

Analyse des données de l'expérience SoLiD :  
Mesure du spectre antineutrino à BR2 et recherche d'oscillations vers un neutrino stérile.

LPC Caen, UMR 6534, ENSICAEN, Université de Caen

**Contexte :**

Le neutrino est la particule massive du modèle standard la plus abondante dans l'univers. C'est également celle qui interagit le moins. Ainsi, malgré d'énormes progrès expérimentaux, sa nature et ses propriétés fondamentales restent encore inconnues: nature de Dirac/Majorana, violation de CP, échelle absolue de masse, autres saveurs. Pour autant, cette particule commence à être considérée comme une nouvelle sonde dans de nombreux domaines (non-prolifération, géoneutrinos, supernovae,...). Dans ce contexte, il apparaît pertinent de continuer le développement de nouvelles techniques de détection et de poursuivre l'étude complète des propriétés de cette particule énigmatique.

Récemment, trois anomalies expérimentales indépendantes (Gallium, LSND/MiniBoone, réacteurs) appuient l'hypothèse de l'existence d'une nouvelle famille de neutrino, dite stérile car n'interagissant pas par interaction faible. Plus spécifiquement, en ce qui concerne l'anomalie réacteur (RAA), il s'agit d'un déficit du nombre d'événement neutrino détecté par rapport aux prédictions théoriques mais également une déformation du spectre en énergie autour de 5-8 MeV. Cette situation nécessite de nouvelles mesures plus précises mais surtout pour des longueurs d'oscillations beaucoup plus courtes. Dans ce contexte, le projet SoLiD a proposé de développer une nouvelle technologie, permettant la mesure précise du flux de neutrino à de très courte distance (5-10 m) du réacteur nucléaire BR2@SCK-CEN (Mol, Belgique). In fine, ce projet permettra de tester l'hypothèse de cette saveur stérile pour des masses proche de  $1 \text{ eV}/c^2$ . SoLiD a été installé en novembre-décembre 2017, et acquièrent des données en mode physique depuis avril 2018.

**Expérience SoLiD :**

Pour toutes ces expériences réacteur, la détection des anti-neutrinos repose sur la réaction bêta inverse (IBD). Or la probabilité d'interaction (IBD) est extrêmement faible. Tout ces nouvelles expériences font donc face à d'importants défis expérimentaux. La problématique est donc la recherche d'un signal neutrino, faible en intensité, et ceci dans un environnement bruit de fond très élevé pour ce type de détection. Dans ces conditions expérimentales difficiles, il s'agit de développer une nouvelle technologie, adéquate pour une utilisation dans une Installation Nucléaire et surtout capable de rejeter efficacement toute sources de bruit de fond.

Le concept et la technologie du dispositif expérimental SoLiD sont totalement novateurs et répondent à ces nouvelles exigences. C'est un détecteur solide, très finement segmenté et composé de deux types de scintillateur (PVT, LiF:ZnS). Il est assemblé sous la forme d'un réseau 3D de 12800 pixels, lus par un réseau de fibre optique couplées à des MPPC. L'usage du scintillateur LiF:ZnS permet de discriminer très proprement le signal neutron des signaux électromagnétiques. En outre, la segmentation du détecteur permet de reconstruire la topologie des événements détectés, et ainsi de comprendre, mesurer et rejeter le bruit de fond.

Ce projet est mené par une collaboration internationale (France, UK, Belgique, USA) regroupant dix laboratoires. Depuis le commencement du projet, le LPC-CAEN est très fortement impliqué. Ses principales contributions ont portées sur le développement et l'analyse du premier module SM1 (software et analyse en forme du signal) ainsi que sur les études de simulations du dispositif avec Géant4 ou MCNP (générateur d'événement, réponse neutron). Le groupe prend également en charge une partie des calculs cœurs (distribution de fission, acceptance et bruit de fond neutron). Enfin, le laboratoire est responsable du système de calibration neutron, élément essentiel du

dispositif. Lors de la construction des modules, nous avons pu observer une bonne uniformité du détecteur en terme d'efficacité neutron et de calibration en énergie.

**La thèse :**

Le sujet de thèse proposé s'inscrit pleinement dans les activités du groupe.

Nous proposons dans un premier temps, d'effectuer une analyse multidimensionnelle afin de discriminer les bruits de fonds et les signaux d'intérêt pour la signature d'un événement IBD. En effet, une forte contribution du bruit de fond est induite par des neutrons cosmogéniques qui génèrent des dépôts d'énergie dans le PVT, suivis par une capture neutron ; ce qui peut mimer notre signal anti-neutrino, les premières études montrent que des coupures simples ne sont efficaces à la réjection du bruit de fond. Ce travail se basera sur les données expérimentales ainsi que sur les simulations.

La seconde partie du travail concernera l'exploitation de la mesure du spectre anti-neutrino, une comparaison avec les différents prédictions de spectre réacteurs afin de contraindre les différents modèles. Ce travail sera effectué en interaction avec le groupe réacteur de la collaboration SoLid, et une analyse statistique sera menée afin de tester l'hypothèse de l'existence d'un neutrino stérile.

Le candidat ou la candidate devra donc posséder un goût prononcé pour la programmation (C++ et la manipulation de données (root). Il/elle devra être capable de travailler en collaboration avec les différents partenaires de l'expérience. Cette thèse proposera une formation complète de physiciens expérimentateur en physique fondamentale (neutrino) ainsi que des compétences plus large en simulation et analyse de données.

Contact : Gregory Lehaut, [lehaut@lpccaen.in2p3.fr](mailto:lehaut@lpccaen.in2p3.fr)  
Benoit Guillon, [guillon@lpccaen.in2p3.fr](mailto:guillon@lpccaen.in2p3.fr)