

NOUVEL ALGORITHME DE HAUTE PERFORMANCE POUR LA RADIOTHÉRAPIE MODERNE

Gabriele Birindelli (1), Jean-Luc Feugeas (1), Philippe Nicolaï (1), Jonathan Page (1), Jérôme Caron (2), Bruno Dubroca (1), Guy Kantor (2) and Vladimir Tikhonchuk (1)

(1) CELIA, Centre Laser Intenses et Applications, Université de Bordeaux-CNRS-CEA, 33400 Talence, France

(2) Département de Radiothérapie, Institut Bergonié, Centre Anti-cancer, 33076 Bordeaux, France

jean-luc.feugeas@u-bordeaux.fr

Objectif

Notre groupe de physique théorique du Centre Lasers Intenses et Applications de Bordeaux développe depuis 2008 un programme de recherche interdisciplinaire et translationnel principalement financé par la Région Nouvelle Aquitaine et les Fonds Européen pour le Développement Régional en étroite collaboration avec l'Institut Bergonié. Dans ce cadre nous travaillons notamment au développement de nouveaux algorithmes pour la nouvelle génération de logiciels de planification de traitement capable de répondre aux exigences de la radiothérapie moderne. Ces nouveaux algorithmes se positionnent comme des alternatives aux solutions rapides ou précises disponibles actuellement dans le commerce.

Matériel et méthodes

Dans ce contexte nous développons un algorithme [1] basé sur la résolution directe de l'équation de Boltzmann pour une modélisation efficace du dépôt de dose dédiée à la radiothérapie externe, interne et la curiethérapie. Cette méthode, initialement développée pour le transport de particules énergétiques dans les plasmas magnétisés [1, 4], repose sur une fermeture des équations aux moments angulaires basée sur le principe de maximisation de l'entropie déduit du H-Théorème de Boltzmann [1-3, 6-7]. Toutes les particules (électrons primaires ou secondaires, positons, photons, protons) sont traitées simultanément. Cette hiérarchie de modèles déduits de cette fermeture entropique est faite pour prendre en compte naturellement les effets physiques complexes requis par les nouveaux enjeux de la radiothérapie moderne (IMRT, radiothérapie guidée par IRM, curiethérapie, ...).

Résultats

Nous avons travaillé à la validation de cette méthode originale au travers d'un protocole incluant des comparaisons avec plusieurs codes "Monte-Carlo" référents (Fluka, Penelope, McNPx ou Geant 4) et de campagnes expérimentales sur un grand nombre de géométries hétérogènes [3, 6-7]. La réduction significative prévisible du temps de simulation de notre fermeture est confirmée [3].

Sa capacité à prendre en compte efficacement des dépôts de dose pour les géométries complexes pour la radiothérapie externe, interne et la curiethérapie est démontrée. Nous présentons également les effets induits par la présence de champs magnétiques caractéristiques des solutions commerciales proposées sur le marché (0.35T et 1.5T) sur des cas réels [6]. Nous proposons également des simulations démontrant que notre algorithme répond aux nouvelles normes exigées (TG186) pour la curiethérapie moderne [5] : nous montrons comment les hétérogénéités tissulaires de densité et de composition chimique modifient la distribution de dose [6].

Conclusion

Cette étude montre que les évolutions rapides de la radiothérapie moderne justifient le développement d'une nouvelle génération d'algorithmes pour les systèmes de planification de traitement : notre modèle aux moments entropiques se révèle être un choix prometteur pour décrire précisément le transport des particules et le dépôt de dose dans des milieux hétérogènes avec un temps de calcul réduit à quelques secondes ; il confirme sa capacité à intégrer plus d'effets physiques pour modéliser la distribution de dose pour la nouvelle génération d'installations de radiothérapie guidée par IRM et pour répondre aux nouvelles recommandations TG186 pour la curiethérapie.

Le Conseil Régional d'Aquitaine et le Fonds Européen pour le Développement Régional soutiennent ce travail réalisé dans le cadre du projet POPRA.

Références

- [1] B. Dubroca and J.-L. Feugeas, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. I*, t. 329: 915- 920, (1999)
- [2] B. Dubroca, J.-L. Feugeas and M. Frank, *Europ. Phys. Journal D*, 60, 301 (2010)
- [3] J. Caron, J.-L. Feugeas, B. Dubroca et al, *Phys. Med.* 31, 912 (2015)
- [4] M. Touati, J-L Feugeas, Ph Nicolai et al., *New J. Phys* 16, 073014, (2014)
- [5] L. Beaulieu, A. Carlsson Tedgren, J. Carrier et al, TG186, *Med Phys.* 39, 6208 (2012)
- [6] G. Birindelli et al, *Physica Medica*, (2017)
- [7] J. Page et al, *Physica Medica*, (2017)