

# Transport des électrons de faible énergie ; application à la radioimmunothérapie des émetteurs Auger.

*Marie-Claude Bordage<sup>1</sup>, Julien Bordes<sup>1</sup>, François-Xavier Arnaud<sup>2</sup>, Sébastien Incerti<sup>3</sup>*

A cause de leur faible parcours et de leur transfert d'énergie linéique (TEL) élevé, les électrons de faible énergie induisent des dépôts d'énergie très localisés à l'échelle cellulaire. Pour comprendre et prédire les effets de ces particules, les codes de structures de trace ont été développés. Or, leur précision est très fortement corrélée à la précision des données introduites (i.e. les sections efficaces d'interaction pour tous les processus collisionnels).

Un nouvel ensemble de données pour les électrons de faible énergie (10 eV- 256 keV) dans de l'eau provenant du code de structure de trace CPA100, a été implémenté dans Geant4-DNA, l'extension basse énergie de Geant4. Ces sections efficaces déterminées de façon complètement indépendante, sont proches des résultats expérimentaux.

La vérification de l'implémentation<sup>4</sup> de ces modèles physiques est basée sur la comparaison de grandeurs, telles que le nombre d'interactions, les parcours ... On s'est intéressé aussi à des grandeurs dosimétriques telles que les doses points kernels<sup>5</sup> et les facteurs S pour différentes configurations de source - cible à l'échelle cellulaire pour des électrons monoénergétiques et des émetteurs Auger, dont l'intérêt est reconnu pour la radiothérapie interne vectorisée. Les valeurs obtenues ont été aussi comparées à celles calculées avec les modèles par défaut de Geant4-DNA et avec le code Penelope. Pour les facteurs S, les données du MIRD ont également été introduites dans les comparaisons. L'accord est bon. Ces modèles, maintenant disponibles dans Geant4-DNA, donnent aux utilisateurs la possibilité de choisir des modèles alternatifs.

Dans les calculs dosimétriques à l'échelle cellulaire, on fait l'hypothèse que la cellule et son noyau sont deux sphères concentriques et que la distribution des sources est homogène. Grâce à la microscopie confocale, on peut avoir accès à la géométrie réelle en 3D d'une cellule et à la distribution réelle des anticorps que l'on peut implémenter dans le code Geant4-DNA. On a pu mettre en évidence que si l'effet de la géométrie est faible, celui de l'hétérogénéité de la distribution des anticorps a un impact non négligeable sur la distribution de l'énergie dans les compartiments cellulaires<sup>6</sup>. Une autre étude, récente, sur des images d'agrégats de cellules de lymphomes, a permis de combiner la géométrie réaliste et la distribution des anticorps et de modéliser les dépôts

---

<sup>1</sup> Centre de Recherche en Cancérologie CRCT Toulouse

<sup>2</sup> Service de Physique Médicale, IUCT-O, Toulouse

<sup>3</sup> Centre d'Etudes Nucléaires de Bordeaux-Gradignan CENBG Bordeaux

<sup>4</sup> Bordage *et al.*, Phys. Med. 2016

<sup>5</sup> Bordes *et al.*, NIM B 2017

<sup>6</sup> Arnaud *et al.*, NIM B 2016

d'énergie. Ainsi, on a pu évaluer le potentiel d'émetteurs Auger ( $^{125}\text{I}$ ,  $^{111}\text{In}$ ) for la radioimmunothérapie de lymphomes non hodgkiniens.