



Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers  
**Département de Physique Nucléaire**

**THESIS DEFENCE**

Friday, November 26<sup>th</sup> 2021, 14h

Bat 713, salle de séminaires Galilée, CEA Saclay, Orme des Merisiers

**Vladimir SAVU**

CEA Saclay IRFU, DPhN Nuclear Physics Department

**Reactor neutrino studies : STEREO and NUCLEUS experiments**  
*(presentation in English)*

The present doctoral thesis focuses on the physics of reactor neutrinos, studied in the context of two experiments: STEREO and NUCLEUS.

STEREO is aimed at testing the hypothesis that an oscillation towards a sterile neutrino with a mass of  $\sim 1 \text{ eV}/c^2$  could explain the reactor antineutrino anomaly (RAA). It uses a segmented detector, placed at  $\sim 10 \text{ m}$  from the virtually pure  $^{235}\text{U}$  research reactor from ILL, to detect antineutrinos through the inverse beta decay (IBD) reaction. This thesis mainly focuses on two aspects of the STEREO analysis: the fine-tuning of the Monte Carlo simulation of the detector and the extraction of the antineutrino signal using a modelization of the reactor-off and reactor-on Pulse Shape Discrimination (PSD) distributions. The simulation fine-tuning led to a sub-percent agreement between data and simulation at the brute charge level, which allows for a better control of the energy scale, while the work on the antineutrino signal extraction allowed to put a systematic uncertainty on the absolute measured rate of antineutrinos, which led to the most accurate measurement to date.

The analysis of the whole STEREO dataset validates the  $\sim 6\%$  deficit observed in the total rate of reactor antineutrinos with respect to the predicted value, allows to reject the RAA best fit point at  $>99.99\%$  confidence level, and provides the most accurate pure  $^{235}\text{U}$  antineutrino spectrum. An improvement of the prediction is also proposed in this thesis, allowing to reproduce the measured antineutrino spectrum and to explore the origin of the anomalies.

The NUCLEUS experiment is placed between the two reactor cores of the Chooz nuclear power plant and is aimed at measuring the nuclear recoils induced by the coherent scattering of reactor antineutrinos off the nuclei of a cryogenic detector (CEvNS). The main challenges of the experiment are to obtain a very low detection threshold, a sufficiently fast time response, and a good background control, so that the detector could be operated in above-ground conditions. The work carried out during this thesis centered on the construction of a muon veto prototype and on geometrical simulations of the full NUCLEUS muon veto, aimed at estimating its efficiency and finding its optimal configuration.

Zoom visioconference: <https://us02web.zoom.us/j/81996324582>

---



Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers  
**Département de Physique Nucléaire**

## **SOUTENANCE DE THÈSE**

Vendredi 26 novembre 2021, à 14h

Bat 713, salle de séminaires Galilée, CEA Saclay, Orme des Merisiers

**Vladimir SAVU**

CEA Saclay IRFU, DPhN Département de Physique Nucléaire

### **Étude des neutrinos de réacteur : expériences STEREO et NUCLEUS**

*(la présentation sera en anglais)*

Cette thèse de doctorat porte sur la physique des neutrinos de réacteur, étudiée dans le cadre de deux expériences : STEREO et NUCLEUS.

L'expérience STEREO vise à tester l'hypothèse selon laquelle une oscillation vers un neutrino stérile de masse  $\sim 1 \text{ eV}/c^2$  pourrait expliquer l'anomalie des antineutrinos de réacteurs (RAA). Elle utilise un détecteur segmenté, placé à  $\sim 10 \text{ m}$  du réacteur de recherche quasiment pur en  $^{235}\text{U}$  de l'ILL, pour détecter des antineutrinos par la réaction de désintégration bêta inverse (IBD). Le travail de thèse se concentre principalement sur deux aspects de l'analyse STEREO : le réglage fin de la simulation Monte Carlo du détecteur et l'extraction du signal antineutrino à l'aide d'une modélisation des distributions de PSD (Pulse Shape Discrimination) obtenues avec le réacteur éteint et allumé. Le réglage fin de la simulation a conduit à un accord inférieur à un pour cent entre les données et la simulation au niveau de la charge brute, ce qui permet une meilleure maîtrise de l'échelle en énergie, tandis que le travail sur l'extraction du signal antineutrino a permis de mettre une incertitude systématique sur le taux absolu d'antineutrinos mesuré, conduisant à la mesure la plus précise à ce jour.

L'analyse de l'ensemble des données STEREO valide le déficit de  $\sim 6\%$  du taux total d'antineutrinos de réacteur par rapport à la valeur prédite, rejette le meilleur ajustement de la RAA à plus de 99,99% de niveau de confiance et fournit le spectre antineutrino plus précis de  $^{235}\text{U}$  pur. Une amélioration de la prédiction est également proposée dans ce travail de thèse, permettant de reproduire le spectre antineutrino mesuré et d'explorer l'origine des anomalies.

L'expérience NUCLEUS est placée entre les deux cœurs de la centrale nucléaire de Chooz et vise à mesurer les reculs nucléaires induits par la diffusion cohérente des antineutrinos du réacteur sur les noyaux d'un détecteur cryogénique (CEvNS). Les principaux défis de l'expérience sont l'obtention d'un seuil de détection très bas, d'une réponse temporelle suffisamment rapide et d'un bon contrôle du bruit de fond, de sorte que le détecteur puisse être exploité dans des conditions de surface. Les travaux menés au cours de cette thèse ont porté sur la construction d'un prototype de veto muon et sur des simulations géométriques du veto muon complet de NUCLEUS, visant à estimer son efficacité et à trouver la meilleure configuration.

Zoom visioconférence: <https://us02web.zoom.us/j/81996324582>

---