

MODÉLISATION DE LA RADIOACTIVITÉ ET DE LA RELAXATION ATOMIQUE DANS GEANT4

Laurent Desorgher¹ Institut de Radiophysique, Rue du Grand-Pré 1, 1007 Lausanne, Suisse,
au nom de la collaboration GEANT4

La modélisation numérique précise des processus de désintégration radioactive et de relaxation atomique est nécessaire dans différents domaines d'application. L'objet de cette présentation est de décrire le traitement de ces processus dans le code Monte Carlo GEANT4.

GEANT4 simule la désintégration radioactive et la relaxation atomique en suivant une approche Monte Carlo où chaque processus physique distinct, impliqué dans une désintégration, est modélisé. Au lieu de générer un spectre moyen d'émission, les particules sont émises désintégration après désintégration, et le temps auquel elles sont produites est calculé précisément en suivant la loi de décroissance exponentielle. Cette approche permet en outre de modéliser correctement les coïncidences des radiations émises lors de la même désintégration.

Pour chaque noyau instable la désintégration radioactive menant à un état nucléaire excité du noyau fille est d'abord simulée. Les processus de désintégration pris en compte sont les émissions β^- , β^+ , α , neutron, et proton ainsi que les captures d'électron. Certains processus d'émission retardée de neutron et proton combinés aux émissions beta sont aussi modélisés. La cascade de désexcitation nucléaire du noyau fille excité est ensuite modélisée par le module de désexcitation nucléaire, qui prend en compte les émissions γ ainsi que les émissions d'électron par conversion interne. Après l'occurrence de capture d'électron et de conversion interne, la relaxation atomique est aussi calculée donnant lieu à l'émission de rayons X et d'électrons Auger.

Les différentes voies de désintégration radioactive, de désexcitation nucléaire et de relaxation atomique sont définies dans GEANT4 par différentes bases de données écrites dans un format lisible et compréhensible. De cette façon tout utilisateur peut corriger ou rajouter une voie de désintégration spécifique à un noyau donné. Les bases de données GEANT4 de la désintégration radioactive et de la désexcitation nucléaire ont été obtenus pour plus de 2000 isotopes à partir des données « Evaluated Structure Data File » (ENSDF). Les bases de données utilisées par le module de relaxation atomique ont été produites à partir des données EADL (Evaluated Atomic Data Library).

Les noyaux radioactifs sont générés dans GEANT4 soit à partir d'une source définie par l'utilisateur, soit lors du bombardement d'un matériel avec des neutrons, des protons, des ions, ou des rayons gamma à haute énergie. GEANT4 permet de calculer l'activité des noyaux radioactifs et le flux des rayonnements ionisants résultant, à différentes périodes après la production de ceux-ci. Ceci est calculé en intégrant numériquement les équations de Bateman. Cette approche peut être utilisée, par exemple, pour le calcul de la dose résultante de l'activation de matériaux à différentes périodes après leur irradiation.

Dans cette présentation nous décrivons les différentes capacités de modélisation de la désintégration radioactive et de la relaxation atomique dans GEANT4, et nous présentons des exemples concrets d'application.