

Dosimétrie du cristallin, approche du LNHB

JM Bordy, J Daures, J Gouriou

CEA, LIST, Laboratoire National Henri Becquerel, F 91191 Gif sur Yvette, France

La grandeur opérationnelle, $H_p(3)$, équivalent de dose à 3 mm de profondeur a été préconisée par l'ICRU pour estimer la dose équivalente au cristallin, H_{lens} , mais à défaut de fantôme clairement choisi, l'ICRU n'a pas publié de valeur des coefficients de conversion du kerma dans l'air vers $H_p(3)$ pour les photons. Il en résulte que cette grandeur n'est pas utilisable en l'état de par l'absence de valeurs théoriques et de procédures de mesure (conditions d'étalonnage et de port) faisant l'objet d'un consensus international.

La dosimétrie du cristallin a connu un regain d'intérêt ces dernières années. D'abord dans le cadre du groupe de travail ORAMED (2007-2011) ou l'ENEA (Italie) et le LNHB (France) ont proposé, pour pallier le manque de définition de la grandeur opérationnelle $H_p(3)$, de choisir un fantôme ortho cylindrique de 20 cm de diamètre en matériau équivalent au tissu pour la définition de $H_p(3)$ et un fantôme d'étalonnage en termes de $H_p(3)$ de dimensions identiques rempli d'eau avec les parois en plexiglass. Les dimensions ont été choisies pour obtenir un volume « représentatif » d'une tête humaine adulte. Ainsi, des valeurs des coefficients de conversion du kerma dans l'air vers $H_p(3)$ ont été calculées pour les photons et de la fluence vers $H_p(3)$ pour les électrons. Des propositions ont aussi été faites pour adapter les tests de type à la dosimétrie du cristallin en radioprotection pour les expositions médicales. Un dosimètre porté au niveau de l'œil a été mis au point par RadCard (Pologne). En 2011 la CIPR a publié une recommandation (4825-3093-1464) proposant un abaissement de la limite d'exposition annuelle de 150 mSv à 20 mSv par an en moyenne sur 5 ans avec un maximum de 50 mSv par an. Suite aux travaux de ORAMED, l'ISO TC85 SC2 WG19 a entrepris la rédaction d'une nouvelle norme (ISO 15382 : « Procedure for radiation protection monitoring of the dose to the extremities and the lens of the eye ») pour proposer un guide pratique pour la mise en œuvre de la dosimétrie du cristallin. Cette norme devrait être publiée en 2015. En parallèle, la CEI a décidé d'inclure $H_p(3)$ dans la norme CEI 62387 (Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes dosimétriques intégrés passifs pour la surveillance de l'individu et de l'environnement) traitant du test de type des dosimètres. En 2012, l'ICRU dans le cadre d'une réflexion plus globale sur l'avenir des grandeurs opérationnelles a choisi d'introduire la grandeur $H_p(3)$ telle que proposée par l'ENEA et le LNHB, ce rapport devrait être publié en 2014. Enfin, l'AIEA en 2013 a entrepris la rédaction d'un guide pratique pour la dosimétrie du cristallin.

Certains des éléments indiqués dans ce résumé sont repris dans les documents en cours de rédaction mentionnés ci-dessus d'autres font l'objet de discussions dans le cadre de ces groupes de travail.

L'absence de procédure claire pour l'utilisation de $H_p(3)$ associé à une limite d'exposition pour les travailleurs à 150 mSv par an, avait conduit à assurer la dosimétrie du cristallin en « monitorant » d'autres grandeurs, telle que $H_p(0,07)$, considérées alors comme des estimateurs suffisamment précis de $H_p(3)$ pour permettre la vérification du respect des limites d'exposition. La proposition de réduction de la limite annuelle par la CIPR restreint, à tout le moins, le domaine d'utilisation de cette « stratégie ». Il est donc nécessaire, pour estimer avec la précision requise la dose équivalente au cristallin, d'utiliser un dosimètre étalonné en termes de $H_p(3)$. Ce dosimètre doit être étalonné dans des conditions représentatives des conditions de port. Pour assurer la meilleure précision de la mesure, ce dosimètre doit être porté au plus près du cristallin.

Cependant lorsque l'étude de poste met en évidence des conditions d'exposition particulières comme : une très faible exposition du cristallin au rayonnement ou encore une homogénéité spatiale du champ de rayonnement, il peut être considéré que la contrainte d'avoir à porter un dosimètre supplémentaire au niveau du cristallin n'est pas indispensable et que la dose équivalente au cristallin pourrait être estimée via d'autres moyens.

Pour assurer l'évaluation de la dose équivalente au cristallin, nous avons donc implicitement à notre disposition l'ensemble des grandeurs opérationnelles (équivalents de dose). Le tableau 1 résume les caractéristiques des grandeurs opérationnelles. Les tableaux 2 et 3 proposent (en anglais) des synoptiques de décisions pour le choix de la méthode de surveillance en fonction des caractéristiques du champs de rayonnement, telles qu'elles peuvent être obtenues lors de l'étude de poste, et de la précision souhaitées. Nous terminons par quelques références bibliographiques.

Tableau 1 :

Grandeur opérationnelle	Fantôme en matériaux équivalent au tissu utilisé pour définir la grandeur	Condition de port du dosimètre
$H_p(0,07)$	Cylindre (doigt, poignet)	Aux extrémités
$H_p(0,07)$	Parallélépipède tronc (30x30x15)	Sur la poitrine
$H_p(3)_{\text{slab}}$	Parallélépipède tronc (30x30x15)	Sur la poitrine
$H_p(3)_{\text{cyl}}$	Cylindre tête (h 20 cm, Φ 20cm)	Près du cristallin
$H_p(10)$	Parallélépipède tronc (30x30x15)	Sur la poitrine
$H^*(10) ; H'(3) ; H'(0,07)$	Sphère de 30 cm de diamètre	Dans l'air « libre »

Tableau 2 : Synoptique de décision pour les photons

Case	Dose	Energy	Quantity	Calibration phantom	Dosemeter	Additional calculations required	Remarks
Non homogeneous radiation fields (with or without the use of protective equipment) Or homogeneous radiation field when protective equipment are used	“High and low doses” (categories A & B)	All energies	Hp(3)cyl	Right Cylinder (Diam. 20 cm)	Design for Hp(3)cyl	No	Best accuracy
			H'(3)	Free in air	Design for H'(3)	Yes	Large error possible - higher uncertainty
	“Low doses” (category B)	Hp(10) cannot be used below about 20 keV	Hp(10)	Slab	Design for Hp(10)	Yes	
			Hp(3)slab	Slab	Design for Hp(3)slab	Yes	
			Hp(0.07)	Rod, pillar, slab	Design for Hp(0.07)	Yes	
			H*(10)	Free in air	Design for H*(10)	Yes	
			H'(0.07)	Free in air	Design for H'(0.07)	Yes	
Homogeneous radiation fields Note : It must be proven that the radiation field is homogeneous	“High and low doses” (categories A & B)	All energies	Hp(3)cyl	Right Cylinder (Diam 20 cm)	Design for Hp(3)cyl	No	Best accuracy
			Hp(3)slab	Slab	Design for Hp(3)slab	No	Good accuracy - Care must be taken that the radiation fields remain homogeneous
			H'(3)	Free in air	Design for H'(3)	No	
	“Low doses” (category B)	Hp(10) cannot be used below about 20 keV	Hp(10)	Slab	Design for Hp(10)	Yes	Large error possible, - higher uncertainty, - Care must be taken that the radiation fields remain homogeneous
			Hp(0.07)	Rod, pillar, slab	Design for Hp(0.07)	Yes	
			H*(10)	Free in air	Design for H*(10)	Yes	
			H'(0.07)	Free in air	Design for H'(0.07)	Yes	

Tableau 3 : Synoptique de décision pour les électrons

Case	Dose	Energy	Quantity	Calibration phantom	Dosemeter	Additional calculations required	Remarks
Non homogeneous radiation fields (without the use of shielding thick enough for stopping beta radiations)	“High and low doses” (categories A & B)	All energies above 0.7 MeV	Hp(3)cyl	Right Cylinder (Diam. 20 cm)	Design for Hp(3)	No	Best accuracy
			H'(3)	Free in air	Design for H'(3)	Yes	Large error possible, - higher uncertainty
	Hp(3)slab		Slab	Design for Hp(3)slab	Yes		
	Hp(0.07)		rod or pillar, slab	Design for Hp(0.07)	Yes		
	H'(0.07)		Free in air	Design for H'(0.07)	Yes		
Non homogeneous radiation fields (with the use of shielding thick enough for stopping beta radiations)		Consider “photon radiation” as the beta particles are completely absorbed in the shielding					
Homogeneous radiation fields Note : It must be proven that the radiation field is homogeneous	“High and low doses” (categories A & B)	All energies above 0.7 MeV	Hp(3)cyl	Right Cylinder (diam 20 cm)	Design for Hp(3)	No	Best accuracy
			Hp(3)slab	Slab	Design for Hp(3)slab	No	Good accuracy, - Care must be taken that the radiation fields remain homogeneous
			H'(3)	Free in air	Design for H'(3)	No	
	“Low doses” (category B)		Hp(0.07)	rod or pillar, slab	Design for Hp(0.07)	Yes	Large error possible, - higher uncertainty, - Care must be taken that the radiation fields remain homogeneous
			H'(0.07)	Free in air	Design for H'(0.07)	Yes	

Quelques références

Principle for the design of radiation protection dosimeters for operational and protection quantities, J.M. Bordy, G. Gualdrini, J. Daures and F. Mariotti, *Radiation protection dosimetry*, (2011) 144(1-4): 257-261

Proposals for the type tests and calibration methodology of passive eye lens dosimeters in interventional cardiology and radiology workplaces, J.M. Bordy, J. Daures, M. Denozzière, G. Gualdrini, M. Guijaume, E. Carinou, F. Vanhavere, *Radiation Measurements* [doi:10.1016/j.radmeas.2011.07.035](https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2011.07.035) |

The new eye-dTM dosimeter for measurements of Hp(3) for medical staff, P. Bilski, J.-M. Bordy, J. Daures, M. Denozzière, E. Fantuzzi, P. Ferrari, G. Gualdrini, M. Kopec, F. Mariotti, F. Monteventi, S. Wach, *Radiation Measurements*, [doi:10.1016/j.radmeas.2011.04.031](https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2011.04.031) |

Monte carlo determination of the conversion coefficients $H_p(3)/K_a$ in a right cylinder phantom with penelope code. comparison with "mcnp" simulations J. Daures, J. Gouriou, J.M. Bordy, *Radiation Protection Dosimetry* (2011) 144(1-4): 37-42

ENEA extremity dosimeter based on LiF(Mg,Cu,P) to evaluate $H_p(3,\alpha)$, Mariotti, E. Fantuzzi, B. Morelli, G. Gualdrini, M. C. Botta, G. Uleri, J.M. Bordy, and M. Denozzière, *Radiation Protection Dosimetry* (2011) 144(1-4): 187-191

Eye lens dosimetry: task 2 within the ORAMED project G. Gualdrini, F. Mariotti, S. Wach, P. Bilski, M. Denozzière, J. Daures, J.M. Bordy, P. Ferrari, F. Monteventi, and E. Fantuzzi; *Radiation Protection Dosimetry* (2011) 144(1-4): 473-477

Conversion coefficients from air kerma to personal dose equivalent, Hp(3) for eye-lens dosimetry, Daures, J., Gouriou, J. and Bordy, J.-M., ISSN/0429-3460, CEA-R-6235. CEA (2009)

Principles for the Design and Calibration of Radiation Protection Dosimeters for Operational and Protection Quantities for Eye Lens, Bordy, J.-M., Gualdrini, G., Daures, J., Mariotti, F., *Dosimetry*. Rad. Prot. Dosim. **144**, 257-261 (2011)

A new cylindrical phantom for eye lens dosimetry development, Gualdrini, G., Mariotti, F., Wach, S., Bilski, P., Denozzière, M., Daures, J., Bordy, J.-M., Ferrari, P., Monteventi, F., Fantuzzi, E., Vanhavere, F, *Rad. Meas.* **46**, 1231-1234 (2011)

ORAMED project. Eyelens dosimetry. A new Monte Carlo approach to define the operational quantity Hp(3), Mariotti, F. and Gualdrini, G., ISSN/0393-3016, RT/2009/1/BAS. ENEA (2009)

Dose conversion coefficients for photon exposure of the human eye lens, Behrens, R. and Dietze, G., 2011 *Phys. Med. Biol.* **56** 415–437.