

## Proposition de stage – Année 2021-2022

**Niveau du stage** : M2

**Durée du stage** : 6 mois

**Ouverture éventuelle vers un sujet de thèse** : Non

**Type de financement envisagé** : Labex PRIMES

**Responsable du stage** : Étienne Testa

**Téléphone** : +33 4.72.44.81.47

**Email** : e.testa@ip2i.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** : Caractérisation de détecteurs silicium pour une caméra Compton (caméra gamma) et test du module hybride de simulation de l'émission des gammas prompts dans l'outil de simulation Monte Carlo GATE.

**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 terme de développement instrumentaux, il reste actuellement à tester et à caractériser les détecteurs silicium (avec leur électronique associée) qui composent la caméra Compton.

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 voxelisée a récemment été développé par la collaboration CREATIS-IP2I : le module vpgTLE (Voxelized Prompt Gamma Track Length Estimator). Le module actuel permet de simuler l'émission des PG avec les informations spatiales et en énergie (énergie du PG émis). Une nouvelle version est en cours de développement pour intégrer l'information temporelle (le temps d'émission du PG). Une première étude a conduit à une version préliminaire du code qui a été testée avec la technique de détection PG « TIARA ». Les résultats préliminaires sont très encourageants.

#### **Description du travail demandé :**

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

- test et caractérisation des détecteurs silicium de la caméra Compton (avec son électronique associée),
- tests du module vpgTLE avec information temporelle dans des cas proches de conditions cliniques dans l'optique de la publication d'un article sur cette nouvelle version du module.

#### **Compétences :**

- Connaissance de la physique des interactions rayonnement-matière
- Programmation C++
- Travail en équipe