



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **17 novembre 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur ALLEGRINI Oreste**

Titre de la thèse : : « *Caractérisation de détecteurs pour des systèmes de monitoring des faisceaux d'ions en hadronthérapie* »

Résumé

Les techniques de thérapie par les ions ont connu une expansion rapide dans les pratiques médicales durant ces deux dernières décennies. En effet, trois principales raisons rendent ce type de thérapie plus avantageux que la radiothérapie conventionnelle par rayons X. Le dépôt d'énergie significatif dans les quelques derniers millimètres du parcours des ions (« pic de Bragg ») produit des dommages importants aux cellules ciblées tout en préservant les cellules des tissus sains traversés et celles en aval de la position du pic de Bragg. De plus, la zone de diffusion latérale des faisceaux de particules chargées (de l'ordre de quelques millimètres FWHM) conduit à une pénombre plus fine que celle des faisceaux de rayons X. Cette pénombre, non souhaitée, peut être réduite en augmentant la masse des particules chargées. Enfin, l'hadronthérapie présente un intérêt en termes d'effets biologiques pour les ions plus lourds que les protons. La différence d'effet entre des ions lourds et des photons dans les milieux est due à la distribution de dose à l'échelle microscopique, qui est caractérisée par le transfert d'énergie linéique (TEL) des particules. Afin de comparer des particules de TEL différent, la notion d'Efficacité Biologique Relative (EBR) a été introduite. Les études de survie cellulaire ont montré que les particules de TEL élevé ont en général une EBR plus élevée dans le volume tumoral par rapport aux particules de faible TEL (rayons X). Cependant, bien que le profil de dose en profondeur des particules chargées offre de nombreux avantages cliniques, des incertitudes concernant la position du pic de Bragg existent. Dans ce contexte, des méthodes cliniquement applicables et des instruments sont en cours de développement pour contrôler, in vivo, le parcours des ions et les profils de dose avec une précision millimétrique à partir de la détection des rayonnements secondaires. Parmi ces développements, les projets CLaRyS-GaMedi et CLaRyS-UFT sont focalisés sur la mise au point de cameras dédiées à la détection des gamma prompts (PGs) avec mesures de temps de vol. Les principaux objectifs de cette thèse ont consisté à caractériser les détecteurs des systèmes CLaRyS et TEMPORAL avec leur chaîne d'acquisition ainsi qu'à améliorer le module de simulation GATE/Geant4 dédié à l'étude de systèmes de détection des PGs. Les performances de la caméra collimatée CLaRyS (absorbeur et collimateur), ainsi que celles d'une version réduite de l'hodoscope de faisceau, fait de fibres scintillantes, ont été évaluées lors de tests en faisceaux et ont montré des résultats encourageants. Cependant, les tests préliminaires de fonctionnement des détecteurs silicium du diffuseur de la caméra Compton menés en laboratoire n'ont pas permis d'effectuer la caractérisation de ces derniers. En dernier lieu, des tests avec l'ensemble des détecteurs connectés à la chaîne d'acquisition de système CLaRyS doivent encore être réalisés. En ce qui concerne le système TEMPORAL, sa caractérisation a été effectuée en

RÉSUMÉ

laboratoire et des mesures en faisceau ont mis en évidence la capacité du système à acquérir des données hautement résolues en temps (~ 300 ps (σ)) et la possibilité d'une utilisation en configuration Compton. Enfin, une amélioration du module de simulation vpgTLE permettant de récupérer l'information temps de vol a été proposée et testée.