
Mesure en temps réel et contrôle qualité des faisceaux de protonthérapie pulsés balayés à l'aide d'une fibre optique en silice radioluminescente

Marjorie Grandvillain^{*†1,2}, Franck Mady¹, Mourad Benabdesselam¹, Gilles Mélin³, Joël Hérault², and Marie Vidal^{‡2}

¹Institut de Physique de Nice, Fédération de recherche Claude Lalanne – Université Côte d'Azur (UCA), CNRS : UMR7010 – France

²Centre Antoine Lacassagne, Fédération de recherche Claude Lalanne – CRLCC Antoine Lacassagne – France

³Exail Lannion – Exail (iXblue) – France

Résumé

Introduction : Avec le développement de la protonthérapie, des détecteurs temps réel sont nécessaires pour contrôler les faisceaux de protons balayés pulsés à haut débit de dose par pulses. En particulier, le Proteus®ONE (IBA PT) délivre la dose prescrite en trois passages par couche d'énergie, avec des intensités par impulsion allant de 2,0E-15 à 7,4E-12 C. Ce travail caractérise l'utilisation des fibres optiques en silice radioluminescente pour le contrôle qualité en protonthérapie pulsée balayée (PBS), en se concentrant sur la taille du spot, la réponse en temps réel et le contrôle des irradiations partielles, les rendements en profondeur ayant déjà été préalablement testés.

Matériel et méthodes : Des fibres dopées azote (diamètre 125 μm , longueur sensible 1 cm), couplées à un photodétecteur, ont été irradiées dans de l'eau par des faisceaux de protons balayés pulsés (Proteus®One, IBA PT) à énergie unique de 100, 150 et 226 MeV dans un champ de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ avec un espacement des spots de 2 mm et 1 MU/spot ou de 5,8 mm et 3 MU/spot, afin d'évaluer le contrôle de la régulation de la dose lors d'irradiations partielles. Les irradiations ont été réalisées avec et sans interruptions et l'intensité de la radioluminescence a été mesurée en temps réel. Une comparaison a été effectuée avec les données (charge, position du faisceau, énergie) issues des fichiers systèmes de la machine.

Résultats : Pour chaque point de mesure, le balayage du faisceau a été observé en temps réel. Trois pics pseudo-gaussiens ont été détectés, correspondant aux 3 passages de délivrance de la dose. Chaque pic comprend des sous-pics résultant du déplacement du spot. La modélisation du flux de particules sur les fibres et l'analyse de l'enveloppe du signal pour chaque passage, ont permis d'estimer la taille du spot à l'isocentre en fonction de l'énergie et de la profondeur, avec un écart $< 0,33 \text{ mm}$ par rapport à la mesure de référence à la surface (scintillateur Lynx, IBA Dosimetry). La dose relative à chaque passage est reproductible en cas de faisceau non interrompu et une compensation est mise en évidence par la fibre lors des interruptions. Une différence inférieure à $2\% \pm 1,4 \%$ de la dose totale a été mesurée par la fibre pour les

*Intervenant

†Auteur correspondant: grandvillain.marjorie@outlook.fr

‡Auteur correspondant: marie.vidal@nice.unicancer.fr

différents types d'interruption, montrant que le Proteus®One ajuste la dose délivrée lors des passages suivant une interruption, en accord avec l'analyse des fichiers système. En revanche, un écart de contribution est constaté, dans le cas de multiples interruptions à des positions de faisceaux éloignées de la position de la fibre.

Conclusions : Les fibres en silice dopées azote permettent une mesure en temps réel et semblent adaptées à une surveillance indépendante du système lors d'une irradiation partielle ainsi qu'à la mesure de la taille du spot des faisceaux balayés pulsés. Elles constituent de bons candidats pour l'assurance qualité des fichiers systèmes, le système semblant être améliorable par l'utilisation d'un réseau 2D de fibres.

Mots-Clés: Protonthérapie, Radioluminescence, Contrôle qualité, Fibre optique