
Etude des performances de futurs faisceaux neutrinos.

DIRECTEURS DE THESE : MARCOS DRACOS, ERIC BAUSSAN
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. Nous venons de mesurer avec une certaine précision tous les angles de mélange des oscillations de neutrinos mais nous ne connaissons rien d'une éventuelle violation de CP dans le domaine leptonique. Bien que les différences de carrées des masses entre neutrinos soient mesurées nous ne savons encore rien sur la hiérarchie de masse. 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. Ces faisceaux nécessitent des technologies nouvelles et innovantes. Pour faire ces études et déterminer la meilleure facilitée neutrino à construire, un projet européen appelé EUROnu a été mis en place. Ce projet a étudié et comparé les trois options: les Super Beams, les Beta Beam et la Neutrino Factory. Notre institut a activement participé à ces travaux et notamment à l'option Super Beam. Pour les études Super Beam il est envisagé d'utiliser un faisceau de protons 10 fois plus intenses que les faisceaux existants actuellement. Les protons, entrant en collision 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 Super Beam est très compétitive pour observer pour la première fois la violation de CP leptonique. Notre institut propose actuellement avec l'université d'Uppsala l'utilisation du linac de la Source Européenne de Spallation (ESS) pour produire un Super Beam. Ce linac en cours de construction à Lund (Suède) produira un faisceau de proton de 5 MW et sera dans dix ans le faisceau de proton le plus puissant au monde. Des études préliminaires montrent bien que ce Super Beam a de fortes chances de découvrir une éventuelle violation de CP leptonique sur une large fraction de l'espace de phase.

Pour bien focaliser les mésons et obtenir un faisceau intense de neutrinos dirigé vers un détecteur placé à une grande distance (mesurée en centaines de km), un certain 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 physique. Pour bien optimiser les paramètres de ces dispositifs il faut simuler tous les processus d'interactions 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.

Le but de la thèse sera justement 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 ce 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.