

EVALUATION DU NOUVEL ALGORITHME DE TRANSPORT DES ELECTRONS DANS MCNP6 POUR LE CALCUL DES DOSES EN PROFONDEURS

Rodolphe ANTONI (1), Laurent BOURGOIS (2)

(1) CEA, DEN, CAD, Cadarache, 13108 Saint-Paul lez Durance, France

(2) CEA, DAM, DIF, Bruyères-le-Châtel, 91297 Arpajon Cedex, France

En radioprotection et en radiothérapie, l'utilisation de codes de calcul Monte-Carlo est désormais incontournable pour l'estimation de la dose en profondeur due aux électrons. Le code MCNP est l'un d'entre eux et permet d'accéder à cette grandeur. Depuis la version la plus récente, MCNP6.1, quatre algorithmes sont disponibles pour le transport des électrons. Ces derniers, selon le paramétrage, peuvent conduire à des différences significatives sur les résultats de calcul.

Depuis les versions MCNP4 et MCNPX deux algorithmes de type "condensed history" sont implémentés. La version MCNP5 propose un troisième algorithme de ce type : « detailed electron energy-loss straggling logic ». Ces trois algorithmes intègrent la théorie de la diffusion multiple ainsi que l'utilisation mixte de données pré-tabulées et d'expressions analytiques pour les sections efficaces de diffusion. MCNP 6.1 propose, en complément des trois précédents, un nouvel algorithme de transport fondé sur une approche point-par-point, « single event mode », qui permet une description plus fine des phénomènes physiques : perte d'énergie lors du parcours, production et mise en mouvement des particules secondaires, déflexion des électrons ...

Un certain nombre d'auteurs ont montré les insuffisances des deux algorithmes de MCNP4 et X à caractériser la dose absorbée dans des volumes d'eau (ou tissus mous) de très petites dimensions. Dans notre présentation nous proposons une évaluation des deux derniers algorithmes implémentés dans MCNP6 pour le calcul de dose en profondeur (« detailed electron energy-loss straggling logic » et « single event mode »), selon la méthode du point kernel, pour des électrons d'énergies comprises entre 50 keV et 3 MeV. Les performances de ces algorithmes pour le calcul de la dose étant fortement liées aux dimensions des cellules de calcul, une étude de sensibilité portant sur la résolution y est réalisée.

Il ressort que l'utilisation de l'algorithme « detailed electron energy-loss straggling logic » doit être accompagné de la définition préalable d'un nombre adéquat de sous-étapes de calcul. A cette condition, les résultats sur les profils de dose absorbée sont proches de ceux des codes Monte-Carlo de référence, pour les électrons, que sont Penelope et EGSnrc. Pour le nouveau mode « single-event » de MCNP6.1 les résultats à basse énergie sont de bonne qualité comparativement aux calculs de référence. À l'inverse, pour des énergies plus élevées, des écarts substantiels avec les valeurs de références sont observés. Le manque de fiabilité actuel du nouvel algorithme, selon l'énergie, est pour partie dû au traitement inadéquat de la section efficace élastique de la bibliothèque ENDF / B-VI.8 et, entre autres, à son impact sur la rétrodiffusion des électrons.

Référence : Antoni R, Bourgois L (2017) Evaluation of the new electron-transport algorithm in MCNP6.1 for the simulation of dose point kernel in water accepté dans Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B