

« Traçabilité des valeurs dosimétriques générées dans le domaine préclinique lors de la mise à jour d'un code Monte Carlo »

T. Mauxion^a, N. Chouin^a, J. Barbet^a, M. Bardiès^{a,b}

^aCentre de Recherche en Cancérologie de Nantes-Angers, Inserm, Université de Nantes, UMR_S 892, Nantes, France

^bONIRIS, Nantes, France

Dans le domaine de la dosimétrie des radiopharmaceutiques à l'échelle préclinique, des modèles géométriques représentatifs des animaux d'étude sont utilisés dans notre laboratoire et intégrés en entrée de codes de simulation du transport des radiations (de type Monte-Carlo¹). Ces codes sont régulièrement mis à jour, notamment pour ce qui concerne la modélisation des phénomènes physiques mis en jeu. La Médecine Nucléaire préclinique considère généralement des gammes d'énergie faibles par rapport aux domaines d'utilisation des codes de simulation généralistes, le plus souvent issus du monde de la physique des hautes énergies. Par ailleurs, les dimensions des organes et tissus considérés (inférieurs ou de l'ordre du millimètre) sont souvent en limite de validité de ces codes de calcul. Il est donc relativement fréquent que l'optimisation des caractéristiques d'un code généraliste se fasse au détriment de la précision aux énergies et aux échelles qui nous intéressent. Ainsi, une traçabilité des valeurs générées s'avère nécessaire afin d'assurer la fiabilité de nos résultats au cours du temps.

Nous avons donc généré, à partir du code MCNPXv2.7a², des valeurs dosimétriques de type « Dose Point Kernel (DPK)^{3,4} » et « Voxel Dose Kernel (VDK)⁵ ».

Les VDK ont été calculés pour des voxels cubiques de 0.1, 3 et 6 mm de côté, des sources monoénergétiques de 0.1 à 1 MeV pour les électrons et de 50 à 500 keV pour les photons.

Les DPK ont été générés pour des sources monoénergétiques d'électrons et de photons de 0,1 à 1 MeV. Certains radioéléments d'intérêt en médecine nucléaire ont également été considérés pour les 2 méthodes (⁹⁰Y, ^{99m}Tc, ¹³¹I).

Les VDK obtenus pour les sources monoénergétiques n'ont pu être comparés à la littérature, faute de référence existante. Quant aux simulations des radioéléments, seul l'yttrium-90 montre des différences importantes, allant jusqu'à 100% des valeurs publiées dans le pamphlet n°17 du ^{MIRDE}Erreur ! Signet non défini.

Les DPK simulés pour les radioéléments s'accordent dans un intervalle de $\pm 2\%$ avec les valeurs de références ^{6,7,8}. Les valeurs générées pour les sources monoénergétiques s'inscrivent dans un intervalle de $\pm 15\%$ par rapport aux données rapportées dans la littérature pour les codes ETRAN ^{3,4} et EGS4⁹. Les résultats obtenus s'accordent dans leur grande majorité avec les références disponibles. Les écarts importants que l'on note à distance de la source peuvent s'expliquer par les faibles valeurs absolues de dose absorbée.

Nous disposons donc désormais d'un jeu de données pouvant être confronté aux valeurs générées par de futures versions du code MCNPX. Un travail similaire est également envisagé pour le code GEANT4¹⁰.

¹ Boutaleb et al. 2009. Impact of Mouse Model on Preclinical Dosimetry in Targeted Radionuclide Therapy. IEEE O :1-9

² Hendricks, J. S. MCNPX extensions version 2.5.0. LA-UR- 04-0570, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, 2004

³ Berger, M. J. (1973) Improved point kernels for electron and beta-ray dosimetry (National Bureau of Standards). NBSIR, 73-107.

⁴ Berger, M. J. (1968) Energy deposition in water by photons from point isotropic sources. MIRD Pamphlet No 2. J Nucl Med, Suppl 1:17-25.

⁵ Bolch et al. (1999) MIRD pamphlet No. 17: the dosimetry of nonuniform activity distributions--radionuclide S values at the voxel level. Medical Internal Radiation Dose Committee. J Nucl Med, 40, 11S-36S.

⁶ Berger, M. J. (1971) Distribution of absorbed dose around point sources of electrons and beta particles in water and other media. J Nucl Med, Suppl 5:5-23.

⁷ Prestwich, W. V., Nunes, J. & Kwok, C. S. (1989) Beta dose point kernels for radionuclides of potential use in radioimmunotherapy. J Nucl Med, 30, 1036-46.

⁸ Furhang, E. E., Sgouros, G. & Chui, C. S. (1996) Radionuclide photon dose kernels for internal emitter dosimetry. Med Phys, 23, 759-64.

⁹ Luxton, G. & Jozsef, G. (1999) Radial dose distribution, dose to water and dose rate constant for monoenergetic photon point sources from 10 keV to 2 MeV:EGS4 Monte Carlo model calculation. Med Phys, 26, 2531-8.

¹⁰ Agostinelli S, Allison J, Amako K, et al. GEANT4: a simulation toolkit. Nucl Instrum Methods Phys Res A. 2003;506:250