

Simulations Monte Carlo de spectres microdosimétriques, nanodosimétriques et d'espèces radiolytiques avec GEANT4-DNA et LPCHEM.

Auteurs.

Y. Ali¹, L. Auzel², C. Monini¹, J.M. Létang³, E. Testa¹, L. Maigne², M. Beuve¹.

¹Université de Lyon, Institut Nucléaire de Physique de Lyon, Lyon, France.

²Université Clermont Auvergne, Laboratoire de physique de Clermont Ferrand, Clermont Ferrand, France.

³Université de Lyon 1, Creatis, Lyon, France.

Introduction.

L'optimisation des traitements en hadronthérapie repose sur l'estimation de l'efficacité biologique relative. Des modèles biophysiques, tels que le modèle microcinétique (MKM) [1] et le modèle NanOx [2] évaluent l'efficacité biologique relative à partir de la simulation de spectres d'énergie spécifique à l'échelle micrométrique (MKM, NanOx) et/ou nanométrique (LEM, NanOx). Pour le formalisme mathématique du modèle NanOx, l'énergie spécifique chimique est basée sur la production d'espèces radiolytiques et est également considérée. Cette étude vise à la comparaison entre les codes de calcul Monte Carlo GEANT4-DNA et LPCHEM pour la simulation de spectres d'énergie spécifique et d'espèces radiolytiques. Les données physiques et chimiques sont simulées pour des électrons de 10 à 100 keV ainsi que des faisceaux de protons monoénergétiques de 10 à 100 MeV.

Matériel et Méthode.

Les physicslists de Geant4-DNA sont testées pour l'option 0, l'option 2 et l'option 6. Ces options sont recommandées pour les interactions discrètes et utilisent différents modèles élastiques et inélastiques pour les électrons. LPCHEM [3] fait appel à la méthode de calcul CDW-EIS pour les ionisations induites par les ions. Les points de transfert d'énergie 3D sont simulés dans de fines épaisseurs d'eau. Les points de transfert d'énergie sont analysés pour obtenir les spectres d'énergie spécifique dans des cibles micrométriques et nanométriques. Les espèces radiolytiques (e^{-aq} , OH \cdot , H_2O_2 , $O_2\cdot^-$) sont simulées avec le module chimie des codes GEANT4-DNA et LPCHEM. Les résultats sont extrapolés pour un SOBP en superposant les traces d'ions monoénergétiques appropriées.

Résultats.

La comparaison des résultats issus de GEANT4-DNA et de LPCHEM seront présenter pour des faisceaux monoénergétiques. Des résultats pour le SOBP seront également montrés. Cette étude est préliminaire à l'implémentation complète des modèles MKM et NanOx dans la plateforme GATE.

Bibliographie.

1. Hawkins RB. Med Phys. 1998;25: 1157–1170.
2. Cunha M, et al. PMB, 2017;62:1248-1268.
3. Gervais B, et al. RPC, 2005 ;75: 493-513.

Monte Carlo simulation of microdosimetry, nanodosimetry and radiolytic species production, benchmarking GEANT4-DNA and LPCHEM.

Authors.

Y. Ali¹, L. Auzel², C. Monini¹, J.M. Létang³, E. Testa¹, L. Maigne², M. Beuve¹.

¹Université de Lyon, Institut Nucléaire de Physique de Lyon, Lyon, France.

²Université Clermont Auvergne, Laboratoire de physique de Clermont Ferrand, Clermont Ferrand, France.

³Université de Lyon 1, Creatis, Lyon, France.

Introduction.

Hadrontherapy treatments rely on the estimation of the relative biological effectiveness (RBE). Biophysical models, such as the Microdosimetric Kinetic Model (MKM) [1] and the Nanodosimetry Oxidative stress model (NanOx) [2], evaluate the RBE using the calculation of specific energy spectra at micrometric scale (MKM, Nanox) and/or nanometric scale (LEM, Nanox). For the NanOx formalism, the chemical energy based on free radical production during irradiation is also considered. This study aims at benchmarking GEANT4-DNA and LQD/PHYCHEML/CHEM for the simulation of specific spectra and radiolysis species. Physical and chemical data are estimated for electron [1-100 keV], proton [1-250 MeV] and carbone ion [1 MeV/n- 400 MeV/n] monoenergetic beams.

Material and Methods.

Geant4-DNA physics lists are tested with the different options available. These options are recommended for discrete particle interactions and use different electron elastic and inelastic models. LQD [3] uses CDW-EIS calculation for ionizations induced by ions. Three-dimensional energy transfer points are calculated in thin liquid water slices. Transfer points are analyzed with the TED code to calculate, in micrometric and nanometric targets, the specific and the lineal energy. Radiochemical species (e^{-aq} , OH, H_2O_2 ; $O_2\cdot^-$), are calculated with the Geant4-DNA chemistry module and with PHYCHEML/CHEM modules associated to LQD. Results are then extrapolated to SOBP by superposing appropriate monoenergetic ion tracks.

Results.

The comparison of the results obtained with Geant4-DNA and LQD will be presented for monoenergetic beams as well as for SOBP. This study is preliminary to a full implementation of MKM and NanOx biophysical models into the GATE platform and the associated physical and chemical databases.

Bibliography.

1. Hawkins RB. Med Phys. 1998;25: 1157–1170.
2. Cunha M, et al. PMB, 2017;62:1248-1268.
3. Gervais B, et al. RPC, 2005 ;75: 493-513.