

Micro-dosimétrie par simulation Monte Carlo GATE pour le calcul de l'EBR des faisceaux de protons et d'ions carbone

Lydia Maigne, François Smekens, Giovanna Fois

Laboratoire de Physique Corpusculaire, Pôle Physique pour la Santé et l'Environnement, UMR 6533 CNRS/IN2P3 - Université Blaise Pascal, Campus Universitaire des Cézeaux, 4, avenue Blaise Pascal, TSA 60026, CS 60026, 63178 - Aubière Cedex, FRANCE

Contexte

Pour les faisceaux de haut transfert d'énergie linéique tel que les faisceaux de protons et d'ions carbone, la prise en compte de l'effet biologique relatif dans le calcul de la dose est un élément essentiel. Durant les dernières années, le modèle micro-cinétique (MKM), alliant l'analyse statistique des dépôts de dose au sein d'un noyau cellulaire et les caractéristiques biologique de cette cellule, a été amélioré et affiné pour devenir un des modèles majeurs pour le calcul de l'EBR. L'utilisation de ce modèle nécessite, entre autres, la simulation ou la mesure directe du spectre micro-dosimétrique à l'échelle du noyau cellulaire obtenu grâce à un compteur proportionnel équivalent tissu (TEPC).

Matériel et méthodes

Le détecteur TEPC est modélisé et simulé grâce au code Monte Carlo GATE. Un système dédié à ce détecteur a été implémenté afin de reproduire les données produites lors de mesures par TEPC. Les spectres micro-dosimétriques ainsi simulés sont comparés à ceux de la littérature pour un faisceau d'ions carbone de 300 MeV/u dans l'eau et des faisceaux de protons d'énergie comprise entre 50 et 200 MeV dans l'air. Pour les ions carbone, le spectre micro-dosimétrique pondéré en dose est évalué le long de l'axe d'irradiation dans les régions du plateau, du pic de Bragg et de la queue de fragmentation. Pour les protons, les valeurs moyennes des spectres micro-dosimétriques pondérées en fréquence et en dose sont évaluées pour 7 énergies différentes.

Résultats

Les résultats mettent en évidence un excellent accord entre la simulation et les données de référence pour le faisceau d'ions carbone aux positions caractéristiques le long de l'axe du faisceau (régions du plateau, du pic de Bragg et de la queue de fragmentation). Les résultats concernant les faisceaux de protons montrent un excellent accord avec la littérature en termes de valeur moyenne pondérée en dose. Des écarts importants sont cependant présents pour les valeurs micro-dosimétriques pondérées en fréquence.

Conclusion

Pour les ions carbone comme pour les protons, la simulation des spectres micro-dosimétriques est extrêmement sensible aux taux de production d'électrons dans les différents éléments du détecteur TEPC. Dans le cadre de la collaboration France Hadron, des mesures de spectres micro-dosimétriques sur faisceaux de protons cliniques sont prévues au centre Lacassagne de Nice afin de finaliser la validation des outils développés dans GATE. Ces mesures seront couplées à des mesures de courbe de survie cellulaire qui pourront être utilisées dans le modèle MKM.