



## Mise œuvre et validation du détecteur véto muon pour l'expérience de diffusion cohérente de neutrinos NUCLEUS.

**Spécialité** Physique nucléaire

**Niveau d'étude** Bac+4/5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DPhN/LEARN](#)

**Candidature avant le** 29/04/2022

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [Lhuillier David](#)  
+33 1 69 08 94 97  
[david.lhuillier@cea.fr](mailto:david.lhuillier@cea.fr)

### Résumé

Ce stage se déroule dans le cadre de l'expérience NUCLEUS qui cherche à détecter la diffusion cohérente des neutrinos de réacteur sur les noyaux. Il porte sur la caractérisation du véto muon de l'expérience, élément clé de la réjection du bruit de fond.

### Sujet détaillé

L'expérience NUCLEUS a pour objectif de réaliser la première détection de la diffusion cohérente des neutrinos de réacteur sur les noyaux atomiques. La mesure précise de ce nouveau couplage des neutrinos avec la matière offre des perspectives uniques de recherche d'une nouvelle physique au-delà du modèle standard. La section efficace d'interaction de ce processus est plusieurs ordres de grandeurs supérieure à celle de la désintégration beta-inverse, utilisée jusqu'à présent par toutes les expériences de détection de neutrinos, mais sa signature se réduit à un infime recul d'un noyau. Dans le cas de NUCLEUS la gamme d'énergie des reculs recherchés est autour de 100 eV seulement. Une énergie détectable par les bolomètres de saphir et de CaWO<sub>4</sub> qui seront utilisés comme cibles car ils atteignent aujourd'hui des seuils de détection de 20 eV. L'installation de l'expérience est prévue en 2023 sur le site EDF de Chooz dans les Ardennes, à environ 80 m des deux cœurs de 4 GW. Un montage complet du dispositif sera réalisé auparavant à Munich pour valider les spécifications de toutes les composantes du dispositif.

Un des principaux challenges de la mesure sera de rejeter les bruits de fond à un niveau nettement en-dessous du faible taux de comptage neutrino attendu, de l'ordre de 1/jour pour la première phase de NUCLEUS avec 10g de cible. Notre institut est en charge du véto muon de l'expérience, un blindage actif disposé autour du détecteur central qui doit signer le passage à proximité du détecteur des rayons cosmiques, principale source de bruit de fond. Il est constitué de 28 modules, assemblés sous forme de cube pour une couverture la plus hermétique possible du dispositif central hébergeant les bolomètres.

La période du stage correspondra à la réception au CEA des modules, actuellement en fabrication. Chaque module contient un panneau de plastique scintillant dont le signal lumineux est capté par des fibres optiques connectées à des Silicon-Photomultipliers (SiPM). L'étudiant(e) participera à l'ensemble de la préparation du détecteur avant son envoi à Munich. Le travail comprendra le montage des modules et leur caractérisation : la calibration des SiPMs,

---

l'homogénéité de la réponse aux rayons cosmiques, l'efficacité de détection et la réjection du bruit de fond des rayons gammas. En parallèle de la validation des modules, l'étudiant(e) développera une première version du traitement des données de la configuration finale comprenant la procédure d'ajustement des seuils, les conditions de trigger et le suivi automatique des performances des modules.

Ce travail de stage offre donc une formation complète sur un système de détection, depuis son montage jusqu'à l'exploitation de ses données. Il se fera en étroite collaboration avec le département de physique des particules (IRFU-DPhP) et dans le cadre de la collaboration internationale de NUCLEUS, devant laquelle le (la) stagiaire présentera ses résultats. Des aptitudes pour la programmation sont préférables mais non obligatoires. Le stage est ouvert à des étudiants M1 ou M2, dans ce dernier cas une thèse est envisageable dans la continuité.

### **Mots clés**

physique des particules, physique des réacteurs, neutrinos

### **Compétences**

Calibration des scintillateurs Banc de test cosmique Analyses statistiques des données

### **Logiciels**

Langages C++ Logiciels ROOT et GEANT4

---

## Summary

### Full description

The NUCLEUS experiment aims at realizing the first detection of coherent scattering of reactor neutrinos on atomic nuclei. The precise measurement of this new coupling of neutrinos with matter offers unique perspectives for the search of new physics beyond the standard model. The interaction cross section of this process is several orders of magnitude larger than that of the inverse beta decay, used so far by all neutrino experiments, but its signature is reduced to a tiny recoil of a nucleus. In the case of NUCLEUS, the energy range of the recoil is around 100 eV only. An energy detectable by the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CaWO<sub>4</sub> bolometers which will be used as targets because they reach today detection thresholds of 20 eV. The installation of the experiment is planned for 2023 on the EDF site of Chooz in the Ardennes, about 80 m from the two 4 GW cores. A complete assembly of the device will be carried out beforehand in Munich to validate the specifications of all the components of the experimental setup.

One of the main challenges of the measurement will be to reject the background at a level well below the expected low neutrino count rate, of the order of 1/day for the first phase of NUCLEUS with 10g target. Our institute is in charge of the muon veto of the experiment, an active shielding around the central detector which must sign the passage of cosmic rays, the main source of background noise, near the detector. It consists of 28 modules, assembled in the form of a cube for the most hermetic coverage of the central device hosting the bolometers.

The period of the training course will correspond to the reception at CEA-Irfu of the modules, currently in manufacture. Each module contains a panel of plastic scintillator whose light signal is captured by optical fibers connected to Silicon-Photomultipliers (SiPM). The student will participate in the entire preparation of the detector before it is shipped to Munich. The work will include the assembly of the modules and their characterization: the calibration of the SiPMs, the homogeneity of the response to cosmic rays, the detection efficiency and the rejection of the gamma-ray background. In parallel to the validation of the modules, the student will develop a first version of the data processing of the final configuration including the threshold adjustment procedure, the trigger conditions and the automatic monitoring of the modules performances.

This internship offers a complete training on a detection system, from its assembly to the exploitation of its data. It will be done in close collaboration with the particle physics department (IRFU-DPhP) and in the framework of the international NUCLEUS collaboration, to which the trainee will present his or her results. Programming skills are preferred but not required. The internship is open to M1 or M2 students, in the latter case a thesis is possible afterwards.

### Keywords

particle physics, reactor physics, neutrinos

### Skills

Calibration of scintillators Cosmic test bench Statistical analysis of data

### Softwares

Langages C++ Logiciels ROOT et GEANT4