



Stage Mastère II : Physique médicale ou équivalent



In2p3

Reconstruction d'images en modalité InBeam PET



L'hadronthérapie est une technique de radiothérapie externe utilisant des faisceaux d'ions (protons et ions carbone) basée sur l'irradiation de cellules tumorales caractérisées par une haute résistivité avec des ions lourds (les hadrons) notamment des protons et des ions carbone. L'avantage de l'hadronthérapie par rapport à la radiothérapie conventionnelle (X) est attribué à la précision balistique due au pic de Bragg, position à la quelle un maximum de dose est déposé. De plus, les ions carbone possèdent une efficacité cytotoxique supérieure aux rayons X et aux protons. Ces deux propriétés sont exploitées afin de traiter des tumeurs profondes, localisées à proximité d'organes à risques, non résécables et/ou radorésistantes (aux techniques conventionnelles).

Le calcul du positionnement du pic de Bragg est ainsi un paramètre essentiel pour un plan de traitement optimal. Il s'agit de positionner le pic de Bragg de sorte à avoir le maximum de dose déposée dans la région tumorale tout en préservant les tissus sains aux alentours.

De là, il est clair qu'un control en ligne du positionnement du pic de Bragg lors d'une séance de hadronthérapie est primordial afin de pouvoir intervenir en cas de besoin. Le parcours des ions est très sensible à un certain nombre de paramètres dont l'optimisation absolue est très difficile à mettre en œuvre. Par conséquent, le contrôle balistique (i.e. le contrôle du parcours des ions) est un élément crucial de la qualité des traitements.

Etant donné que le faisceau primaire s'arrête dans la cible, il n'est pas envisageable d'exploiter les techniques de dosimétrie in---vivo usuellement utilisées en radiothérapie conventionnelle. Toutefois, un certain nombre de réactions nucléaires entre le faisceau incident et la cible, produisent des particules secondaires, dont la distribution spatiale est étroitement corrélée au parcours des ions primaires. Parmi ces particules secondaires, on compte des émetteurs de positon, des photons gamma de haute énergie, des neutrons, des protons et des clusters chargés de $Z > 1$.

Le « InBeamPET » est une modalité d'imagerie basée principalement sur la modalité TEP (Tomographie par Emission de Positons) et dont l'objectif est d'obtenir une image en temps réel du traitement de la distribution d'activité tout au long du faisceau irradiant.

La reconstruction d'images en « InBeamPET » doit prendre en compte en plus des effets physiques subies par les photons d'annihilation (effet Photoelectrique, diffusion Compton et Rayleigh), tous les processus physiques subies par les positrons (ou les hadrons) avant de s'annihiler, principalement leur libre parcours moyen et les différentes interactions physiques de type électromagnétique et/ou nucléaire.

Geant4 est un outil de simulation basé sur des méthodes Monte Carlo et qui permet de modéliser les interactions des particules avec la matière en couvrant un large panel de particules.

Le but du stage est d'utiliser les simulations Geant4 pour modéliser les processus physiques subies par les hadrons et les photons lors d'une séance de hadronthérapie. Il s'agit de modéliser le faisceau de hadrons ainsi que tous les processus physiques menant à la création de paires de photons qui seront détectées par le détecteur TEP.

Ces informations seront utilisées et organisées dans un opérateur de projection appelé matrice---système et qui permet de projeter les paires de photons depuis leurs points d'émission jusqu'à leurs points de détection. La matrice système sera utilisée dans la suite dans un algorithme itératif de type MLEM (Maximum Likelihood Expectation Maximization) afin de reconstruire la distribution des points d'annihilation des paires de photons.

Le Laboratoire de Physique Corpusculaire de Clermont---Ferrand, développe un détecteur capable de mesurer la distribution d'activité induite par le faisceau d'ions incident. L'ensemble de ce travail aura pour vocation de reconstruire les données mesurées par ce détecteur, lors d'expériences réalisées sur sites cliniques (centre de protonthérapie d'Orsay, centre d'hadronthérapie de Heidelberg, etc...)

Le groupe ImaBio à l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien a une grande expérience dans les problèmes de quantification en imagerie médicale nucléaire et ce pour diverses modalités : Tomographie d'Emission Monophotonique, Tomographie par Emission de Positons, Tomodensitométrie et Imagerie optique. Cette expérience s'est développée en parallèle à une activité d'instrumentation et de développement d'imageurs biomédicales afin de répondre au besoin de celle---ci en termes de reconstruction et de traitements d'images.

Le stage sera effectué au sein du groupe ImaBio à l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien à Strasbourg en collaboration avec le laboratoire de Physique Corpusculaire de Clermont Ferrand.

Durée de stage : 5 mois

Gratification de stage : ~430 euros

Responsables de stage :

Ziad EL Bitar

Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien UMR 7178

23 rue du loess, 67037 Strasbourg Tel : 03 88 10 63 81

Email : ziad.elbitar@iphc.cnrs.fr

Loïc Lestand

Laboratoire de Physique Corpusculaire de Clermont---Ferrand

UMR 6533

24 avenue des landais, 63700 Aubière Tel : 04 73 40 73 13/04 73 40 52 85

Email : Loic.Lestand@clermont.in2p3.fr