
Optimisation de la dosimétrie optique dans un fantôme d'eau en exploitant l'imagerie de polarisation du rayonnement Cherenkov

Gérémy Michaud^{1,2}, Émilie Cloutier^{1,2}, Anastasiia Pusenкова⁴, Tigran Galstian^{3,4}, Louis Archambault^{1,2} et Luc Beaulieu^{1,2}

¹Département de physique, génie physique et d'optique et Centre de recherche sur le cancer, Université Laval, Québec, Canada

²Service de physique médicale et de radioprotection, Centre intégré de cancérologie, CHU de Québec-Université Laval et Centre de recherche du CHU de Québec, Québec, Québec, Canada

³Département de physique, génie physique et d'optique et Centre d'optique, photonique et lasers, Université Laval, Québec, Canada

⁴Patqer Photonique Inc., Québec, Canada

Introduction: Le rayonnement Cherenkov se produit lorsqu'une particule chargée se déplace à une vitesse supérieure à celle de la lumière dans un milieu diélectrique [1]. Ce phénomène génère de la lumière polarisée qui peut être exploitée pour détecter et quantifier les distributions de dose de radiation dans des applications médicales telles que la radiothérapie [2]. En utilisant la lumière Cherenkov émise par le milieu irradié, cette méthode prometteuse permet une évaluation en temps réel de la distribution de dose [3]. Cette étude se base sur les travaux antérieurs du groupe de recherche [4, 5] et vise à valider les méthodes de dosimétrie optique dans un fantôme d'eau par polarisation du rayonnement Cherenkov tout en améliorant leur précision.

Méthodes: Pour ce faire, le signal d'émission Cherenkov est capturé à l'aide d'une caméra équipée d'un capteur d'image à transfert de charge (CCD) lors de l'irradiation d'une cuve d'eau de dimensions $15 \times 15 \times 20 \text{ cm}^3$ par des faisceaux de photons et d'électrons de différentes énergies, notamment 6 MV, 18 MV, 6 MeV et 18 MeV. L'analyse de la polarisation du rayonnement Cherenkov est réalisée en utilisant un polariseur linéaire rotatif, ainsi qu'un innovant modulateur de polarisation développé par la compagnie PATQER Photonique. Les images capturées à différents angles de transmission sont ensuite utilisées pour reconstruire l'image polarisée en appliquant la loi de Malus [6]. Cette approche permet d'extraire la contribution polarisée du signal, l'angle moyen de polarisation et la partie non polarisée du signal. À titre de référence, des films radiochromiques et des données provenant d'un système de planification de traitement sont utilisés en parallèle avec les données expérimentales.

Résultats: Chaque ensemble de mesures permet d'extraire le profil normalisé par rapport à la dose d'irradiation maximale (d_{max}) ainsi que les rendements en profondeur (PDD) du faisceau ionisant. Ces résultats confirment alors la faisabilité et la pertinence de cette approche pour une évaluation précise en temps réel de la distribution de dose en radiothérapie.

Conclusion: Finalement, des études supplémentaires pourraient explorer l'application de cette méthode dosimétrique à des situations cliniques, notamment l'évaluation de l'effet FLASH [2]. De plus, en combinant les avantages de la dosimétrie optique avec d'autres modalités de mesure de dose, une approche hybride pourrait être développée pour une évaluation complète et précise de la distribution de dose en radiothérapie. Ces perspectives ouvrent alors la voie à une amélioration continue des techniques de traitement et à une meilleure personnalisation des traitements pour les patients atteints de cancer.

Références

- ¹P. A. ČERENKOV, « Visible Radiation Produced by Electrons Moving in a Medium with Velocities Exceeding that of Light », *Physical Review* **52**, 378-379 (1937).
- ²M. R. ASHRAF, M. RAHMAN, R. ZHANG, B. B. WILLIAMS, D. J. GLADSTONE, B. W. POGUE et P. BRUZA, « Dosimetry for FLASH Radiotherapy : A Review of Tools and the Role of Radioluminescence and Cherenkov Emission », *Frontiers in Physics* **8**, 328 (2020).
- ³L. A. JARVIS, R. ZHANG, D. J. GLADSTONE, S. JIANG, W. HITCHCOCK, O. D. FRIEDMAN, A. K. GLASER, M. JERMYN et B. W. POGUE, « Cherenkov Video Imaging Allows for the First Visualization of Radiation Therapy in Real Time », *International Journal of Radiation Oncology*Biology*Physics* **89**, 615-622 (2014).
- ⁴É. CLOUTIER, L. ARCHAMBAULT et L. BEAULIEU, « Accurate dose measurements using Cherenkov emission polarization imaging », *Medical Physics* **49**, 5417-5422 (2022).
- ⁵É. CLOUTIER, L. BEAULIEU et L. ARCHAMBAULT, « Direct in-water radiation dose measurements using Cherenkov emission corrected signals from polarization imaging for a clinical radiotherapy application », *Scientific Reports* **12**, 9608 (2022).
- ⁶E. COLLETT, *Field guide to polarization*, 3. print, SPIE Field Guides 5 (SPIE Press, Bellingham, Wash, 2012), 134 p.