

Optimisation de plans de traitement de faisceaux non-coplanaires en radiothérapie externe

Lieu de la thèse : LaTIM, Brest

Encadrant /Co-encadrant : Dimitris Visvikis (DR1 INSERM, LaTIM, dimitris.visvikis@univ-brest.fr)
Julien Bert (Ingénieur de recherche, LaTIM, julien.bert@univ-brest.fr)

Collaboration: Salih Abdelaziz (Maître de conférence, LIRMM, salih.abdelaziz@lirmm.fr)

Démarrage de la thèse : Septembre 2016

Mots clés : Optimisation de trajectoire, robotique médicale, radiothérapie, cancer de la prostate

1. Contexte et objectifs

La radiothérapie externe est l'un des principaux traitements contre le cancer avec la chirurgie et la chimiothérapie, et elle concerne 60% à 70% des patients en oncologie. Ce traitement consiste à délivrer la dose maximale possible à la tumeur au moyen d'un faisceau de particules ionisées, tandis que la dose délivrée dans les organes à risque doit être réduite autant que possible. Ces dernières années nous avons été témoins de l'adoption généralisée des techniques d'irradiation par faisceau en rotation telle que la modulation d'intensité volumétrique par arc thérapie (VMAT), qui se réfère à des traitements de radiothérapie dans laquelle le faisceau de traitement est continu et tourne autour du patient. Aujourd'hui, les traitements VMAT utilisent une trajectoire de faisceaux coplanaires réalisés par un angle de lit fixe, typiquement 0°. Récemment, il a été établi que les plans de traitement utilisant des angles de faisceau non coplanaires, aussi appelés radiothérapie 4π (Papp et al., 2015), peut donner des améliorations impressionnantes dans la conformation de la dose épargnant ainsi les organes critiques. Ces faisceaux non coplanaires sont obtenus en déplaçant le lit (position et rotation) au cours de la trajectoire de la tête d'irradiateur. Cependant, la mise en œuvre de cette stratégie de traitement est entravée par la difficulté de la modélisation de l'espace de solution des faisceaux, de l'automatisation des méthodes de sélection de faisceau optimales, le manque d'efficacité des séquences de faisceau obtenue et la prévention de collision entre la tête de l'accélérateur et le lit. L'objectif de cette thèse est de développer et de valider de nouvelles méthodes dédiées à la thérapie de faisceau non coplanaires.

2. Sujet détaillé

Une première étape consistera à proposer de nouveaux algorithmes d'optimisation. Un nombre de directions de faisceaux non coplanaires optimales peut être sélectionné à l'aide d'une sélection itérative par heuristique. Ces faisceaux serviront de points d'ancrage pour optimiser les trajectoires de la tête de l'accélérateur et du lit. La prévention des collisions ainsi que des critères dosimétriques devront être intégrées dans la fonction de coût global d'optimisation. Un simulateur 3D devra être mis au point pour étudier, montrer et évaluer le placement de chaque élément du système. La dosimétrie sera estimée en utilisant le logiciel de Monte Carlo GGEMS (Bert et al., 2013).

Une deuxième étape consistera à évaluer et valider la planification des faisceaux non coplanaires proposé avec le système réel (VARIAN TrueBeam STx) disponible au CHRU de Brest. Cela comprendra également le développement d'un logiciel que permettra d'interfacer le code d'optimisation proposée avec le système de traitement qui utilise le langage XML. La planification finale proposée sera évaluée en terme de précision de dose, de temps de traitement et la distribution des angles des faisceaux le long de la trajectoire de l'accélérateur.

La dernière étape de cette thèse sera l'évaluation des méthodes proposées dans un contexte clinique, en particulier pour le cancer de la prostate. L'imagerie par dosimétrie EPID sur fantôme sera utilisée pour mesurer la dose au volume cible. L'objectif est de comparer cliniquement le traitement par faisceaux non coplanaires avec le traitement VMAT qui est largement utilisé en clinique. Le but final de cette étude sera de déterminer si la méthode de la technique d'irradiation par faisceaux non coplanaires peut améliorer la dose délivrée à la tumeur et de proposer un meilleur traitement pour le cancer par rapport au VMAT.

3. Collaboration

Le Labex CAMI et la région Bretagne finance ce projet de recherche. Ce projet rassemble le LaTIM (INSERM UMR 1101) et le LIRMM (CNRS). Le LaTIM a une longue expérience en radiothérapie externe, en simulation Monte Carlo, en calcul de dose et dans l'utilisation d'architecture GPU pour des applications médicales. L'équipe DEXTER du LIRMM a une expérience significative dans la conception et le contrôle des dispositifs robotiques pour des applications médicales. En outre, ce travail est placé dans un consortium comprenant Centre Hospitalier Régional Universitaire de Brest (CHRU Brest), l'Université de Bretagne Occidentale (UBO), le LaTIM et la société Varian, qui est le leader international dans les appareils de radiothérapie. Ce consortium a été initialement lancé lors de l'installation d'un d'accélérateur médical de dernière génération au CHRU où son utilisation est partagée entre clinique et R & D.

Le doctorant doit avoir une solide expérience, ainsi que de l'expérience dans le domaine de la robotique, l'automatique et de la programmation.

Bert, J., Perez-Ponce, H., Bitar, Z.E., Jan, S., Boursier, Y., Vintache, D., Bonissent, A., Morel, C., Brasse, D., Visvikis, D., 2013. Geant4-based Monte Carlo simulations on GPU for medical applications. Phys. Med. Biol. 58, 5593–5611.

Papp, D., Bortfeld, T., Unkelbach, J., 2015. A modular approach to intensity-modulated arc therapy optimization with noncoplanar trajectories. Phys. Med. Biol. 60, 5179–5198.