



## L'expérience NUCLEUS: vers une mesure précise du processus de diffusion cohérente des neutrinos sur noyaux auprès de réacteurs

**Spécialité** Physique nucléaire

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DPhP](#)

**Candidature avant le** 01/07/2020

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [Vivier Matthieu](#)  
+33 1 69 08 66 26  
[matthieu.vivier@cea.fr](mailto:matthieu.vivier@cea.fr)

**Autre lien**  
[http://irfu.cea.fr/en/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_techique.php?id\\_ast=2260](http://irfu.cea.fr/en/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_techique.php?id_ast=2260)

### Résumé

La diffusion cohérente des neutrinos sur noyaux est un processus d'interaction prometteur qui pourrait ouvrir la voie vers la miniaturisation des détecteurs de neutrinos, et aller sonder de la nouvelle physique au-delà du modèle standard de la physique des particules. Ce stage se propose de mener une étude poussée des bruits de fond pour concevoir une nouvelle expérience de détection des neutrinos basé sur ce processus, et dont le déploiement se ferait sur la centrale nucléaire de Chooz dans les Ardennes.

### Sujet détaillé

La diffusion cohérente des neutrinos sur noyaux (DCNN) est un processus d'interaction des neutrinos prédit il y a plus de 40 ans dans le cadre de l'élaboration du modèle standard de la physique des particules, et dont la première détection a été réalisée en 2017 par la collaboration américaine « COHERENT ». Ce processus, pouvant présenter des sections efficaces 10 à 1000 fois plus grandes que les canaux d'interaction classiques utilisés pour étudier les propriétés fondamentales du neutrino, offre des perspectives attrayantes pour la miniaturisation des détecteurs et la recherche de nouvelle physique (recherche de nouvelles interactions, études des propriétés électro-magnétique du neutrino, etc.). Il reste cependant largement inexploité, notamment parce que les reculs nucléaires induits sont de très faible énergie (? keV) et nécessitent donc des détecteurs à très bas seuil en énergie pour être observés. Notre équipe s'est donc orientée vers l'utilisation de détecteurs cryogéniques, et a récemment formé la collaboration NUCLEUS réunissant des partenaires Allemands, Autrichiens et Italiens pour concevoir un détecteur qui sera déployé sur la centrale nucléaire de Chooz dans les Ardennes.

Ce stage a pour objectif d'étudier et de simuler les bruits de fond dans les détecteurs cryogéniques de l'expérience. Cette étude permettra d'une part d'optimiser la configuration des blindages qui seront installés autour des détecteurs,

---

et d'autre part de comprendre la nature et l'origine de ces bruits de fond dans un domaine d'énergie (? keV) qui reste encore largement inexploré. Cette étude s'appuiera principalement sur un outil de simulation basé sur les logiciels Geant 4 et ROOT, et bénéficiera à la fois de mesures réalisées sur la centrale de Chooz et de mesures réalisées à l'occasion de la phase de prototypage des détecteurs cryogéniques.

Dans le cadre de cette étude, l'étudiant(e) sera amené(e) à interagir et collaborer avec les membres du projet, et pourra éventuellement participer aux prochaines campagnes de mesures de bruit de fond qui se dérouleront sur site. Ce stage sera pour lui/elle l'occasion d'approfondir ses connaissances dans différents domaines comme l'interaction rayonnement-matière, l'instrumentation, la conception et la simulation Monte Carlo de détecteurs en physique des particules et l'analyse de données. A l'issue de ce stage, il/elle aura d'autre part acquis des compétences avancées en programmation orientée-objet et en techniques de simulation Monte Carlo.

Ce stage pourra se poursuivre par une thèse.

### **Mots clés**

Physique des particules, physique des neutrinos, simulation Monte Carlo

### **Compétences**

Programmation C++ orientée objet Simulation Monte Carlo avec Geant 4 Analyse de données avec ROOT

### **Logiciels**

ROOT Geant 4 C++

---

## The NUCLEUS experiment: toward a precision measurement of coherent elastic neutrino-nucleus scattering at reactors

### Summary

Coherent elastic neutrino nucleus scattering is a promising interaction process which could potentially allow to scale down neutrino detectors, and probe new physics beyond standard model of particle physics. This internship consists in carrying a in-depth study of backgrounds for the design of a new experiment dedicated to the detection of neutrinos through this process at the Chooz nuclear power plant, in France.

### Full description

Coherent elastic neutrino nucleus scattering (CEvNS) is a neutrino interaction process predicted 40 years ago by the standard model of particle physics, and first detected in 2017 by the « COHERENT » collaboration. This process can exhibit interaction cross-sections a factor 10 to 1000 times larger than cross-sections of other neutrino interaction channels used to study the fundamental properties of the neutrino. It would thus offer promising perspectives for miniaturizing the size of current neutrino detectors, and it is also sensitive to new physics beyond the standard model (new interactions, study of the neutrino electro-magnetic properties, etc.). However, this process remains at the current time largely unexploited, mostly because the induced nuclear recoils are of extremely low energies (? keV) and hence call for low energy threshold detectors. Our research team therefore focuses on the use of cryogenic detectors and has recently formed an international collaboration with German, Austrian and Italian partners called NUCLEUS for designing and for deploying a neutrino detection experiment using CEvNS at the Chooz nuclear power plant, in France.

The goal of this internship is to conduct a in-depth study of the expected backgrounds for such an experiment. This study will allow both to optimize a shielding configuration and to understand the origin and nature of these backgrounds in a yet unexplored energy regime (? keV). This study will be conducted using a Geant 4-based Monte Carlo simulation tool, and will use on-site background measurements performed at the Chooz nuclear power plant as well as data collected during the prototyping phase of the cryogenic detectors.

### Keywords

Particle physics, neutrino physics, Monte Carlo simulation

### Skills

Object oriented C++ programming Monte Carlo simulation with Geant 4 Data analysis with ROOT

### Softwares

ROOT Geant 4 C++