

OPTIMISATION DE L'ANALYSE DE L'EXPERIENCE DOUBLE CHOOZ POUR LA MESURE DU PARAMETRE D'OSCILLATION θ_{13} , LA NON-PROLIFERATION NUCLEAIRE ET LA RECHERCHE DE NEUTRINOS STERILES

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

Ce sujet de thèse aborde 3 thématiques avec la même physique des neutrinos :

- La mesure de précision pour la physique fondamentale ;
- L'étude de la non-prolifération nucléaire avec les neutrinos ;
- La recherche de neutrinos stériles.

Double Chooz est l'une des trois expériences auprès de réacteurs nucléaires dans le monde dédiée à la mesure du paramètre d'oscillation θ_{13} des neutrinos. Alors que la précision atteinte sur ce paramètre est déjà bien avancée, il peut néanmoins subsister des biais dans les analyses. L'expérience Double Chooz a, jusqu'en 2014, uniquement utilisé un seul détecteur pour effectuer cette mesure. Un deuxième détecteur est entré en fonction fin 2014 et l'exploitation des données de ces deux instruments devrait permettre de comprendre au maximum les systématiques dans la mesure de θ_{13} . Cette mesure faite par ces trois expériences réacteur concurrentes sera probablement inégalée pendant de nombreuses années et le travail de fouille et de compréhension complète des systématiques réacteur, détecteur et des bruits de fond est essentielle pour assurer le résultat le plus juste et le plus précis possible.

L'étude de ces nouvelles données du détecteur proche de Double Chooz couplée avec les autres projets du groupe (Nucifer et CeSOX) réalisés en collaboration avec des équipes de la Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN) et de la Direction des Applications Militaires (DAM), permettra également de mieux comprendre les neutrinos produits par le combustible des réacteurs et leur sensibilité pour les questions de non-prolifération nucléaire. Ces études constituent un enjeu sociétal appliqué potentiellement important.

Enfin le dernier volet thématique de cette thèse aborde un sujet de prospective fondamentale très porteur aujourd'hui, à savoir la recherche de potentiels neutrinos stériles, faisant suite aux publications réalisées par le groupe.

Les méthodes d'analyse sont communes et l'effort abouti pourra permettre des avancées importantes dans ces 3 domaines thématiques.

L'étudiant rejoindra l'équipe du CEA de Saclay pour élaborer une analyse dite optimale des données. L'équipe du CEA a déjà une très bonne visibilité et reconnaissance pour la compréhension globale de l'analyse depuis le cœur des réacteurs jusqu'au courant électrique mesuré dans les photomultiplicateurs pour détecter les neutrinos. L'objectif de ce travail de thèse sera d'exploiter de façon optimum toute cette connaissance, jusqu'à présent parcellaire, afin d'extraire le maximum d'information de ces mesures. On empruntera pour cela des techniques modernes d'analyse de type *Big Data*, telles que les réseaux bayésiens fortement utilisés entre autres dans les analyses des réseaux sociaux, de reconnaissance vocale ou le traitement d'images.

DESCRIPTION

GROUPE/LABO/ENCADREMENT

Au sein de la Direction des Sciences de la Matière (DSM), l'équipe d'accueil du Service de Physique des Particules (SPP), est composée de 3 physiciens permanents et travaille en étroite collaboration avec une équipe du SPnN, Service de Physique Nucléaire, également constituée de 3 physiciens permanents ainsi que des équipes de la DEN. Il y a actuellement 2 étudiants en thèse dans chacune de ces équipes du SPP et du SPnN et 1 étudiant en post-doctorat. Le groupe est fortement impliqué dans l'analyse. L'encadrant de cette thèse est spécialisé dans la recherche de méthodes statistiques innovantes et dans la combinaison optimale d'information.

TRAVAIL PROPOSE

Ce travail de thèse portera essentiellement sur l'analyse de données, la mise en place d'un nouveau cadre d'étude et son exploitation.

Jusqu'à aujourd'hui nous avons basé nos analyses sur des méthodes standards et robustes. Il s'agit maintenant de les dépasser. Le travail de thèse proposé amènera à discuter avec l'ensemble des acteurs des collaborations afin d'ajuster au mieux notre connaissance *a priori*, et les méthodes d'analyse développées permettront d'établir des validations croisées des informations afin de vérifier la cohérence globale.

Il nécessitera une bonne compréhension de la physique depuis la production des neutrinos jusqu'à leur détection. Il permettra à l'étudiant de comprendre une expérience de physique des particules de A à Z et de produire une analyse englobant toute cette compréhension.

Le cadre de cette analyse reposera fortement sur les statistiques qui seront beaucoup développées et où l'équipe d'accueil est clairement à la pointe dans ce domaine. L'étudiant sera amené à utiliser les logiciels tels que Matlab pour des prototypages rapides ou des analyses phénoménologiques et les standards du domaine tels que ROOT, GEANT4 et de la programmation en C++ et Python pour des simulations Monte Carlo plus importantes.

En supplément l'étudiant pourra aussi contribuer sur le travail phénoménologique sur « l'anomalie des neutrinos de réacteurs » et ses mises à jour. Le cadre est adaptable en fonction des compétences du candidat.

FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

Master 2 de physique des particules ou physique théorique, de bonnes capacités en calcul et programmation. Un goût certain pour les statistiques. Des connaissances de base en C++, Python, Matlab et en statistiques et probabilités.

COMPETENCES ACQUISES

À l'issue de sa thèse l'étudiant aura acquis une vision d'ensemble de plusieurs expériences de physique des particules. Il aura acquis un

savoir et un savoir-faire essentiels pour réaliser des analyses de données performantes.

Dans le domaine de la physique des particules et de la physique nucléaire, l'utilisation de GEANT4, ROOT, les connaissances en radioactivité et réacteurs nucléaires seront des valeurs ajoutées évidentes.

Plus généralement la programmation en Matlab, C++, Python sont des compétences largement transférables dans d'autres domaines. Enfin une part importante du travail amènera l'étudiant à acquérir de nombreuses connaissances et pratiques en statistiques de type *Machine Learning*, très en vogue aujourd'hui avec l'ère du *Big Data*.

Des formations sont possibles à l'INSTN, à disposition des étudiants du CEA sur : l'organisation du travail de thèse et sa valorisation, sur des compétences techniques particulières, *etc.*

COLLABORATIONS/PARTENARIATS

L'étudiant fera partie de la collaboration Double Chooz rassemblant 7 pays et environs 150 physiciens. Suivant les développements aboutis l'étudiant pourra également participer aux collaborations de Nucifer, CeSOX.

Des missions à l'international pour les conférences, ateliers, séminaires, réunions de travail, *etc.* sont à prévoir. L'expérience Double Chooz est, elle, basée en France à Chooz dans les Ardennes, CeSOX en Italie au Gran Sasso et Nucifer au CEA de Saclay sur le site du réacteur Osiris.

CONTACTS

Responsable de la thèse : Guillaume MENTION, guillaume.mention@cea.fr

Chef de groupe : Thierry LASSERRE, thierry.lasserre@cea.fr.

Chef de service : Anne-Isabelle Étienvre, Anne-Isabelle.etienvre@cea.fr