

MODELISATION MONTE CARLO DU PROTEUS ONE POUR LE CALCUL DE DOSES SECONDAIRES

Adela CARNICER¹, Lucien VEY¹, Joël HERAULT¹

¹Centre Antoine Lacassagne
227 avenue de la lanterne, 06200 Nice

Le premier ProteusOne en Europe, dédié à la protonthérapie d'haute énergie, a été installé au Centre Antoine Lacassagne à Nice. Le système consiste en un synchrocyclotron supraconducteur prototype, S2C2, et un bras isocentrique compact qui permet la rotation du faisceau de 220° sur l'isocentre. Le synchrocyclotron produit un faisceau pulsé de 230 MeV, délivré avec un système de pencil-beam scanning avec des aimants de balayage. Le premier patient a été traité en Septembre 2016. La connaissance du champ secondaire neutronique et photonique produit par les interactions des protons et neutrons sur les éléments de la ligne est très utile pour les études de radioprotection des travailleurs et des patients. Cette thématique a fait objet d'une étude réalisée en 2017 avec le code de simulation Monte Carlo MCNP6. Une grande partie du travail a consisté en modéliser la ligne entière, en partant d'un modèle du bunker réalisé avec le logiciel MCAM pour la création de géométries de simulation à partir du plan Autocad. La ligne contient plusieurs éléments actifs tels que les quadripôles et les aimants de déviation. Elle contient également plusieurs fentes, dont l'ouverture est fonction de l'énergie. La dégradation en énergie (jusqu'à 100 MeV en conditions cliniques) est réalisé avec une roue rotative avec neuf blocs d'épaisseurs variables. Un collimateur en aval du dégradeur permet de réduire la section du faisceau. Au niveau de la gantry le faisceau est amené à l'isocentre par trois aimants de déviation. Finalement, la tête de l'accélérateur contient un nez rétractable équipé d'un réducteur de parcours pour traiter les tumeurs superficielles. Afin d'obtenir un modèle précis de la ligne, les pertes de faisceau doivent être modélisées le plus fidèlement possible. Les plus importantes se trouvent au niveau de l'extraction du faisceau et sur les éléments de la section de ligne droite située à la casemate, notamment les fentes, le dégradeur et le collimateur. Cependant, certains quadripôles, ainsi que les fentes dans la gantry, peuvent produire de pertes non négligeables sur certains rangs d'énergie, qui devraient être prises en compte. La difficulté de la description du faisceau réside donc en la modélisation de sa focalisation par les quadripôles, qui jouent un rôle important sur les pertes, et en la variabilité de ces pertes en fonction de l'énergie. Afin d'aborder le problème nous avons utilisé la nouvelle fonctionnalité de MCNP6 pour la simulation des particules dans un champ magnétique, avec le *particle ray tracing*. Une autre partie importante du travail pour aboutir sur un modèle réaliste a été l'étude de la source à l'issue de l'accélérateur. Sur ce travail nous présentons les résultats préliminaires de la première partie du model, qui comprend l'accélérateur et la partie de la ligne dans la casemate. L'équivalent de dose ambient neutron $H^*(10)$ a été calculée aux positions des balises de radioprotection situées près de cette zone pour comparaison avec des mesures expérimentales. Une fois les pertes et la focalisation du faisceau ont été globalement reproduites, la valeur de $H^*(10)$ calculée par le model est dans un facteur 0.5 à 1.5, selon l'énergie, de la valeur expérimentale. Les résultats sont prometteurs en prenant en compte la complexité du model, le type de calcul et les incertitudes des pertes. Le *particle ray tracing* de MCNP6 est très adapté pour ce type de problème.