
Etudes de performances de futurs faisceaux de neutrinos

DIRECTEURS DE THESE : MARCOS DRACOS

CO-ENCADRANT :

INSTITUT PLURIDISCIPLINAIRE HUBERT CURIEN (IPHC)

23 RUE DU LOESS, BP 28, 67037 STRASBOURG CEDEX

TEL : 03 88 10 63 70 ; E-MAIL : MARCOS.DRACOS@IN2P3.FR

Ces dix dernières années la physique du neutrino, avec la découverte des oscillations, est le seul secteur qui a donné des signes d'une physique au delà du modèle standard. Malgré ces avancées spectaculaires, les neutrinos présentent encore beaucoup de mystères très probablement liés aux premiers instants de la création de l'univers. Les angles de mélange des oscillations ont été mesurés avec une certaine précision, mais de nombreuses questions restent en suspens et l'étape suivante consistera notamment à explorer la violation de CP dans le secteur leptonique. Bien que les différences de carrées des masses de neutrinos soient mesurées, la hiérarchie de masse reste encore inconnue. Compte tenu de l'énorme quantité de neutrinos présents dans l'univers, toutes ces mesures pourraient avoir de grandes répercussions au niveau cosmologique.

Pour aller au-delà des connaissances actuelles et compte tenu de la très faible section efficace d'interaction des neutrinos avec la matière, des faisceaux très intenses de neutrinos sont nécessaires et requiert des technologies nouvelles et innovantes. Pour réaliser ces études, un projet européen EUROnu a été mis en place et a réalisé une étude comparative entre trois infrastructures: les Super Beam, les Beta Beam et la Neutrino Factory. Notre institut a activement participé à ces études et notamment à l'option Super Beam. Pour les études de ce superfaisceaux, il est envisagé d'utiliser un faisceau de protons dix fois plus intense que les faisceaux existants actuellement. Les protons, entrant en collisions avec une cible fixe, produisent des mésons qui se désintègrent et donnent des neutrinos.

Compte tenu de la valeur relativement élevée du dernier angle de mélange θ_{13} mesuré récemment par des expériences auprès des réacteurs nucléaires, il s'avère que l'option superfaisceaux s'avère très compétitive pour observer pour la première fois la violation de CP dans le secteur leptonique. Notre institut a proposé avec l'université d'Uppsala, l'utilisation du linac de protons de la source européenne de spallation (ESS) pour produire un superfaisceau. Ce linac en cours de construction à Lund (Suède) produira un faisceaux de 5 MW et sera dans moins de dix ans le faisceaux de protons le plus puissant du monde. Pour bien focaliser les mésons issus de la cible et obtenir un faisceau intense de neutrinos dirigés vers un détecteur placé à grande distance (mesurée en centaines de km), un dispositif comprenant une cible et un collecteur hadronique doit être mis en place. Ces éléments clé influencent fortement l'intensité et l'énergie du faisceau de neutrinos résultant et par conséquent les performances de physiques. Pour bien optimiser les paramètres de ces dispositifs, il faut simuler l'ensemble des processus d'interaction dans la cible et propager les hadrons jusqu'à leur désintégration. Par la suite, suivant l'intensité et le spectre en énergie obtenus, il faut étudier les répercussions sur la physique à extraire.

Ce projet est actuellement soutenu par l'Action COST EuroNuNet et le projet European H2020 ESSnuSB.

Le but de cette thèse sera de participer à ces simulations et optimisations pour obtenir le résultat le plus adéquat avec les objectifs de physique qui peuvent encore évoluer ces prochaines années. L'étudiant aura dans un premier temps à s'intégrer dans les groupes européens actuellement en place. Il aura à bien connaître la physique du neutrino et les développements actuels dans le domaine. A la fin de chaque itération, les performances du dispositif doivent être déterminées en fonction du détecteur envisagé.

L'étudiant devra avoir de solides connaissances en C++ et ROOT.