

## Proposition de stage/thèse en physique nucléaire 2025-2028

**Titre:** Mesure des propriétés de désintégration bêta de noyaux d'intérêt pour la nucléosynthèse du  $^{44}\text{Ti}$  avec le nouveau détecteur (NA)<sup>2</sup>STARS de grande efficacité et de très bonne résolution.

**Equipe :** Nuclear Structure and Energy (SEN team), SUBATECH laboratory, Nantes, France.

**Contacts :** Fallot Muriel, Estienne Magali

Tel. : 02 51 85 84 15 Email : [fallot@subatech.in2p3.fr](mailto:fallot@subatech.in2p3.fr)

Tel. : 02 51 85 84 34 Email : [estienne@subatech.in2p3.fr](mailto:estienne@subatech.in2p3.fr)

### Description du sujet de thèse :

L'équipe SEN réalise des mesures de propriétés de désintégration bêta des noyaux riches en neutrons d'intérêt pour la structure nucléaire, l'astrophysique nucléaire et la physique des neutrinos et des réacteurs. En 2024, l'équipe et ses collaborateurs internationaux (France, Espagne, GB, Turquie, République Tchèque) ont obtenu le financement pour la conception, le développement et la construction du détecteur (NA)<sup>2</sup>STARS un spectromètre d'absorption Totale (TAS) de deuxième génération. Ce détecteur combinera l'excellente efficacité des détecteurs TAS de première génération et une très bonne résolution en plus de sa réponse rapide et permettra d'explorer les propriétés de noyaux exotiques d'intérêt pour l'astrophysique nucléaire, pour la structure nucléaire et pour la physique des neutrinos des réacteurs.

Dans sa version initiale (en 2026), il inclura une couronne de 13 cristaux de  $\text{LaBr}_3$  en plus des détecteurs TAS passés (Rocinante ou DTAS). L'agencement géométrique de ce détecteur est en cours de conception pour la première expérience qui sera réalisée à au GANIL sur la ligne de faisceau LISE en début d'année 2026. Sa construction devrait se faire en 2025 en parallèle de la mise en place des outils d'analyse et de simulation. La problématique proposée par Subatech pour cette première expérience est la nucléosynthèse du  $^{44}\text{Ti}$ , formé lors des explosions de supernovae et dont les observations sont importantes pour la compréhension de leur mécanisme. Cependant certaines réactions présidant à la production ou la destruction du  $^{44}\text{Ti}$  sont mal connues. La nouvelle expérience a pour objectif de réduire les incertitudes associées à la nucléosynthèse de ce noyau important en astrophysique.

Le panel des travaux que pourra mener la/le doctorant(e) est très large dans la mesure où elle/il pourra suivre le projet dans son entièreté. Cela pourra inclure conception/simulation préparatoires, réalisation de bancs de tests en laboratoire, préparation de codes d'exploitation des données et des codes d'analyse, participation à la mise en place de l'expérience sur site, prises de données puis analyse. En fonction des affinités de la/du doctorant(e) et du temps restant, une comparaison à des prédictions théoriques sera réalisée.

Avec la thèse proposée, la/le doctorant(e) est donc susceptible d'acquérir des compétences allant de l'instrumentation à la phénoménologie avec, certainement, une composante majoritaire en analyse de données, fournissant un profil de recherche très complet.

**NB : la thèse sera précédée d'un stage de M2 de 4 à 6 mois qui s'intéressera plus spécifiquement à des études de simulation des différents systèmes de mesure envisagés, mais également à des tests en laboratoire plus spécifiques des cristaux de  $\text{LaBr}_3$  dont la réponse sera caractérisée et comparée à des simulations Geant4. Les candidat(e)s sont fortement incité(s) à postuler à la fois au stage et à la thèse proposés.**

Les candidat(e)s doivent être titulaires d'un Master of Science (MSc) en physique, de préférence subatomique, ou des études universitaires équivalentes avec 300 ECTS au moment de la candidature et ils doivent avoir de bonnes compétences dans les méthodes d'analyse largement utilisées en physique expérimentale, telles que la programmation C++, le progiciel CERN/ROOT, la simulation de détecteurs avec des codes de Monte-Carlo (principalement Geant4).

Le candidat doit envoyer un CV, une lettre de motivation, au moins 2 lettres de recommandation (si possible, des tuteurs de stage de M1 et de M2)) et les notes des 3 dernières années universitaires aux contacts indiqués ci-dessus.

**Mots clés:** désintégration bêta, structure nucléaire, astrophysique nucléaire, physique des neutrinos des réacteurs, physique des réacteurs, sûreté nucléaire, mesures de gamma, détecteurs TAS, force Gamow-Teller, théorie de Fermi.

## Master2 Internship/PhD Proposition in Nuclear Physics 2025-2028

**Title:** Measurement of the beta decay properties of nuclei of interest for the nucleosynthesis of  $^{44}\text{Ti}$  with the new (NA)<sup>2</sup>STARS detector with high efficiency and very good resolution

**Team :** Nuclear Structure and Energy (SEN team), SUBATECH laboratory, Nantes, France.

**Contacts :** Fallot Muriel, Estienne Magali

Tel. : 02 51 85 84 15 Email : [fallot@subatech.in2p3.fr](mailto:fallot@subatech.in2p3.fr)

Tel. : 02 51 85 84 34 Email : [estienne@subatech.in2p3.fr](mailto:estienne@subatech.in2p3.fr)

### Description of the thesis topic:

The SEN team performs measurements of beta decay properties of neutron-rich nuclei of interest for nuclear structure, nuclear astrophysics and neutrino and reactor physics. In 2024, the team and its international collaborators (France, Spain, UK, Turkey, Czech Republic) obtained funding for the design, development and construction of the (NA)<sup>2</sup>STARS detector, a second-generation Total Absorption Spectrometer (TAS). This detector will combine the excellent efficiency of first-generation TAS detectors with very good resolution and rapid response, and will be used to explore the properties of exotic nuclei of interest for nuclear astrophysics, for nuclear structure and for reactor neutrino physics.

In its initial version (in 2026), it will include 13 crystals of  $\text{LaBr}_3$  in addition to the existing TAS (Rocinante or DTAS) detectors. The geometric layout of this detector is currently being designed for the first experiment to be carried out at GANIL on the LISE beamline in early 2026. The detector should be built in 2025, at the same time as the analysis and simulation tools are put in place. The first topic that the group wishes to study with this first experiment is the nucleosynthesis of  $^{44}\text{Ti}$ , formed during supernova explosions and whose observations are important for understanding their mechanism. However, little is known about some of the reactions that lead to the production or destruction of  $^{44}\text{Ti}$ . The aim of the new experiment is to reduce the uncertainties associated with the nucleosynthesis of this important nucleus in astrophysics.

The range of work that the PhD student will be able to carry out is very broad, as he/she will be able to follow the project in its entirety. This could include preparatory design/simulation, setting up test benches in the laboratory, preparing data processing and analysis codes, taking part in setting up the experiment on site, taking data and then analysis. Depending on the PhD student's affinities and the time available, a comparison with theoretical predictions could be carried out.

With the proposed thesis, the PhD student is therefore likely to acquire skills ranging from instrumentation to phenomenology with, most probably, a major component in data analysis, providing a very complete research profile.

**NB: the thesis will be preceded by an M2 internship of 4 to 6 months, which will focus more specifically on simulation studies of the various detector configurations envisaged, as well as more specific laboratory tests of  $\text{LaBr}_3$  crystals, the response of which will be characterized and compared with Geant4 simulations. Candidates are strongly encouraged to apply for both the internship and the thesis on offer.**

Candidates should have a Master of Science (MSc) in Physics (preferably subatomic) or equivalent university studies with 300 ECTS finished by the time of the application and they should have good skills in analysis methods largely used in experimental physics such as C++ programming, the CERN/ROOT package, detector simulation with Monte-Carlo codes (mainly Geant4).

The candidate should send a CV, motivation letter, 2 recommendation letters (one from M2 internship tutor) and marks of the last 3 university years to the contacts provided above.

**Key words:** beta decay, nuclear structure, nuclear astrophysics, reactor physics, nuclear safety, neutrino physics, electron measurement, TAS detectors, Gamow-Teller strength, Fermi theory