



## Application d'analyses multivariées à l'étude de la réjection du bruit de fond dans l'expérience STEREO.

**Spécialité** Physique nucléaire

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Ingenieur/Master

**Unité d'accueil** [DPhN/LEARN](#)

**Candidature avant le** 15/04/2019

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [LHULLIER David](#)

+33 1 69 08 94 97

[david.lhuillier@cea.fr](mailto:david.lhuillier@cea.fr)

### Résumé

L'expérience STEREO test l'existence possible d'un nouveau type de neutrino, le neutrino stérile, auprès du réacteur de recherche de l'ILL-Grenoble. Ce stage propose d'appliquer des analyses multivariées à l'amélioration de la rejection du bruit de fond, principal facteur limitant de la mesure.

### Sujet détaillé

La prédiction des flux de neutrinos émis par les réacteurs nucléaires a été réévaluée à l'Irfu. Ce travail a mis en évidence un déficit du nombre moyen de neutrinos détectés dans une vingtaine d'expériences par rapport aux prédictions. Ce déficit pourrait s'interpréter comme un mélange des neutrinos de type « électroniques » émis par les réacteurs avec un nouveau type de neutrino dit « stérile », dont l'existence est un sujet très débattu dans la communauté scientifique internationale. Ce neutrino stérile, qui ne serait sensible qu'à gravité, ne rentre pas dans le cadre du modèle standard de la physique des particules. Sa découverte aurait un impact majeur pour la physique des particules et la cosmologie.

De nombreux projets ont vu le jour à travers le monde pour explorer cette hypothèse, et parmi ceux-ci le projet STEREO. Ce détecteur est actuellement installé à 10 m du cœur du réacteur de recherche de l'Institut Laue-Langevin (ILL), à Grenoble, et prend des données depuis mi-novembre 2016. La technologie de détection retenue est celle des liquides scintillants organiques largement répandue pour la détection des neutrinos de réacteur. Le détecteur est constitué de 6 cellules de détection identiques dans lesquelles est reconstruite la distribution en énergie des neutrinos [1]. Si le neutrino stérile existe, il doit se manifester par la signature unique d'une nouvelle figure d'oscillation : chaque spectre détecté sera déformé par rapport à la prédiction sans oscillation, et les minimum/maximum de cette déformation doivent évoluer d'une cellule à l'autre.

Ce stage propose à un(e) étudiant(e) de prendre une part active à l'analyse de l'expérience Stereo en testant des algorithmes de type réseaux de neurones ou arbres de décision pour l'optimisation du rapport signal sur bruit. Des études préliminaires ont montré le potentiel de ces approches mais l'analyse actuelle repose encore sur un jeu de coupures indépendantes, plus adapté à la maîtrise des incertitudes systématiques pour une première publication des

---

résultats [2]. Les événements de bruit sont principalement induits par l'interaction des rayons cosmiques à proximité du détecteur et la sensibilité de la mesure STEREO dépend en premier lieu de leur réjection. Les tests des analyses multivariées proposés ici bénéficient des récents développements de STEREO :

- Plusieurs mois de données réacteur OFF, représentant un large échantillon de pur bruit de fond, sont à présent disponibles pour la phase d'apprentissage des algorithmes.
- La simulation GEANT4 de l'expérience reproduit avec précision la réponse du détecteur, permettant de générer un échantillon représentatif du pur signal neutrino et d'étudier l'impact de la sélection sur le signal. L'accent sera mis sur le fait que la réjection du bruit ne doit pas distordre le spectre en énergie des événements neutrinos.

Ce stage sera l'occasion pour un(e) étudiant(e) motivé(e) d'approfondir ses connaissances en physique du neutrino et physique des réacteurs, en détection par scintillation liquide et bien sur en techniques d'analyse. Il (elle) participera aux réunions hebdomadaires d'analyse ainsi qu'à un meeting de collaboration et sera amené à y présenter ses résultats. L'étudiant(e) pourra compter sur le soutien de l'équipe du DPhN au CEA-Saclay (3 physiciens, 2 thésards) pour le former sur les codes d'analyse et de simulation, l'accompagner dans son travail et interagir le plus possible avec toutes les équipes de la collaboration (CEA-Saclay, Institut Laue-Langevin, CNRS-LAPP Annecy, CNRS-LPSC Grenoble, Max Plank Institut de Heidelberg). Un niveau master 2 est demandé pour ce stage et un sujet de thèse est proposé au DPhN dans la continuité du stage. Un bon niveau en programmation est souhaité.

[1] The STEREO experiment, N. Allemandou et al., JINST 13 (2018) no.07, 07.

[2] Sterile neutrino exclusion from the STEREO experiment with 66 days of reactor-on data, H. Almazán, arXiv:1806.02096, to be published in Phys. Rev. Lett.

### **Mots clés**

neutrino, physique des particules, réacteur, réseau de neurones

### **Compétences**

Détection de neutrinos dans les liquides scintillants Réseaux de neurones Arbre de décision Analyses statistiques

### **Logiciels**

Langage C++ Logiciels ROOT, GEANT4

---

## Application of multivariate analyses to the rejection of background for the STEREO experiment

### Summary

The STEREO experiment tests the possible existence of a new type of neutrino, the sterile neutrino, at the ILL-Grenoble research reactor. This internship proposes to apply multivariate analyses to improve background noise rejection, the main limiting factor of the measurement.

### Full description

The prediction of neutrino fluxes emitted by nuclear reactors has been reassessed at Irfu. This work revealed a deficit in the average number of neutrinos detected in many experiments compared to the predictions. This deficit could be interpreted as a mixing of the "electronic" neutrinos emitted by the reactors with a new type of neutrino called "sterile", whose existence is a subject much debated in the international scientific community. This sterile neutrino, which would only be sensitive to gravity, does not fit into the standard model of particle physics. Its discovery would have a major impact on particle physics and cosmology.

Several measurements have been launched around the world to explore this hypothesis, including the STEREO project. This detector is currently installed 10 m from the core of the research reactor of the the Laue-Langevin Institute (ILL) in Grenoble. It has been taking data since mid-November 2016. The detection technology used is that of organic liquid scintillators, which is widely used for the detection of reactor neutrinos. The detector consists of 6 identical detection cells in which the energy distribution of the neutrinos is reconstructed [1]. If sterile neutrinos exist, they must manifest by the unique signature of a new oscillation pattern: each detected spectrum will be deformed with respect to the non-oscillation prediction, and the minimum/maximum of this deformation must evolve from one cell to another.

This internship allows a student to take an active part in the analysis of the Stereo experiment by testing algorithms such as neural networks or decision trees to optimize the signal-to-noise ratio. Preliminary studies have shown the potential of these approaches, but the current analysis is still based on a set of independent cuts, better suited to controlling systematic uncertainties for a first publication of the results [2]. Background events are mainly induced by the interaction of cosmic rays in the vicinity of the detector and the sensitivity of the STEREO measurement depends primarily on their rejection. The tests of the multivariate analysis proposed here benefit from STEREO's recent developments:

- Several months of reactor-OFF data, representing a large sample of pure background events, are now available for the learning phase of the algorithms.
- The GEANT4 simulation of the experiment accurately reproduces the detector response, allowing a representative sample of the pure neutrino signal to be generated and the impact of the selection on the signal to be studied. Emphasis will be placed on the fact that noise rejection must not distort the energy spectrum of neutrino events.

This internship will be an opportunity for a motivated student to deepen his or her knowledge of neutrino and reactor physics, liquid scintillation detection and of course analysis techniques. He/she will participate in the weekly analysis meetings as well as a collaboration meeting and will be led to present his/her results. The student will be receive full support from the DPhN team at CEA-Saclay (3 physicists, 2 PhD students) to learn the analysis and simulation codes and interact as much as possible with all the STEREO collaboration team (CEA-Saclay, Institut Laue-Langevin, CNRS-LAPP Annecy, CNRS-LPSC Grenoble, Max Plank Institut de Heidelberg). A Master 2 level is required for this internship and a thesis subject is proposed at DPhN as a continuation of the internship. A good level of programming is desired.

1] The STEREO experiment, N. Allemandou et al, JINST 13 (2018) no.07, 07.

2] Sterile neutrino exclusion from the STEREO experiment with 66 days of reactor-on data, H. Almazán, arXiv:1806.02096, to be published in Phys. Lett. Rev.

### Keywords

---

neutrino, particle physics, reactor, neural network

### **Skills**

Neutrino detection in liquid scintillators Neural network Decision tree Statistical analysis

### **Softwares**

Langage C++ Logiciels ROOT, GEANT4