience TESSERACT.

PhD thesis proposal – 2023-2026

Research field: Direct search for Dark Matter

Thesis title: Development of cryogenic germanium detectors with high rejection power for the direct search of light dark matter.

Supervisor: Corinne AUGIER

Phone: 04 72 43 10 90

Email: c.augier@ip2i.in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 313

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Work description:

One of the most intensely sought avenues for identifying the nature of dark matter, which would constitute the vast majority of the matter balance of the Universe, is the direct search method. This consists in detecting, in a laboratory target, the recoil of nuclei atoms or electrons due to collisions with the particles that constitute the dark halo of our Galaxy. The international collaborations EDELWEISS and RICOCHET have jointly developed germanium detectors cooled to less than 20 mK where these interactions are identified by the production of several electron-hole pairs, collected on electrodes covering the crystal, and by a rise in temperature of a few microkelvins, recorded by germanium thermistors of the NTD (Neutron Transmutation Doped) type. The EDELWEISS dark matter search experiment has established that this double signal makes possible a high-resolution identification of the nature of the events detected by these devices. As part of the RICOCHET experiment for the study of coherent scattering on the nucleus of neutrinos from reactors, an intense instrumental development program based at IP2I in Lyon has succeeded in making these detectors able to extend this identification performance to events creating as few as ten's of charges. This opens up a strong potential for the search for dark matter with a mass of less than 1 GeV/c². The detectors developed for RICOCHET will nevertheless have to be adapted to the very strong constraints of low radioactivity imposed by the search of the very rare collisions of dark matter particles. The EDELWEISS collaboration has demonstrated that it can obtain record levels of low radioactive backgrounds in detectors of this type in its experimental site at the Laboratoire Souterrain de Modane (LSM). It is already planning to join forces with the international collaboration TESSERACT to install a cryogenic facility on this site by 2026, capable of accommodating the new generation of detectors specially adapted for sub-GeV research. In the meantime, the characterization and development of detectors for their use for dark matter will be done on the IP2I cryogenic platform, while tests under stricter radioactivity conditions can be done in the BINGO cryostat at LSM. These measurements will also benefit from the synergy with the RICOCHET experiment. This work will be the subject of the proposed thesis, together with the exploitation of these results to optimize the design of the 1 kg array of detectors for the TESSERACT experiment.