

Proposition de thèse Université de Lyon / DosiSOFT (convention CIFRE)

Titre de la thèse :

Développement d'un code hybride Monte Carlo / déterministe pour le calcul de la dose biologique en hadronthérapie.

Développement du sujet de recherche de la thèse :

Dans les systèmes de planification de traitement (TPS) en hadronthérapie (ions carbone ou protons), il est essentiel de pouvoir disposer d'outils pour calculer des cartes de dose dans des volumes de données patient en un temps suffisamment court pour permettre un degré d'interaction confortable pendant la phase d'optimisation du plan. Pour parvenir au développement de tels outils, plusieurs niveaux d'approximation doivent être étudiés dans les codes de transport Monte Carlo (MC) faisant référence en matière de simulation de transport de particules dans le domaine de la physique des rayonnements. L'idée est de proposer des modèles analytiques macroscopiques rapides comme accélérations des simulations probabilistes MC, physiquement plus réalistes mais beaucoup plus gourmandes en temps de calcul.

Les axes scientifiques pour cette thèse se déclinent sous trois plans :

- Tout d'abord, implémentation d'une méthode de dépôt de dose déterministe par les ions primaires avec la prise en compte du *straggling* latéral par un calcul hybride, avec comme application les protons puis les ions carbone.
- Extension de la méthode précédente du calcul déterministe de dépôt de dose aux ions secondaires issus de la fragmentation nucléaire ou d'interactions élastiques. Ce développement s'appuiera en particulier sur les techniques classiques de réduction de variance MC, comme le *splitting*.
- Enfin, étalement de la dose autour de la trace des ions primaires et secondaires causé par les électrons. Une stratégie sur la base d'une analyse fine MC sera proposée. Cette étude pourra bénéficier des techniques usuelles implémentées dans les TPS, par exemple celles basées sur la superposition / convolution ou sur le *collapsed-cone*.

Dans un premier temps on s'intéressera à la dose physique sur des fantômes hétérogènes et des images CT de patients. Puis des validations et un benchmark par rapport au code de simulation MC GATE (pour les ions carbone) ou Penfast (pour les protons) seront menés. En fonction de l'avancement, un modèle d'efficacité biologique relative (RBE) sera introduit (pour les ions carbone).

Il s'agit d'un sujet de recherche assez exploratoire. La valorisation de ce travail ne sera pas nécessairement menée au cours de la thèse, mais il s'agit d'une étape indispensable au développement par DosiSOFT d'un TPS hadron.

Laboratoire académique :

Laboratoire de Contrôle Non Destructif par Rayonnements Ionisants (CNDRI-EA459), INSA Lyon

Partenaire industriel :

DosiSOFT

Équipe encadrante :

N. Freud (CNDRI), <nicolas.freud@insa-lyon.fr>

J.M. Létang (CNDRI), <jean.letang@insa-lyon.fr>

D. Sarrut (CREATIS) <david.sarrut@creatis.insa-lyon.fr>

Compétences :

Physique des Particules – Traitement du Signal – Algorithmique – Programmation C++