

## Proposition de stage – Année 2019-2020

**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** : Michaël Beuve

**Téléphone** : +33 4 72 44 83 63

**Email** : m.beuve@ipnl.in2p3

**Adresse** : IP2I Lyon – Bureau 13  
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Van de Graaff

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

**Equipe d'encadrement** : Michaël Beuve et Etienne Testa

**Thématique** : Physique appliquée à la radiobiologie

**Intitulé du stage** : Modélisation biophysique pour l'hadronthérapie

**Contexte** : L'hadronthérapie est une technique de radiothérapie innovante basée sur l'irradiation de tumeurs bien localisées avec des faisceaux d'ions de haute énergie. Elle s'appuie sur un avantage balistique, lié à l'interaction ion-matière, qui permet d'augmenter le différentiel entre la dose déposée dans la tumeur et la dose délivrée aux tissus sains, comparé à la radiothérapie conventionnelle. À ce bénéfice, s'ajoute un effet biologique accru qualifié par la définition d'une dose biologique.

L'hadronthérapie s'est d'abord développée sous la forme de la protonthérapie. Deux premiers centres ont été construits en France dans les années 90, suivis plus récemment d'un troisième centre. Plus de 50 centres de protonthérapies existent dans le monde. Les années 90 ont été aussi marquées par la construction au Japon d'un premier centre de traitement faisant usage des ions carbone. Depuis le Japon a construit deux autres centres et l'Europe trois. Comparée à la dose déposée par les protons, la dose biologique déposée dans la tumeur par les ions carbone est bien plus importante, ce qui justifie l'intérêt de cette thérapie. En revanche, le coût de construction et de fonctionnement d'un centre de thérapies par ions carbone est plus important. Il est donc pertinent de se poser la question d'un compromis entre efficacité curatif des traitements et coût financier de l'infrastructure. Une manière d'aborder cette question est de chercher à évaluer selon le type de particules le bénéfice de la thérapie en terme de dose biologique. La réponse à cette question dépend très probablement des caractéristiques de la tumeur et notamment de sa localisation, de sa dimension et de sa radiorésistance.

Alors que les modèles actuels d'interaction des ions avec la matière permettent d'assurer un calcul relativement précis de la dose physique, des efforts sont à réaliser quant à la modélisation biophysique des effets biologiques de ces ions. L'équipe PRIMES travaille depuis plusieurs années au développement d'un nouveau modèle, appelé NanOx. La comparaison, très récente, des prédictions de NanOx aux données expérimentales a montré que les

performances de ce modèle étaient très compétitives vis-à-vis des modèles existants. Ce travail de comparaison a été réalisé avec des données acquises en faisceau monoénergétique, mais l'équipe a également réalisé des calculs en conditions dites de pic de Bragg étalé, qui correspondent à des conditions proches de celles cliniques d'irradiation de tumeurs. Autrement dit, le modèle NanOx peut être utilisé pour évaluer le bénéfice d'une thérapie par faisceau d'ions.

**Description du travail demandé :**

L'objectif du stage est de réaliser des calculs de dose biologique dans des conditions d'irradiation clinique de pic de Bragg étalé. Dans un premier temps, les calculs seront réalisés dans un volume d'eau, représentant les tissus humains. Les calculs seront réalisés avec un ou plusieurs champs d'irradiation et une étude systématique sera réalisée en fonction de la profondeur et du volume de la tumeur. La géométrie tumorale correspondra à des exemples cliniques. Les calculs seront réalisés en utilisant le modèle NanOx pour la dose biologique et un outil de simulation Monté Carlo de type Geant4 ou Gate pour la pénétration des ions.

Selon l'avancement des travaux et le contexte, un calcul réalisé avec un système de planification de traitement permettra de réaliser des calculs avec des images de patients et des cas concrets de tumeur.

**Profil et compétences attendues :**

- Formation: ingénieur, physique ou physique médicale
- Aptitudes et intérêt pour la simulation et la programmation informatique
- Intérêt pour les thématiques à l'interface de la physique, la biologie et la santé
- Des connaissances sur l'interaction des particules avec la matière seront appréciées