



# Canadian Radiation Protection Association Association canadienne de radioprotection

## 2025 ANTHONY J. MacKay STUDENT PAPER CONTEST / CONCOURS DE COMMUNICATIONS ÉTUDIANTES ANTHONY J. MacKay 2025 FINALIST / FINALISTE

Name / Nom	
Minahil Manzoor	
Program and Year of Study	Programme d'étude et niveau
1st year Master's Program, Nuclear Engineering	1ère année, programme de maîtrise, Génie nucléaire
Institute	Institut
Ontario Tech University	Université Ontario Tech
Name and Affiliation of Co-Authors	Nom et affiliation des co-auteurs
Dr. Edward Waller, Ontario Tech University	Dr Edward Waller, Université Ontario Tech
Paper Title	Titre de l'article
Enhancing Eye Dose Monitoring in Radiation Protection: Evaluating Hp(0.07) and OSLDs as an Alternative to Hp(3)	Amélioration de la surveillance de la dose oculaire en radioprotection : Évaluation de la Hp(0,07) et de la dosimétrie par luminescence stimulée optiquement (OSLD) comme alternative à la Hp(3)
Abstract	Résumé
<b>Background</b> Occupational exposure to ionizing radiation is a significant concern for medical workers, particularly those in interventional radiology	<b>Contexte</b> L'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants est une préoccupation importante pour les travailleurs médicaux, en

and nuclear medicine. Radiation-induced cataract formation has led to stricter dose limits for the eye lens, as recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP) [1]. Traditionally, Hp(3) has been the preferred metric for assessing eye dose, but due to limited availability of Hp(3) dosimeters, Hp(0.07) is often used as a surrogate [2].

While thermoluminescent dosimeters (TLDs) have been commonly used for eye dose monitoring, optically stimulated luminescent dosimeters (OSLDs) offer benefits such as higher sensitivity, reusability, and lower fading rates. This study evaluates the feasibility of using Hp(0.07) measured with OSLDs as an alternative for eye dose monitoring in radiation protection. Specifically, it aims to:

- Assess the correlation between Hp(0.07) and Hp(3) using OSLDs under controlled irradiation conditions.
- Evaluate OSLD dose accuracy relative to Monte Carlo (MC)-derived Hp(3) reference doses.
- Investigate the response of nanodot OSLDs to photon and beta radiation fields.
- Develop and test a prototype annealing system for OSLD reuse.
- Optimize annealing conditions for efficient dose resetting using different LED light sources.

## Methods

This study builds upon the 2016 EURADOS report on eye lens dosimetry [3], using both photon and beta irradiations to evaluate nanodot and inlight OSLDs. Controlled irradiation experiments were conducted using custom 3D-printed PMMA eye phantoms, selected for their tissue-equivalent properties [4].

For photon irradiations, air kerma values were converted into Hp(3) equivalents using MC simulation-based conversion coefficients. OSLDs were exposed and their dose measurements were

particulier pour ceux et celles évoluant en radiologie interventionnelle et en médecine nucléaire. La formation de cataractes induites par les rayonnements a conduit à des doses plus strictes pour le cristallin de l'œil, comme le recommande la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) [1]. Traditionnellement, la Hp(3) était la mesure préférée pour évaluer la dose à l'œil, mais en raison de la disponibilité limitée des dosimètres pour la Hp(3), la Hp(0,07) est souvent utilisée comme substitut [2].

Alors que les dosimètres thermoluminescents (DTL) ont été couramment utilisés pour la surveillance de la dose oculaire, les dosimètres luminescents stimulés optiquement (OSLD) offrent des avantages tels qu'une sensibilité accrue, une possibilité de réutilisation et des taux de dégradation plus faibles. Cette étude évalue la faisabilité d'utiliser la Hp(0,07) mesurée avec des OSLD comme alternative pour la surveillance de la dose oculaire en radioprotection. Plus spécifiquement, elle vise à :

- Évaluer la corrélation entre la Hp(0,07) et la Hp(3) en utilisant des OSLD dans des conditions d'irradiation contrôlées.
- Évaluer la précision de la dose d'un OSLD par rapport aux doses de référence Hp(3) dérivées de Monte-Carlo (MC).
- Étudier la réponse des OSLD à point quantique aux champs de photons et de rayonnements bêta.
- Développer et tester un prototype de système de recuit pour la réutilisation des OSLD.
- Optimiser les conditions de recuit pour une réinitialisation efficace de la dose en utilisant différentes sources de lumière DEL.

## Méthode

Cette étude s'appuie sur le rapport EURADOS 2016 sur la dosimétrie du cristallin de l'œil [3], utilisant des irradiations photoniques et bêta pour évaluer les OSLD à points quantiques et inlight. Des expériences d'irradiation contrôlée ont été effectuées en utilisant un fantôme de l'œil en PMMA imprimé en 3D,

recorded using the MicroStar reader system. Accuracy was evaluated by comparing measured doses to expected Hp(3) values derived from air kerma-to-Hp(3) conversions.

For beta irradiations, standardized beta sources were used to examine OSLD response across different beta energy spectra. Dose response characteristics, including energy dependence and signal fading, were analyzed to determine the feasibility of nanodots for accurate eye lens dosimetry in mixed radiation fields [5].

An OSLD annealer was designed to reset irradiated nanodots for multiple measurement cycles. The annealer employed blue, green, and white LED light sources to optimize annealing conditions. Experimental trials assessed annealing efficiency by exposing nanodots to varying radiation doses and rereading dose levels at five-minute intervals using the MicroStar II system. The most effective light source was determined based on the time required to reduce stored dose levels below detectable limits [6].

## Results

Preliminary results show a strong correlation between Hp(0.07) and Hp(3), confirming the feasibility of using Hp(0.07) as a surrogate for eye dose assessment. OSLD readings exhibited consistent performance across different radiation fields, with lower fading rates than traditional TLDs. The annealer successfully reset OSLDs, eliminating residual signals and ensuring accurate dose measurements across reuse cycles.

Blue LED light (470 nm) achieved the fastest annealing times, reducing doses below 8 Gy within 30 minutes and doses near 20 Gy within 55 minutes. White light required 40 minutes for doses under 8 Gy and 70 minutes for doses near 20 Gy. Green light was the least effective, requiring 90 and 140 minutes, respectively. These findings suggest that blue LED light is the most efficient annealing method for nanodot OSLDs, enhancing reusability and reducing measurement uncertainties.

sélectionné pour ses propriétés équivalentes à celles des tissus [4].

Pour les irradiations au photon, les valeurs de kerma dans l'air ont été converties en équivalents de la Hp(3) à l'aide de coefficients de conversion basés sur une simulation MC. Les OSLD ont été exposés et les mesures de doses ont été enregistrées en utilisant le système de lecture MicroStar. La précision a été évaluée en comparant les doses mesurées aux valeurs de la Hp(3) attendues, dérivées des conversions kerma dans l'air en Hp(3).

Pour les irradiations bêta, des sources bêta normalisées ont été utilisées pour examiner la réponse de l'OSLD pour différents spectres d'énergie bêta. Les caractéristiques de la réponse à la dose, y compris la dépendance énergétique et la dégradation du signal, ont été analysées pour déterminer la faisabilité des points quantiques pour une dosimétrie du cristallin précise dans ces champs de rayonnements mixtes [5].

Un recuiseur pour OSLD a été conçu pour réinitialiser les points quantiques irradiés pour plusieurs cycles de mesure. Le recuiseur utilise des sources lumineuses DEL bleues, vertes et blanches afin d'optimiser les conditions de recuit. Les essais expérimentaux ont évalué l'efficacité du recuit en exposant les points quantiques à des doses de rayonnements variables et en relisant les niveaux de dose à des intervalles de 5 minutes à l'aide du système MicroStar II. La source lumineuse la plus efficace a été déterminée en fonction du temps nécessaire pour réduire les niveaux de doses enregistrés en dessous des limites détectables [6].

## Résultats

Les résultats préliminaires démontrent une corrélation forte entre la Hp(0,07) et la Hp(3), confirmant la faisabilité d'utiliser la Hp(0,07) comme substitut à l'évaluation de la dose à l'œil. Les mesures des OSLD ont montré des performances constantes pour différents champs de rayonnement avec des taux de dégradations plus faibles que les DTL traditionnels. Le recuiseur a réinitialisé les

## Conclusion

This study demonstrates that Hp(0.07) can serve as a viable alternative to Hp(3) in eye dose assessments and highlights the advantages of OSLDs over conventional TLDs for radiation protection. Implementing an OSLD-based monitoring system, combined with an efficient annealing process, could improve the accuracy and efficiency of lens dose monitoring programs.

The development of a low-cost OSLD annealer further supports the feasibility of integrating nanodot OSLDs into routine monitoring. The use of blue LED light for annealing significantly reduces processing time, allowing for faster and more effective reuse of dosimeters. Future research should refine calibration methodologies, validate findings in real-world occupational settings, and explore the long-term effects of repeated annealing on OSLD sensitivity.

## References

- [1] ICRP, "ICRP Publication 118: Radiation Dose to the Lens of the Eye," 2012.
- [2] R. Behrens and G. Dietze, "Personal dosimeters for eye lens dosimetry," *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 139, no. 1-3, pp. 325-331, 2010.
- [3] R. Behrens et al., "EURADOS Report 2016: Eye lens dosimetry," *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 172, no. 1-3, pp. 21-28, 2016.
- [4] ICRU, "Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement," ICRU Report 44, 1989.
- [5] S. Jang et al., "Characterization of OSLD response to beta radiation," *Radiation Measurements*, vol. 122, pp. 106-119, 2019.
- [6] J.-H. Kim et al., "Evaluation of blue LED light annealing in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C for radiation dosimetry," *Journal of Luminescence*, vol. 138, pp. 147-153, 2013.

OSLD, éliminant les signaux résiduels et assurant des mesures de dose précises tout au long des cycles de réutilisation.

La lumière DEL bleue (470 nm) a obtenu le temps de recuit le plus rapide, réduisant les doses sous 8 Gy en moins de 30 minutes et les doses de près de 20 Gy en moins de 55 minutes. La lumière blanche a nécessité 40 minutes pour les doses sous 8 Gy et 70 minutes pour les doses d'environ 20 Gy. La lumière verte a été la moins efficace, nécessitant 90 et 140 minutes respectivement. Ces résultats suggèrent que la lumière DEL bleue est la méthode de recuit la plus efficace pour les OSLD à points quantiques, améliorant la réutilisabilité et réduisant les incertitudes de mesure.

## Conclusion

Cette étude démontre que la Hp(0,07) peut servir d'alternative viable à la Hp(3) dans l'évaluation de la dose à l'œil et souligne les avantages des OSLD sur les DTL conventionnels en radioprotection. La mise en œuvre d'un système de surveillance basé sur les OSLD, combiné à un procédé de recuit efficace pourrait améliorer la précision et l'efficacité des programmes de surveillance de la dose aux cristallins.

L'élaboration d'un recuseur d'OSLD à faible coût renforce davantage la faisabilité d'intégrer des OSLD à points quantiques dans la surveillance de routine. L'utilisation de lumière DEL bleue pour le recuit réduit considérablement le temps de traitement, permettant une réutilisation rapide et efficace des dosimètres. Des recherches supplémentaires devraient affiner les méthodologies d'étalonnage, valider les résultats dans les environnements professionnels réels et explorer les effets à long terme du recuit sur la sensibilité des OSLD.

## Références

- [1] ICRP, "ICRP Publication 118: Radiation Dose to the Lens of the Eye," 2012.
- [2] R. Behrens and G. Dietze, "Personal dosimeters for eye lens dosimetry," *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 139, no. 1-3, pp.

325-331, 2010.

[3] R. Behrens et al., "EURADOS Report 2016: Eye lens dosimetry," *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 172, no. 1-3, pp. 21-28, 2016.

[4] ICRU, "Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement," ICRU Report 44, 1989.

[5] S. Jang et al., "Characterization of OSLD response to beta radiation," *Radiation Measurements*, vol. 122, pp. 106190, 2019.

[6] J.-H. Kim et al., "Evaluation of blue LED light annealing in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C for radiation dosimetry," *Journal of Luminescence*, vol. 138, pp. 147-153, 2013.