

Évaluation de la dose déposée par faisceaux d'électrons en radiothérapie en utilisant la plateforme de simulation Monte Carlo GATE/GEANT4

Yann Perrot^{1,2}, Vincent Breton², Denise Donnarieix^{2,3} et Lydia Maigne^{1,2}

¹ Clermont Université, Université Blaise Pascal, LPC, BP 10448, F-63000 Clermont-Ferrand

² CNRS/IN2P3, UMR 6533, LPC, F-63177 Aubière

³ Centre Jean Perrin, Unité de Physique Médicale, Département de Radiothérapie-Curiethérapie, 58 rue Montalembert, F-63011 Clermont-Ferrand

Email : perrot@clermont.in2p3.fr

Introduction :

La plateforme de simulation Monte Carlo GATE 6.1, basée sur les bibliothèques du code GEANT4 9.4, a été améliorée par la collaboration OpenGATE (<http://opengatecollaboration.org>) de façon à offrir des fonctionnalités spécifiques aux applications de radiothérapie : espace des phases, techniques de réductions de variance, tracking des particules optimisé dans les volumes voxelisés. Dans cette étude, nous validons GATE 6.1 pour la radiothérapie utilisant des faisceaux d'électrons par comparaisons de distributions de doses obtenues avec GATE 6.1 et celles calculées par le logiciel de planification de traitement ISOgray, proposant un module Monte Carlo basé sur PENELOPE, et par le code Monte Carlo de référence EGSnrc. La validation porte également sur des comparaisons avec des mesures expérimentales effectuées dans des fantômes de plaques ainsi que dans un fantôme anthropomorphique de type RANDO.

Matériel et Méthodes :

Des faisceaux d'électrons de 6 MeV et 20 MeV issus d'un accélérateur médical Varian Clinac 2100C ont été modélisés avec les codes GATE 6.1, utilisant GEANT4 9.4 et ses modèles physiques électromagnétiques « Standard », BEAMnrc et le module Monte Carlo PENELOPE du TPS ISOgray.

La validation de la physique de GATE/GEANT4 a été réalisée dans un premier temps dans des fantômes constitués de plaques de PMMA incluant des hétérogénéités d'air et d'aluminium. Des rendements en profondeur ont été calculés avec GATE 6.1 et EGSnrc, mesurés avec une diode semiconductrice et comparés par évaluation du gamma index.

La plateforme GATE 6.1 a été également validée pour une irradiation thoracique réaliste dans un fantôme anthropomorphique de type RANDO. Les mesures de dose par TLD LiF ont été réalisées puis comparées avec celles calculées avec GATE 6.1, EGSnrc ainsi que le module MC ISOgray. Les distributions de dose ont été comparées par le test du gamma index.

Résultats :

A condition de choisir une paramétrisation correcte des modèles physiques et une limitation de la taille des steps adaptée à la géométrie, GATE 6.1 est capable de produire des distributions de dose en accord avec celles mesurées ainsi que celles prédites par le code de référence EGSnrc et le module Monte Carlo ISOgray.

Dans les fantômes de plaques, les comparaisons entre GATE 6.1 et EGSnrc passent le test du gamma index avec un critère fixé à 2% / 2mm.

Dans le fantôme anthropomorphe RANDO, les comparaisons des distributions de dose calculées avec GATE 6.1 et EGSnrc ou le module Monte Carlo d'ISOgray passent le test du gamma index avec un critère fixé à 3%/3mm. Par ailleurs, les différences entre les doses calculées avec GATE 6.1 et celles mesurées par TLD n'excèdent pas 3%.

Conclusion

Ce travail répond au besoin de valider la physique implémentée dans GATE/GEANT4 pour des faisceaux cliniques d'électrons dans des géométries voxelisées et hétérogènes. Les trois codes Monte Carlo GATE/GEANT4, EGSnrc et le module Monte Carlo du TPS ISOgray donnent le même niveau de précision. GATE /GEANT4 est ainsi validé pour les utilisations cliniques en accord avec les mesures expérimentales.