
Etude de la production des neutrons secondaires auprès des accélérateurs

DIRECTEUR DE THESE : DANIEL HUSSON

CO-ENCADRANT : NICOLAS ARBOR

INSTITUT PLURIDISCIPLINAIRE HUBERT CURIEN, 27, RUE DU LOESS, 67037

STRASBOURG

TEL : 03 88 10 64 87 ; E-MAIL : DANIEL.HUSSON@IPHC.CNRS.FR

Les neutrons sont parmi les principaux rayonnements secondaires produits auprès des accélérateurs de particules, aussi bien par réactions nucléaires inélastiques (protons, ions) que par réactions photo-nucléaires (γ, n). Les neutrons posent ainsi d'importants problèmes de radioprotection, en particulier auprès des accélérateurs de particules utilisés pour la recherche fondamentale (CERN, GSI, ...) ou les applications médicales (hadronthérapie), ainsi qu'auprès des accélérateurs linéaires d'électrons permettant la production de rayons X de haute-énergie pour les applications industrielles (stérilisation) et médicales (radiothérapie). Les principaux risques portent à la fois sur l'activation des pièces d'accélérateurs et sur la dose de rayonnement reçue par les personnes exposées aux neutrons.

Le groupe DeSIs (Dosimétrie Simulation Instrumentation) de l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC) de Strasbourg est impliqué depuis plusieurs années sur la problématique des neutrons secondaires auprès des accélérateurs de particules. Cette thèse s'inscrit dans la continuité de ses activités, qui associent les développements de nouveaux systèmes de détection (instrumentation nucléaire) et de codes de calcul d'interactions rayonnement-matière (simulation Monte Carlo). Le groupe DeSIs travaille en particulier à la mise au point d'un nouveau capteur miniaturisé multi-particules (photons, protons, alpha, neutrons) de type CMOS [1] et d'un télescope à protons de recul pixélisé permettant la reconstruction en temps-réel du spectre en énergie neutronique [2].

Au cours de cette thèse, l'étudiant sera amené à travailler en parallèle sur l'instrumentation nucléaire et sur les codes de simulation Monte Carlo. Il bénéficiera des collaborations scientifiques du groupe DeSIs pour réaliser des tests sous faisceau des différents détecteurs auprès de plusieurs installations (centres de proton thérapie, ligne micro-faisceau AIFIRA (CENBG), ligne d'irradiation Cyrcé (IPHC)). Une fois que le système de détection aura été caractérisé (résolution en énergie, efficacité de détection, ...), il sera utilisé pour tester expérimentalement les différents modèles nucléaires de production de neutrons implémentés dans les principaux codes de calcul Monte Carlo tels que Geant4 et MCNP (section efficace, spectrométrie, distribution angulaire). La validation expérimentale (flux de neutrons, distribution angulaire, spectre en énergie) des modèles nucléaires à sélectionner en fonction du type d'accélérateur (particules, énergie) et de l'application visée est en effet une étape indispensable à l'amélioration de la prise en compte de la production des neutrons secondaires.

[1] N. Arbor, S. Higuere, D. Husson, « Micro-scale characterization of a CMOS-based neutron detector for in-phantom measurements in radiation therapy », NIMethods A 888 103-109 (2018)

[2] R. Combe, N. Arbor, Z. El Bitar, S. Higuere, D. Husson, « Conception of a New Recoil Proton Telescope for Real-Time Neutron Spectrometry in Proton Therapy », EPJ WoC 70, 09001 (2018)