
Dosimètre à fibre optique en silice pour le contrôle qualité en radiothérapie

Marjorie Grandvillain*^{†1}, Franck Mady², Petter Hofverberg³, Gaëlle Angellier⁴, Mourad Benabdesselam⁵, Joël Herault⁶, Gilles Melin⁷, Mohamed Bouazaoui⁸, Hicham El Hamzaoui⁹, Bruno Capoen¹⁰, and Marie Vidal*^{‡11}

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

²Institut de Physique de Nice, Fédération de recherche Claude Lalanne – Université Côte d’Azur (UCA), CNRS : UMR7010 – France

³Centre Antoine Lacassagne, Fédération de recherche Claude Lalanne – Centre de Lutte contre le Cancer Antoine Lacassagne [Nice] – France

⁴Centre Antoine Lacassagne, Fédération de recherche Claude Lalanne – Centre de Lutte contre le Cancer Antoine Lacassagne [Nice] – France

⁵Institut de Physique de Nice, Fédération de recherche Claude Lalanne – Université Côte d’Azur (UCA), CNRS : UMR7010 – France

⁶Centre Antoine Lacassagne, Fédération de recherche Claude Lalanne – Centre de Lutte contre le Cancer Antoine Lacassagne [Nice] – France

⁷EXAIL – Exail (iXblue) – France

⁸Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules - UMR 8523 – Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Lille : UMR8523, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8523 – France

⁹Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules - UMR 8523 – Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

¹⁰Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules - UMR 8523 – Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Lille : UMR8523, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8523 – France

¹¹Centre Antoine Lacassagne, Fédération de recherche Claude Lalanne – CRLCC Antoine Lacassagne – France

Résumé

Introduction :

La thérapie FLASH à ultra-haut débit de dose exige le développement de nouveaux dosimètres dont la sensibilité n’est pas altérée par la recombinaison comme c’est le cas pour les capteurs radio-électriques. La scintillation inorganique, produite par la recombinaison de paires électron-trou pendant l’irradiation, est un principe métrologique répondant parfaitement à

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: grandvillain.marjorie@outlook.fr

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

cette exigence (Romano et al. 2022). Ce travail vise à caractériser des dosimètres radioluminescents miniaturisés et quasi-équivalents tissus, constitués de fibres optiques en silice, pour le contrôle qualité en radiothérapie conventionnelle et protonthérapie.

Matériel et méthodes :

Des fibres de silice, activées par dopage cérium (Ce) ou azote (N), de 120 μm de diamètre, ainsi qu'un barreau de silice dopée gadolinium (Gd) de 220 μm , ont été sélectionnés pour cette étude. 1 cm de ces scintillateurs (sonde) a été soudé à une fibre de silice radio-résistante transportant la lumière vers un photodétecteur mesurant l'intensité de radioluminescence IRL. Les sondes ont été irradiées avec trois faisceaux cliniques : proton diffusé continu (max. 63 MeV, Medicyc), proton balayé pulsé (100-226 MeV, Proteus®One, IBA PT), et photon (6 MV, CyberKnife®, Accuray). Les rendements en profondeur ont été mesurés dans un fantôme d'eau. Pour vérifier la linéarité de IRL en fonction du flux, des mesures ont aussi été effectuées dans l'air pour des protons de 15 à 61 MeV.

Résultats :

Les sondes doivent être pré-irradiées pour obtenir un signal répétable à moins de 0,5 %. Les pics de Bragg à 63 MeV présentent la forme attendue, la différence sur le parcours est inférieure à 0,5 mm. Une sous-évaluation de la dose relative est observée ; les rapports Pic/Plateau sont respectivement de 4,1, 3,1 et 2,9 pour la référence (diode), la sonde Gd, et les sondes Ce et N. Ce rapport est de 2,8 à 100 MeV pour la sonde N (4,2 pour la référence). Ces écarts sont dus au "scintillation quenching" (SQ, Archambault et al. 2008) : plus l'énergie des ions est faible, plus la sensibilité de Radioluminescence (RL) au débit de dose décroît. Nos mesures confirment la linéarité du signal RL avec le flux et permettent de caractériser la dépendance en énergie due au SQ. Sous photons, le TPR 20/10 acquis avec la sonde N est de 0,74 au lieu de 0,63. Le rendement présente un écart de 1 mm sur le maximum car la précision est limitée par le bruit. Les sondes semblent peu sensibles aux photons de haute énergie, le signal étant parasité par la lumière, particules diffusées... Les tests menés en balayage pulsé montrent que la résolution temporelle offerte par ces dosimètres permet la mesure des spots en temps réel.

Conclusions :

Le diamètre des fibres offre une haute résolution spatiale mais leur petit volume affecte la sensibilité aux photons de 6 MV. Malgré la nécessité d'une correction en énergie pour la mesure précise des pics de Bragg, les dosimètres radioluminescents en silice sont prometteurs pour la protonthérapie.

Mots-Clés: contrôle qualité, proton, scintillateur, fibre optique