

DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **24 avril 2025**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Monsieur Florian THEVENET**

Titre de la thèse : Conception d'un système instrumental pour l'assurance qualité en temps réel des mini et micro faisceaux de radiothérapie externe

Résumé



Les thérapies FLASH et la thérapie par microfaisceaux (MRT), actuellement en phase préclinique, révolutionnent le traitement des cancers grâce à leur capacité à concentrer des doses élevées sur des tumeurs tout en épargnant les tissus sains. Elles améliorent ainsi significativement le contrôle tumoral et la fenêtre thérapeutique pour certaines indications difficiles à traiter avec les approches conventionnelles. Ces modalités émergentes nécessitent le développement de moyens de métrologie spécifiques. En effet, les outils utilisés en routine clinique ne sont pas adaptés pour réaliser des mesures de dose en temps réel : i) aux très hauts débits de dose de la MRT et ii) avec une résolution spatiale largement submillimétrique. L'énergie dans les microfaisceaux en MRT est également significativement plus faible que dans les radiothérapies conventionnelles, ce qui impose des contraintes spécifiques en termes d'équivalence tissulaire des détecteurs. Ce travail de thèse adresse ces défis avec pour objectif de développer et de caractériser de nouveaux détecteurs dosimétriques 1D, mettant en œuvre un réseau planaire de microstrips scintillantes couplées à des microguides optiques. Ce travail s'articule autour de deux axes principaux : le premier concerne des scintillateurs organiques (BC408), tandis que le second porte sur des scintillateurs semi-conducteurs à gap direct (pérovskite et Ga_2O_3) mis en œuvre dans des cavités fortement hétérogènes. Différents procédés de microfabrication sont employés pour développer des systèmes prototypes avec des réseaux de microstrips à haut facteur de forme, de 20 et 60 μm de largeur. Un modèle de réponse dosimétrique est également proposé pour les détecteurs à cavités hétérogènes. Ce modèle utilise les spectres locaux de photons et d'électrons déterminés par des simulations Monte-Carlo. Les études de caractérisation des systèmes prototypes sont réalisées au laboratoire sous éclairage UV, sous irradiation X sur la ligne médicale du synchrotron ESRF et sur l'irradiateur SARRP (Small Animal Radiation Research Platform) à Grenoble. À noter que les microstrips en BC408 de 20 μm de largeur répondent correctement aux UV, mais pas aux irradiations X, probablement en raison de leur mécanisme de scintillation à deux dopants, remis en cause à cette dimension. Les autres prototypes de détecteurs en microstrips scintillantes organiques et hétérogènes montrent une réponse linéaire avec la dose, qui ne dépend ni du débit de dose MRT utilisé, ni de la dose accumulée (pour des doses pouvant atteindre plus de 100 kGy en fin d'expérimentation). Par ailleurs, on observe une bonne

cohérence entre les résultats de mesure et de modélisation pour les cavités hétérogènes, ce qui tend à valider les hypothèses faites pour établir le modèle proposé. L'ensemble de ces résultats préliminaires encourageants reste à confirmer par des études plus larges et menées après optimisation des dispositifs prototypes.

Mots-clés : Microfaisceaux, Guides d'ondes, Radiothérapie