

SUJET DE THESE :

Formalisme métrologique pour la détermination de la dose absorbée dans les milieux hétérogènes pour des faisceaux de photons de haute énergie

Contexte:

Les récents développements en radiothérapie externe ont conduit à une amélioration du calcul de la dose absorbée, en particulier dans la gestion des hétérogénéités. De nouveaux algorithmes de calcul de dose basés sur des approches déterministes ou des calculs Monte Carlo sont désormais disponibles en milieu clinique mais posent deux problématiques [1]–[4]: la conversion de la dose absorbée dans le milieu (D_m) à la dose absorbée dans l'eau (D_w) et l'absence de méthodologie pour la réalisation de mesures expérimentales.

En effet, la conversion de D_m à D_w n'est pas uniforme selon le type d'algorithme utilisé d'une part et d'autre part la conversion la plus couramment employée basée sur la théorie de Bragg-Gray est actuellement controversée.

Les mesures expérimentales restent essentielles pour la validation des algorithmes de calcul de dose afin de reproduire des situations cliniques réelles et actuellement aucun formalisme métrologique n'existe en milieu hétérogène pour déterminer la dose absorbée dans le milieu à partir des charges mesurées par les détecteurs.

Objectifs :

Le travail consistera à apporter des solutions à ces deux problématiques : conversion de la D_m à la D_w et détermination de la D_m à partir de détecteurs étalonnés en dose absorbée dans l'eau. Le but étant d'établir un formalisme de métrologie combinant mesures expérimentales et simulations Monte Carlo afin de caractériser la dose absorbée déposée par des faisceaux de photons de haute énergie dans des milieux hétérogènes.

La détermination précise de la dose absorbée dans ces conditions représente un défi dosimétrique, indispensable à relever pour maîtriser l'essor des techniques et algorithmes. Une approche basée sur la détermination des facteurs correctifs sera envisagée avec combinaison des mesures et des simulations Monte Carlo.

Méthodologie :

Différents travaux permettant de préparer ce sujet de recherche ont été réalisés au sein du Département d'Ingénierie et de Physique Médicale de l'Institut Claudius Regaud (ICR) et de l'équipe 15 du Centre de Recherche en Cancérologie de Toulouse CRCT, situés sur le site de l'Institut Universitaire du Cancer de Toulouse (IUCT). Ce travail s'inscrit dans la continuité d'une thèse qui a été soutenue en 2018 [5].

En effet, des outils ont été développés sur le code de calcul Monte Carlo GATE/Geant4. L'accélérateur linéaire Varian TrueBeam STX avec son collimateur multi-lames haute définition sur lequel seront réalisées les mesures expérimentales a été modélisé et validé [6]–[8]. D'autre part, un modèle de calcul de fluence électronique et photonique a également été implémenté dans GATE et validé par confrontation avec le code FLURZnrc/EGSnrc. La détermination des fluences dans les différents milieux biologiques sera indispensable pour mener cette thèse. Des travaux de modélisation de la géométrie des détecteurs (diode E, micro-diamant, pinpoint) ont également été réalisés [9] et pourront servir à la compréhension de leurs réponses au sein de milieux autres que l'eau.

De plus, des travaux [10] sur la plateforme PRIMO basée sur le code de calcul Monte Carlo PENELOPE ont été réalisés au sein de l'Institut Sainte Catherine et pourront permettre de confronter les résultats de différents codes de calcul.

Bibliographie :

- [1] P. Andreo, "Dose to 'water-like' media or dose to tissue, in MV photons radiotherapy treatment planning: Still a matter of debate," *Phys. Med. Biol.*, vol. 60, no. 1, pp. 309–337, 2015.
- [2] P. Andreo, "Monte Carlo simulations in radiotherapy dosimetry," *Radiat. Oncol.*, vol. 13, pp. 1–15, 2018.
- [3] N. Reynaert, F. Crop, E. Sterpin, I. Kawrakow, and H. Palmans, "On the conversion of dose to bone to dose to water in radiotherapy treatment planning systems," *Phys. Imaging Radiat. Oncol.*, vol. 5, no. December 2017, pp. 26–30, 2018.
- [4] L. Vieilleville, T. Younes, A. Tournier, P. Graff Cailleaud, C. Massabeau, J. M. Bachaud, and R. Ferrand, "PO-0812: Dosimetric impact of using Acuros algorithm for stereotactic lung and spine treatments," *Radiother. Oncol.*, vol. 123, pp. S434–S435, May 2017.

- [5] T. Younes, G. Fares, and L. Vieillevigne, "Méthodologie pour la détermination de la dose absorbée dans le cas des petits champs avec et sans hétérogénéités pour des faisceaux de photons de haute énergie," 2018.
- [6] T. Younes, S. Beilla, L. Simon, G. Fares, and L. Vieillevigne, "PO-0804: Relative dosimetry evaluation for small multileaf collimator fields on a TrueBeam linear accelerator," *Radiother. Oncol.*, vol. 123, p. S429, May 2017.
- [7] S. Beilla, T. Younes, L. Vieillevigne, M. Bardies, X. Franceries, and L. Simon, "Monte Carlo dose calculation in presence of low-density media: Application to lung SBRT treated during DIBH," *Phys. Medica*, vol. 41, pp. 46–52, Sep. 2017.
- [8] T. Younes, L. Simon, M. Chauvin, G. Fares, and L. Vieillevigne, "Determination of small MLC-fields corrections factors for several detectors using Monte-Carlo simulations and EBT3 Gafchromic films," *Med. Phys.*, vol. 44, no. AAPM 2017, 2017.
- [9] J. Labour, T. Younes, M. Chauvin, and L. Vieillevigne, "Determination of small MLC-fields output correction factors for four commercial detectors used in clinical dosimetry using GATE/Geant4 Monte Carlo simulations," *Phys. Medica*, vol. 56, p. 9, Dec. 2018.
- [10] Q. Ricard, C. Khamphan, and R. Garcia, "Implementation and Validation of the Monte Carlo based dose calculation software PRIMO for Stereotactic Radiation Therapy."

Lieu de la thèse :

Centre de Recherche en Cancérologie de Toulouse & Institut Claudius Regaud

Collaborations scientifiques :

Institut Claudius Regaud, Toulouse
Centre de Recherche en Cancérologie de Toulouse
Institut Sainte Catherine, Avignon
CEA LNHB, Saclay : Jean Marc Bordy

Ecole doctorale et spécialité :

GEET : Radiophysique et imagerie médicale / Université Toulouse III Paul Sabatier

Financement :

Bourse du ministère durant trois ans à compter d'octobre 2019.

Encadrements :

Direction de thèse :

Laure Vieillevigne, physicienne médicale : vieillevigne.laure@iuct-oncopole.fr

Co-direction :

Catherine Khamphan, physicienne médicale: c.khamphan@isc84.org

Profil du candidat :

Formation : master recherche et/ou diplôme d'ingénieur

Compétences souhaitées : Physique des rayonnements – Métrologie - Expérience en modélisation avec GATE/Geant4 appréciée – Programmation : C++, Python, Matlab – Bonne maîtrise de l'anglais écrit et parlé
Rigoureux, autonome, bon relationnel

Pour tout renseignement et envoi des candidatures:

vieillevigne.laure@iuct-oncopole.fr

c.khamphan@isc84.org

DATE LIMITE DES CANDIDATURES : 30 avril 2019