

Résumé de thèse Emilie Lavaut

« Prototypes du Détecteur Lointain de DUNE: Calibrer au MeV »

Les neutrinos sont, depuis leur création, des particules centrales du Modèle Standard. La théorie de l’interaction faible fut créée par Fermi pour expliquer les comportements de cette mystérieuse particule. Depuis Poltergeist en 1956, qui les a en premier mesurés, jusqu’à KATRIN qui a établi la dernière limite sur leur masse, les neutrinos ont toujours été les vecteurs de nouvelle physique.

De par leur nature élusive, si la communauté scientifique a voulu les caractériser, il a fallu construire des détecteurs toujours plus volumineux et mieux maîtrisés. Dans ce contexte, une des technologies beaucoup utilisées pour la détection de neutrinos est la Chambre à Projection Temporelle avec de l’Argon Liquide (LArTPC) comme cible. Cette technologie a de nombreux avantages, dont une grande résolution spatiale et temporelle ainsi qu’une calorimétrie pouvant être précise au keV (dans des environnements très maîtrisés).

La prochaine génération de LArTPC comprend le détecteur DUNE, qui sera le plus gros jamais construit. DUNE mesurera les oscillations de neutrinos produits par un accélérateur ; de ces mesures, une caractérisation de la hiérarchie de masse et de la violation charge-parité dans le secteur leptique pourra être extraite. Ces questions sont des questions ouvertes de la physique des neutrinos. Mais avec son large volume actif et une forte réjection des muons cosmiques, DUNE (et notamment son détecteur lointain) est aussi un détecteur taillé pour la physique au MeV.

En effet, DUNE pourrait mesurer précisément les neutrinos émis par une explosion de supernova. De ces mesures, de précieuses informations, à la fois pour l’astrophysique mais aussi sur la nature des neutrinos, pourraient être extraites. Malheureusement, au MeV, on rencontre beaucoup plus de bruit de fond, notamment l’Ar39 (<1 MeV), dont les désintégrations arrivent constamment dans tout le volume de DUNE.

De plus, les outils de reconstruction de DUNE sont optimisés pour la physique au GeV, ce qui fait de la détection au MeV un challenge. Ces désintégrations offrent donc le signal parfait pour développer et tester de nouveaux outils de reconstruction dédiés à la physique au MeV. En même temps, reconstruire et identifier ces désintégrations nous permet de caractériser le détecteur, en mesurant notamment la recombinaison.

Cette thèse se déroule dans ce contexte : j’ai développé un nouvel outil de reconstruction au MeV et je l’ai testé sur les simulations et données (2024) du prototype de DUNE. Grâce à cet algorithme, nommé SingleHit, j’ai pu faire la première calibration au MeV de DUNE. Je l’ai qualifié sur des simulations et j’ai comparé ces simulations aux données afin d’identifier le signal d’Ar39 dans les données.

J’ai aussi mis en lumière et étudié une source de Bi207 et la contribution du Th232 dans le détecteur. Grâce à ces trois sources, j’ai pu trouver un facteur de calibration valide au MeV, ainsi que mesurer la recombinaison au MeV avec une précision similaire à d’autres expériences dédiées.

Une autre partie de ma thèse était de caractériser un banc de test pour les systèmes de suspension de la cathode dans DUNE. De cette caractérisation, j’ai établi une procédure qui sera utilisée pour les futures installations de DUNE.