

Intelligence artificielle pour le contrôle qualité des systèmes de planification de traitement en radiothérapie externe.

Profil / Mots-clés : physique médicale, dosimétrie, interactions rayonnement/matière, réseaux de neurones, Python, C++.

Lieu de la thèse : Laboratoire Chrono-Environnement, 4 place Tharradin, 25200 Montbéliard

Contacts :

Régine Gschwind : regine.gschwind@univ-fcomte.fr

Pierre-Emmanuel Leni : pierre_emmanuel.leni@univ-fcomte.fr

Descriptif du projet :

Grâce aux développements technologiques récents (arcthérapie, stéréotaxie), les traitements du cancer par radiothérapie externe permettent une meilleure couverture dosimétrique du volume tumoral tout en protégeant toujours mieux les tissus sains environnants.

Chaque étape de la planification du traitement fait l'objet de contrôles de qualité rigoureux et approfondis. Le choix de la balistique est réalisé à l'aide des systèmes de planification de traitement (TPS) pour prédire la dose absorbée et vérifier que les critères cliniques et dosimétriques sont respectés. Les calculs sont basés sur des algorithmes analytiques rapides (Pencil Beam, Collapsed Cone) ou sur des méthodes Monte-Carlo biaisées pour respecter un temps de calcul raisonnable en clinique, ou encore sur la résolution de l'équation du transport de Boltzmann (Acuros XB). Toutefois, ces méthodes présentent des faiblesses en présence d'hétérogénéité ou de certaines modalités de traitement. Il est à noter que le TPS, maillon clé de la chaîne des dispositifs de la planification, est le moins vérifié par manque à la fois de temps machine, de moyens humains et de dispositifs expérimentaux complexes permettant son contrôle en profondeur. Or, une incertitude ou une erreur dans les calculs de dose réalisés par le TPS peut entraîner une détérioration de l'efficacité du traitement, voire des complications graves pour le patient. De plus, les tendances thérapeutiques actuelles conduisent à réduire le nombre de séances d'irradiation, mais à délivrer des doses plus importantes à chaque fois (passage de 2 à 10 Gy par séance). Il est ainsi évident que le contrôle qualité des calculs de dose réalisés par les TPS est primordial dans le cadre de l'utilisation de techniques faisant appel à une modulation complexe d'intensité et de géométrie des faisceaux de traitement ; notamment lorsqu'il s'agit de champs de petite dimension (stéréotaxie) où la validation par mesure expérimentale pose problème. L'idée d'effectuer le contrôle qualité directement par un code de Monte-Carlo a été déjà réalisée [1] mais sans s'affranchir des problèmes de rapidité de calcul.

L'alternative envisagée dans le sujet de thèse proposé consiste à effectuer le contrôle qualité des TPS en comparant les calculs de dose avec d'autres calculs [2] réalisés au moyen d'un code indépendant, rapide et avec une précision comparable aux calculs de Monte-Carlo traditionnels. Depuis quelques années, un logiciel basé sur les réseaux de neurones artificiels (RNA) a été développé [3,4]. Il permet, à partir de données calculées à l'aide des méthodes de Monte-Carlo, de fournir des résultats précis tout en conservant une rapidité d'exécution compatible avec les contraintes cliniques, et ce sur de simples machines de travail. L'objectif de la thèse portera sur l'amélioration du moteur de calcul, en s'appuyant sur les dernières avancées en intelligence artificielle (réseaux profonds notamment [5]). Il s'agira dans un

premier temps de mieux prendre en compte la gestion des interfaces (influence d'un changement de masse volumique sur le dépôt d'énergie). Dans un deuxième temps, il sera nécessaire de se rapprocher des configurations de traitement en arcthérapie nécessitant une irradiation en continu lors du déplacement du bras de l'accélérateur. Ainsi, une attention particulière sera portée sur les mécanismes des processus physiques impliqués dans ces configurations : faisceaux à angulations et formes multiples, pénombres de champs. Pour cela, l'approche considérée s'appuiera principalement sur des réseaux de tailles plus importantes, entraînés pour diverses formes de faisceaux et pour différents changements d'interfaces. Deux types de réseaux seront considérés en priorité : "Recurrent Neural Network" et "Convolutional Neural Network".

L'évaluation des calculs se fera à la fois par comparaison théorique et expérimentale. Les inter-comparaisons théoriques se feront entre différents algorithmes (Monte-Carlo, Pencil Beam, Collapsed Cone) dans des conditions de références, puis complexes (traitements cliniques). Les comparaisons expérimentales se baseront sur des méthodes de mesures de référence (films, chambre d'ionisation) et des méthodes innovantes développées au laboratoire (gels dosimétriques).

Pour l'expertise clinique, les travaux seront conduits en collaboration avec le service de radiothérapie de l'Hôpital Nord Franche-Comté et le service de radiothérapie de l'institut de Cancérologie de Bourgogne (Auxerre).

Le travail de thèse conduira à l'élaboration d'un logiciel de contrôle qualité des systèmes de planification de traitement adapté aux nouveaux enjeux cliniques actuels.

Références :

- [1] L. Blazy-Aubignac. *Contrôle qualité des systèmes de planification de dosimétrie des traitements en radiothérapie externe au moyen du code Monte-Carlo PENELOPE*. PhD. Thesis, Université Toulouse III, 2007.
- [2] N. Reynaert, SC. Van der Marck, DR. Schaart, W. Van der Zee and al. *Monte Carlo treatment planning for photon and electron beams*, Radiation Physics and Chemistry 76, 643-686 (2007).
- [3] J. Bahi, S. Contassot-Vivier, L. Makovicka, E. Martin, M. Sauget. Dépôt des droits d'auteurs auprès de l'APP – Programme NEURAD : Neurad /Agence pour la Protection des Programmes.
No: IDDN.FR.001.130035.000.S.P.2006.000.10000/, 2006.
- [4] R. Mathieu, E. Martin, L. Makovicka, R. Gschwind, S. Contassot-Vicier, J. Bahi. *Calculations of dose distributions using a neural network*, Physics in Medicine and Biology 50, 1019-1028 (2005).
- [5] J. Schmidhuber, Deep learning in neural networks: An overview, Neural Networks, Volume 61, Pages 85-117, 2015