

Mesures et dosimétrie des neutrons secondaires auprès des accélérateurs médicaux et industriels

Les neutrons sont parmi les principaux rayonnements secondaires produits auprès des accélérateurs, 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 dans le cas des accélérateurs de particules utilisés pour les applications médicales (hadronthérapie) et des accélérateurs permettant la production de rayons X de haute-énergie pour les applications industrielles (stérilisation, polymérisation) et médicales (radiothérapie). Les principaux risques portent sur la dose de rayonnement reçue par les personnes, et le risque de cancer radio-induit associé, ainsi que sur la possibilité d'activation du matériel exposé 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. Nous avons mis au point une instrumentation spécifique à la caractérisation des champs neutroniques auprès des accélérateurs médicaux et industriels : un spectromètre neutron compact (Télescope à Protons de Recul) pour la reconstruction en temps réel du spectre en énergie des neutrons rapides [1], et des détecteurs de neutrons thermiques et rapides miniaturisés (CMOS) pour le comptage en différents points d'une salle ou dans un fantôme [2,3]. Le groupe DeSIs s'intéresse également à la validation des modèles nucléaires utilisés dans les codes Monte Carlo d'interaction rayonnement-matière (Geant4, GATE, MCNP) pour simuler la production des neutrons dans les différents contextes d'applications.

Le stage s'inscrit dans la continuité de ces activités, qui associent instrumentation nucléaire et modélisation numérique Monte Carlo. Le travail principal portera sur la définition d'un protocole de mesure adapté aux spécificités des installations médicales (centre de proton et de carbone thérapie) et industrielles. Ce protocole pourra impliquer la modification ou l'adaptation d'une partie de l'instrumentation, en fonction de l'environnement. Ces études se feront principalement par l'utilisation de logiciels de modélisation Monte Carlo, mais des mesures expérimentales préliminaires pourront également être réalisées auprès d'installations de recherche (Cyréc à Strasbourg (France), AMANDE à Cadarache (France)). L'étape finale de ce travail sera de proposer un ou plusieurs scénarios réalistes d'exploitation de l'instrumentation développée au sein de l'équipe DeSIs pour différentes problématiques :

- au niveau médical, l'objectif est d'améliorer l'estimation de la dose supplémentaire due aux neutrons reçue par le patient lors d'un traitement en hadronthérapie
- au niveau industriel, l'objectif est de permettre une estimation la plus précise possible de l'activation neutronique des pièces d'accélérateurs et autres objets irradiés.

Les scénarios proposés porteront à la fois sur l'acquisition et sur l'analyse des données expérimentales.

[1] R. Combe, N. Arbor, S. Higuere, D. Husson, « Experimental characterization of a fast, pixelated CMOS sensor and design of a Recoil-Proton Telescope for neutron spectrometry », Nuclear Instrument and Methods in Physics Research A 929 (2019)

[2] N. Arbor et al., "Real-time detection of fast and thermal neutrons in radiotherapy with CMOS sensors", Physics in Medicine and Biology, 62(5) (2018)

[3] N. Arbor, S. Higuere, D. Husson, « Micro-scale characterization of a CMOS-based neutron detector for in-phantom measurements in radiation therapy », Nuclear Instrument and Methods A 888 (2018)

Encadrants : Nicolas Arbor (MCF), Marie Vanstalle (MCF)

Téléphone : 03 88 10 64 27, 03 88 10 64 50

Email : nicolas.arbor@iphc.cnrs.fr, marie.vanstalle@iphc.cnrs.fr

Composition de l'équipe : Nicolas Arbor (MCF), Séverine Chefson (AI), Christian Finck (CR), Stéphane Higuere (IR), Daniel Husson (MCF), The-Duc Lê (AI), Abdel-Mjid Nourreddine (Pr), Marie Vanstalle (MCF)

Nom du responsable et intitulé du laboratoire d'accueil : COURTIN Sandrine (IPHC)

Adresse : IPHC - 23 rue du Loess, BP 28 – 67037 STRASBOURG CEDEX 2