



Sujet de stage M2 (6 mois, février-août 2025)

Conception et test d'un détecteur rapide de proton pour le contrôle en ligne de l'hadronthérapie.

Responsable :

Sara Marcatili (LPSC, équipe Physique Nucléaire et Applications Médicales), marcatili@lpsc.in2p3.fr

Co-encadrement : Adélie André (LPSC)

Contexte : L'hadronthérapie (radiothérapie par faisceaux d'ions rapides) permet de traiter des tumeurs avec une grande précision balistique, grâce à la caractéristique qu'ont les particules chargées de déposer un maximum de dose en fin de parcours (pic de Bragg). Un enjeu important pour optimiser la qualité des traitements par hadronthérapie consiste à contrôler en ligne le parcours du proton, pour vérifier sa conformité avec le plan de traitement.

Dans le cadre du projet PGTI (Prompt Gamma Time Imaging) impliquant deux équipes CNRS à Grenoble (LPSC) et Marseille (CPPM) et le centre de protonthérapie Antoine Lacassagne à Nice (CAL), un nouveau système d'imagerie pour les « Gamma Prompt » (GP) dédié au contrôle des traitements de l'hadronthérapie en temps réel est en cours de finalisation au LPSC [1]. Les GP sont des particules secondaires émises lors de l'interaction nucléaire entre l'ion incident et le tissu traversé, et la distribution de leurs sommets d'émission est corrélée au dépôt de dose. Le système de détection se compose de 30 modules de détection lus en coïncidence temporelle avec un moniteur faisceau rapide pour l'étiquetage temporel des protons avec une résolution temporelle de l'ordre de 100 ps rms. Un premier prototype de moniteur faisceau basé sur un scintillateur plastique rapide couplé à des photomultiplicateurs silicium (SiPM) a été réalisé et testé, montrant une résolution temporelle adaptée à l'application. Cependant, la surface de détection de ce détecteur est limitée et pas adaptée à une utilisation en contexte clinique.

Objectifs : Une possible solution est d'augmenter la taille du scintillateur plastique sans changer le design, mais cela entraînerait une atténuation du signal détecté par les SiPMs et donc une perte de résolution temporelle. En même temps, une augmentation de la surface de détection rendrait nécessaire l'utilisation d'un plus grand nombre de SiPM et augmenterait significativement les coûts de réalisation. Il est donc nécessaire de revoir la conception du détecteur ainsi que le type de scintillateur utilisé (meilleur rendu lumineux, meilleure transmittance...).

Le but du stage est d'étudier, à travers des simulations Monte Carlo, les performances du moniteur faisceau pour les différentes améliorations possibles afin de désigner une nouvelle version du moniteur plus adaptée au faisceau clinique. Dans un premier temps, les simulations seront validées en utilisant des données expérimentales acquises en laboratoire par la/le stagiaire ainsi que des données obtenues lors des précédentes campagnes expérimentales de l'équipe au CAL. Selon les résultats obtenus, la/le stagiaire pourrait participer à la réalisation d'un nouveau prototype et à sa caractérisation sous faisceau de protons au CAL (Nice) ou au CNAO (Italie).

Compétences requises : Bon niveau académique ; connaissances de physique nucléaire et interaction rayonnement matière ; connaissances en programmation pour les simulations et l'analyse de données (Python, C++) ; intérêt pour l'instrumentation ; savoir travailler en équipe.

Poursuite en thèse possible (concours école doctorale).

Référence:

[1] M. Jacquet et al., A high sensitivity Cherenkov detector for prompt gamma timing and time imaging. Scientific Report 13 (2023) 3609 <https://arxiv.org/abs/2309.03612>