Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon
www.ip2i.in2p3.fr

Proposition de stage – Année 2020-2021

Niveau du stage : M2

Durée du stage : 6 mois

Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse : Oui

Type de financement envisagé : Labex PRIMES

Responsable du stage : Étienne Testa

Téléphone : +33 4.72.44.81.47

Email : e.testa@ipnl.in2p3

Adresse : IP2I Lyon – Bureau 14
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Van de Graaff

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Equipe d'encadrement :

- IP2I : Etienne Testa, Oreste Allegrini.

- CREATIS : Jean Michel Létang, Ane Etxebeste

- LPSC : Sara Marcatili, Maxime Jacquet, Marie-Laure Gallin-Martel, Denis Dauvergne

Thématique : Physique nucléaire appliquée à l'imagerie médicale

Intitulé du stage : Développements instrumentaux et simulations Monte Carlo pour la détection des rayons gamma prompts pour le contrôle de l'hadronthérapie

Contexte :

La collaboration CLaRyS est composée de 3 laboratoires de l'IN2P3 (IP2I, CPPM et LPSC) et du laboratoire d'imagerie médicale de Lyon (CREATIS). Une douzaine de personnes sont impliquées dans cette collaboration qui a pour but de développer des outils de contrôle de l'hadronthérapie par détection des rayonnements secondaires, notamment les rayons gamma prompts (PG). L'hadronthérapie est une technique émergente de traitement des tumeurs cancéreuses par faisceaux d'ions. Les principales indications thérapeutiques de cette technique sont les traitements des tumeurs radiorésistantes et/ou situées près d'organes à risque et les traitements de tumeurs chez les enfants. L'hadronthérapie permet en effet de traiter les tumeurs tout en épargnant mieux les tissus sains que la radiothérapie conventionnelle utilisant des rayons gamma.

Pour mieux exploiter les avantages de cette technique, de nombreuses recherches sont actuellement menées un peu partout dans le monde pour développer des systèmes de contrôle du parcours des ions et s'assurer que les traitements sont délivrés comme prévu par les systèmes de planification de traitement. La détection des rayons gamma prompts (PG) émis lors des réactions nucléaires subies par une fraction des ions incidents est l'une des principales techniques étudiées. La distribution des points d'émission de ces rayons gamma prompts est en effet étroitement corrélée au parcours des ions.

La collaboration CLaRyS développe en particulier des caméras gamma (collimatée et Compton) et le système TIARA dont le principe consiste à reconstruire le point d'émission des PG à partir uniquement d'une mesure de temps de vol (TOF) effectuée avec une résolution de l'ordre de 100 ps. Ces développements requièrent une expertise à la fois dans le domaine de l'instrumentation, des simulations Monte Carlo et de la reconstruction d'image.

En parallèle de la construction de ces prototypes de caméras gamma, des outils de simulations Monte Carlo sont développés pour comparer les données expérimentales aux prédictions théoriques ainsi que pour concevoir et optimiser les systèmes de contrôle. La collaboration CLaRyS utilise notamment la plateforme de simulation GATE dédiées aux applications médicales et qui est basée sur Geant4. En ce qui concerne la détection des rayons gamma prompts pour le contrôle de l'hadronthérapie, un outil de simulation rapide de l'émission des rayons gamma dans une géométrie voxellisée a récemment été développé par la collaboration CREATIS-IP2I : le module vpgTLE (Voxelized Prompt Gamma Track Length Estimator).

Description du travail demandé :

L'étudiant.e travaillera sur les deux sujets suivants :

- la prochaine expérience sur faisceau de la collaboration au centre Antoine Lacassagne (CAL), le centre de protonthérapie de Nice ; cette expérience a 2 objectifs :
  - mettre en évidence l'intérêt du temps de vol dans la mesure de la caméra collimatée (avec des scintillateurs BGO) pour réduire le bruit de fond induit par les neutrons secondaires,
  - tester la détection PG avec le système TEMPORAL développé par l'entreprise DAMAVAN ; ce système est constitué d'un scintillateur CeBr3 couplé à une électronique et une analyse de données innovantes permettant d'atteindre des résolutions temporelles de l'ordre de 100 ps (RMS). Associé à un hodoscope diamant, ce système doit permettre d'effectuer une mesure de TOF des PG avec une résolution de l'ordre de quelques centaines de ps.
- l'évolution de l'outil de simulation vpgTLE pour intégrer l'information temporelle (le temps d'émission du PG). Une première étude a conduit à une première version du code qui a été testé avec la technique de détection PG « TIARA ». Les résultats préliminaires sont très encourageants. L'étudiant poursuivra les tests de l'outil de simulation dans des cas plus proches de conditions cliniques et finalisera l'implémentation de l'outil pour qu'il puisse être intégré à terme dans une release officielle de GATE.