



FICHES TECHNIQUES

CRISTALLIN :
LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE,
DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

— FÉVRIER 2025 —

FICHES TECHNIQUES DE LA SFRP

Société Française de Radioprotection

CRISTALLIN :
LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

TABLE DES MATIÈRES

1 -Limites réglementaires et grandeurs à mesurer	3
2 -Situations à risque d'exposition du cristallin	3
3 -Conditions de port d'un dosimètre individuel spécifique pour le cristallin	5
4 -Dosimètres pour la mesure directe de $H_p(3)$	5
5 -Équipements de protection individuelle	6
6 -Critère de choix entre une mesure directe et une évaluation indirecte de $H_p(3)$ pour les photons et les électrons	6
7 -Suivi médical professionnel, classement et surveillance	8

FICHES TECHNIQUES DE LA SFRP

Société Française de Radioprotection

CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

Le cristallin de l'œil est un tissu radiosensible qui peut être affecté par les rayonnements ionisants. Il développe alors des opacités pouvant conduire à une cataracte. Des études épidémiologiques ^[1,2,3] ont conduit la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) à proposer une révision de la limite d'exposition pour le cristallin ^[4] qui peut induire dans certaines situations de travail, une modification importante des pratiques pour le suivi du risque des expositions du cristallin en radioprotection.

Cette fiche rappelle tout d'abord les limites réglementaires ainsi que les grandeurs à mesurer puis présente les différentes situations d'expositions, le principe et la performance de quelques dosimètres ainsi que leurs conditions de port. Enfin, elle décrit les possibilités de suivi indirect de la dose au cristallin ainsi que les modalités de suivi dosimétrique et médical.

1 - LIMITES RÉGLEMENTAIRES ET GRANDEURS À MESURER.

En 2010, la CIPR ^[4] recommande une diminution de la limite d'exposition professionnelle du cristallin en la portant à 20 mSv par an en moyenne sur cinq ans avec un maximum de 50 mSv sur une année (contre 150 mSv sur douze mois consécutifs auparavant). Le décret 2018-437 du 18 janvier 2018 ^[5] reprend cette recommandation (article R4451-6) en indiquant que la limite est de 20 mSv sur douze mois consécutifs. Cette limite est entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2023.

Cette limite est exprimée en termes de dose équivalente au cristallin $H_{\text{cristallin}}$ ^[6]. Cette grandeur de protection n'étant pas mesurable, elle est estimée au moyen de deux grandeurs opérationnelles ^[7,8,9] : l'une pour la dosimétrie d'ambiance, l'équivalent de dose directionnel à 3 mm de profondeur $H'(3)$ et l'autre, l'équivalent de dose individuel à 3 mm de profondeur $H_p(3)$. La profondeur de 3 mm étant choisie car elle correspond à la profondeur à laquelle se trouve la partie du cristallin réputée sensible aux rayonnements ionisants. Pour considérer le dépôt d'énergie dans le tissu sans utiliser de fantôme anthropomorphique, les grandeurs opérationnelles sont définies dans des fantômes de formes simplifiées. Ainsi, pour $H_p(3)$ il s'agit d'un fantôme de forme ortho cylindrique de 20 cm de diamètre constitué du matériau 4 éléments ICRU et pour $H'(3)$ de la sphère ICRU (30 cm de diamètre) ^[10,11,12,13].

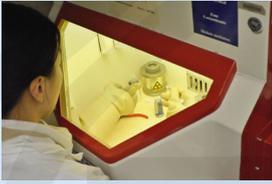
2 - SITUATIONS À RISQUE D'EXPOSITION DU CRISTALLIN.

Quelques exemples de situations d'exposition du cristallin selon le secteur d'activité (industriel, médical) sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les situations à risque d'exposition et les sources mentionnées pour ces secteurs peuvent aussi être rencontrées auprès des installations de recherche. Sans souci d'exhaustivité, il s'agit ici d'attirer l'attention sur des situations auxquelles on ne pense pas forcément et de stimuler la réflexion sur le risque d'exposition en fonction du poste de travail. Ce tableau permet de constater que tous les types de rayonnements ionisants peuvent conduire à des expositions du cristallin : neutrons, photons et électrons. Dans certains cas, ces situations d'expositions peuvent conduire à des équivalents de dose approchant, voire supérieurs à la limite d'exposition inscrite dans la Directive 2013/59/Euratom.

FICHES TECHNIQUES DE LA SFRP

Société Française de Radioprotection

CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

SECTEUR	Source de rayonnements ionisants	Situation à risque d'exposition / exemple / schéma-photo
INDUSTRIEL	Pu, Am, Emetteurs beta, ...	 Travaux en boîte à gants et maintenance associée ^[14]
	⁶⁰ Co et ⁵⁸ Co (Produits d'activation principalement)	- Chantier de modification d'installation nucléaires (exemples : intervention sur les générateurs de vapeur, travaux sur thermocouples du couvercle de cuve, soudage sur points chauds). Les sources de rayonnements conduisent généralement à des expositions plus importantes au niveau de la tête que de la poitrine (ratio corps / cristallin proche de 1,5) - Chantier de démantèlement (par exemple : tri de déchets ou remplissage de colis de déchets). Les études de postes montrent généralement des ratios corps/cristallin proche de 1. - Changements de cible, interventions lors de la maintenance d'accélérateurs, cyclotrons ...
	Thorium libéré par le ponçage au moyen d'abrasifs qui contiennent du corindon blanc et du ZIRCON	Secteur de la bijouterie : Les diamants peuvent être irradiés artificiellement pour en modifier la couleur. D'autre part, les pierres (diamant, topaze, ...) peuvent être contaminées lors de la taille (les abrasifs contiennent du corindon blanc (alumine) et du zircon qui libèrent du thorium lors du ponçage. L'examen des pierres par des instruments grossissants peut ainsi conduire à un risque d'exposition du cristallin.
	¹³⁷ Cs, ²⁵² Cf	Utilisation des jauges par exemple humidimétrie (teneur en eau des sols) ...
MÉDICAL	RX < 50 kV	Thérapie de contact, (traitement paupière, peau, rectum) ^[15]
	RX : 50 <HT< 150 kV	 Radiologie et cardiologie interventionnelle ^[16,17] : Angiographie, angioplastie cardiaque, ablation par radiofréquence, implantation de pacemaker, embolisation. Chirurgie endovasculaire des angiomes et accident vasculaire cérébraux, pose de stent, vertebroplastie Radiologie vétérinaire et humaine : maintien des patients lors de l'acte.
	¹²⁵ I, ¹³⁷ Cs, ¹⁹² Ir	 Curiethérapie prostatique et ophtalmique ; Intervention de réparation sur un projecteur de source de curiethérapie ^[18] .
	^{99m} Tc, ¹⁸ F, ¹³¹ I, ⁹⁰ Y ...	 Médecine nucléaire : Préparation et injection du radio-traceur ^[19] : par exemple, pour examen PET Scann (humain et animal).

FICHES TECHNIQUES DE LA SFRP

Société Française de Radioprotection

CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

3 - CONDITIONS DE PORT D'UN DOSIMÈTRE INDIVIDUEL SPÉCIFIQUE POUR LE CRISTALLIN.

Un dosimètre individuel doit être porté au plus près de l'organe cible, soit au plus près du cristallin le plus exposé ^[20,21,22,23,24] soit en dupliquant la mesure sur les deux cristallins afin de ne pas sous-estimer la mesure de l'exposition. Un dosimètre individuel qui sera porté au niveau du cristallin doit être étalonné sur un fantôme représentatif des conditions de port. Le fantôme représentant le mieux la tête est le fantôme ortho cylindrique de 20 cm de diamètre, il a des parois de PMMA¹ et est rempli d'eau ^[11,12]. Le port sur ou sous les protections individuelles dépend du modèle de dosimètre. Dans le cas où ce dernier intègre dans son « packaging » un écran équivalent à celui de la protection individuelle, il peut alors être porté sur la protection individuelle. Dans le cas contraire, il doit être porté en dessous de celle-ci. A noter aussi qu'un dosimètre qui ne serait pas porté au contact de la peau devra disposer sur sa face postérieure d'une épaisseur de matériaux qui reproduit l'albedo du crâne.

4 - DOSIMÈTRES POUR LA MESURE DIRECTE DE $H_p(3)$.

Plusieurs services de dosimétrie, permettant une mesure directe de $H_p(3)$ pour les photons et les électrons, sont disponibles. Sans être exhaustif, les sites web mentionnés dans le tableau suivant présente quelques designs de dosimètre tels qu'ils sont connus à la date de publication de cette fiche. Tous ces services sont fondés sur des détecteurs thermoluminescents de type fluorure de lithium.

Ils sont insérés, soit dans un serre-tête élastique, soit dans un boîtier qui s'adapte sur les branches d'une paire de lunette, sur une visière ou sur un serre-tête. Dans la plupart des cas, un filtre est associé au détecteur. La forme et le matériau de ce filtre sont choisis afin que le dosimètre respecte, *a minima*, les critères de la norme NF EN IEC 62387 de 2022 ^[25]. Les organismes de dosimétrie communiquent sur ces caractéristiques *via* leur site internet et des brochures publicitaires. En général, le domaine en énergie couvre :

- pour les photons : une gamme allant de quelques dizaines de keV à environ l'énergie des photons du ⁶⁰Co ;
- pour les électrons à partir de 700 keV.

La gamme d'équivalents de dose couverte s'étend le plus souvent de 0,1 mSv à 10 Sv.

Le choix d'un dosimètre dépend du poste de travail auquel il sera utilisé à savoir principalement dans quelles gammes d'angle, d'énergie et d'équivalent de dose.

Nous mentionnons ci-après les sites internet des fabricants/distributeurs connus à ce jour. On y trouve des compléments d'information nécessaires afin de choisir le dosimètre le mieux adapté à la situation à risque d'exposition.

1-PMMA = Poly méthyle méthacrylate

FICHES TECHNIQUES DE LA SFRP

Société Française de Radioprotection

CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

Nous mentionnons ci-après une liste non exhaustive de fabricants/distributeurs connus des auteurs à la date de rédaction de cette fiche avec leur site internet. On y trouve des adresses de contacts et des compléments d'information nécessaires afin de choisir le dosimètre le mieux adapté à la situation à risque d'exposition.

On revient dans la suite de cette fiche sur les possibilités alternatives d'évaluation de $H_p(3)$ notamment au travers de la dosimétrie corps entier qui peuvent aussi être proposées³.

FABRICANT / DISTRIBUTEUR	SITE INTERNET
Dosimeter EYE-D™ (Radcard) [28]	https://www.radpro-int.com/tld-1/extremity/
UK rotundascitech company	http://www.rotundascitech.com/EyeDosimetry.html
Public Health England (PHE)	https://www.gov.uk/guidance/radiation-products-and-services
DOSIRIS (CEA)	https://dosimetrie.cea.fr/sites/dosimetrie/files/2025-01/Fiche-DOSIRIS-TLD-Cristallin.pdf
Landauer	http://www.landauer-fr.com/lentreprise/actualites.html
DosiEYE (Dosilab)	https://www.dosilab.fr/dosimetrie-passive/dosieye-le-dosimetre-cristallin/

5 - ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE.

Faisant référence au paragraphe 2 de cette fiche, le risque d'exposition du cristallin peut exister dans diverses situations de travail quel que soit le type de rayonnements ionisants, neutrons photons et électrons. Sur la base des résultats de l'évaluation des risques et une fois les mesures de protection collective mises en place, il peut s'avérer nécessaire d'y ajouter des mesures de protection individuelle. Ces dernières ne peuvent cependant pas répondre à tous les besoins notamment dans le cas des risques d'expositions dues aux neutrons et aux photons de hautes énergies. Les équipements de protection individuelle couvrent donc essentiellement le cas des photons de faible énergie et des électrons. Il peut s'agir tout d'abord de cabines blindées ou d'écrans individuels (appelés suspensions plafonniers) d'équivalence plomb allant jusqu'à 2 mm. Cependant, ceux-ci ajoutent des contraintes d'intervention et ne peuvent pas être toujours utilisables. D'autres moyens de protections sont donc disponibles [29,30], il s'agit alors de paires de lunettes ou de visières acryliques plombées (parfois utilisées par les porteurs de lunette de vue) pour lesquelles une protection latérale est nécessaire et dont l'épaisseur équivalente-plomb peut aller jusqu'à 0,5 mm. Notons que les cabines ou écrans possèdent trois avantages : ils permettent une plus forte atténuation, une protection du torse et du crâne ; de plus, leur poids n'est pas supporté par l'opérateur, ceci limitant les possibles troubles musculo-squelettiques. L'information sur les risques liés à l'exposition du cristallin ainsi que sur les conditions de port des équipements individuels devrait être intégrée à la formation au poste de travail.

6 - CRITÈRE DE CHOIX ENTRE UNE MESURE DIRECTE ET UNE ÉVALUATION INDIRECTE DE $H_p(3)$ POUR LES PHOTONS ET LES ÉLECTRONS [31].

Le moyen le plus sûr pour déterminer $H_p(3)$ est d'utiliser un dosimètre permettant sa mesure directe, c'est à dire porté au plus près du cristallin. Le port d'un tel dosimètre pouvant être contraignant en fonction du poste de travail, une évaluation indirecte de $H_p(3)$ au travers d'un autre résultat de dosimétrie individuelle par exemple au niveau du tronc peut s'avérer une alternative acceptable. Le méthode d'évaluation indirecte décrite ci-après est reprise dans la dernière version de la norme ISO 15382.

FICHES TECHNIQUES DE LA SFRP



CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

Il est alors intéressant de définir un critère objectif pour choisir entre une mesure directe de $H_p(3)$, et une évaluation indirecte de $H_p(3)$ à partir d'une mesure de $H_p(10)$ faite au niveau du tronc à laquelle il faudra appliquer un facteur de conversion pour obtenir $H_p(3)$.

Ce facteur de conversion doit prendre en compte l'inhomogénéité du champ de rayonnement entre l'œil et le tronc et la conversion entre $H_p(3)$ et $H_p(10)$. Il est obtenu lors de l'étude de poste qui permet d'établir le rapport, R tel que : $R = H_p(3) / H_p(10)$.

Le critère de choix doit tenir compte de la précision des mesures ; En considérant les limites annuelles d'exposition pour le cristallin telles que proposées dans la directive européenne (20 mSv ou 50 mSv en un an) et l'incertitude élargie sur la mesure de $H_p(10)$, il est possible de définir des valeurs maximales de $H_p(10)$ mesurée $H_p(10)_{\max 20}$ ou $H_p(10)_{\max 50}$, tel que, si $H_p(10)$ mesuré est inférieur à ces maximales, il peut être considéré avec une « confiance » de 95% ou 99.8% ou 99.99% (selon le facteur d'élargissement choisi pour l'incertitude $H_p(10)$) que la valeur de $H_p(3)$ calculée à partir de $H_p(10)$ ne conduirait pas à annoncer une valeur inférieure à la limite de $H_p(3)$ alors qu'une mesure directe démontrerait que cette limite est dépassée.

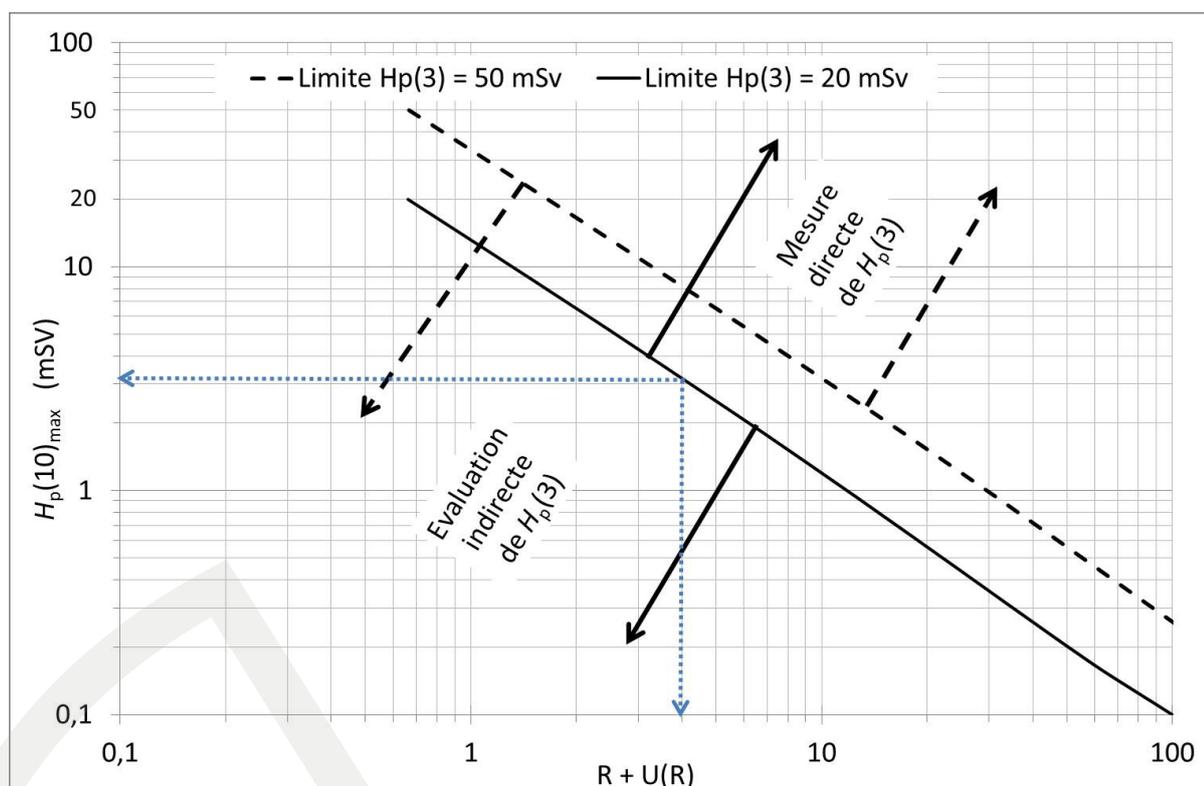


Figure : Visualisation des domaines pour la mesure directe ou l'évaluation indirecte de $H_p(3)$

FICHES TECHNIQUES DE LA SFRP

Société Française de Radioprotection

CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

En pratique, la figure ci-dessus présente la variation de $H_p(10)_{\max 20}$ (trait plein) et $H_p(10)_{\max 50}$ (trait pointillé) en fonction du rapport R augmenté de son incertitude élargie soit $R+U(R)$ pour la dosimétrie des photons et une période de port mensuelle du dosimètre poitrine selon les critères du rapport EUR 14852 EN ^[32,33]. Pour une valeur $R+U(R)=4$ (flèches pointillées bleu), on peut envisager un suivi de la dose au cristallin à partir de la dose corps entier avec un facteur de conversion uniquement si la mesure de $H_p(10)$ est inférieure à 3,1 mSv, dans le cas où l'on considère une limite annuelle d'exposition pour $H_p(3)$ de 20 mSv par an.

En théorie l'utilisation d'un ratio, R, fondé sur une autre grandeur que $H_p(10)$ est possible. Cependant l'utilisation d'un dosimètre d'extrémité mesurant $H_p(0,07)$ conduit, du fait de la difficulté de reproductibilité du positionnement du dosimètre sur la main, à une incertitude $U(R)$ importante qui conduit à une valeur de $H_p(0,07)_{\max}$ plus faible donc plus contraignante que celle qui aurait été trouvée pour $H_p(10)_{\max}$ cela pour un même poste de travail. L'utilisation d'une des grandeurs de la dosimétrie d'ambiance au dénominateur de R implique qu'une variation inopinée des conditions de travail de la personne dans une ambiance radiologique inchangée puisse entraîner une variation de R suffisamment importante pour modifier significativement la valeur de $R+U(R)$ alors que la valeur de $R+U(R)$ fondée sur le ratio $H_p(3)/H_p(10)$ varierait dans une moindre mesure car les deux grandeurs sont mesurées sur la personne et donc prennent en compte au moins partiellement de la même manière la variation des conditions de travail.

7 - SUIVI MÉDICAL PROFESSIONNEL, CLASSEMENT ET SURVEILLANCE.

NATURE DU RISQUE SANITAIRE :

Le cristallin de l'œil est un organe avasculaire, qui permet l'accommodation. C'est un tissu radiosensible qui peut être affecté par les rayonnements ionisants. Il développe alors des opacités pouvant conduire à une cataracte. La cataracte est une opacification du cristallin entraînant une diminution de l'acuité visuelle. L'opacification porte en priorité sur l'arrière de la capsule qui entoure le noyau du cristallin, c'est pourquoi on parle de cataracte radio induite corticale postérieure ou sous-capsulaire postérieure.

La pathologie est de type déterministe, mais aussi de type stochastique avec une altération du génome des cellules cibles, une perturbation de la division cellulaire et des troubles de la différenciation des cellules filles. Le traitement consiste en une extraction du cristallin et son remplacement par un implant oculaire.

ÉLÉMENTS DU SUIVI MÉDICAL :

Un examen ophtalmologique doit être pratiqué avec une périodicité adaptée par une personne à compétence affirmée, en spécifiant la nature de la demande : recherche d'opacités cristalliniennes éventuelles en indiquant leur taille ou si inférieure à 5 mm, leur caractère disséminées ou non et leur localisation.

FICHES TECHNIQUES DE LA



CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

CLASSEMENT ET SUIVI DOSIMÉTRIQUE ^[34] :

Une étude de poste doit permettre d'estimer la dose qui est susceptible d'être reçue par le cristallin. Un travailleur est classé en catégorie A dès lors qu'il est soumis dans le cadre de son activité professionnelle à une exposition à des rayonnements ionisants susceptible d'entraîner, des doses au niveau du cristallin supérieures à 15 mSv/an (Article R.4451-53).

Techniquement, le classement du travailleur conditionne la périodicité de la surveillance dosimétrique (méthode de mesure directe ou indirecte). Notamment, depuis 2010, le système SISERI est en capacité de recevoir un résultat de dosimétrie du cristallin. Suite à la mise sur le marché de dispositifs de mesure adaptés, depuis le bilan 2015 des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants de l'IRSN, des données relatives à la surveillance de l'exposition du cristallin sont présentes. Pour être efficace, la mise en œuvre d'actions de prévention et protection doit pouvoir se faire avec l'adhésion de l'ensemble des acteurs concernés.

La traçabilité des expositions comprend l'enregistrement du suivi dosimétrique, un suivi post exposition, une attestation d'exposition lorsque le travailleur quitte son employeur, et, éventuellement une surveillance post professionnelle. Un extrait du tableau n° 6 des Maladies professionnelles radio-induites⁴ est repris ci-dessous

DÉSIGNATION DES MALADIES (LISTE LIMITATIVE)	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces affections
BLÉPHARITE OU CONJONCTIVITE	7 jours	Tous travaux exposant à l'action des rayons X ou des substances radioactives naturelles ou artificielles, ou à toute autre source d'émission corporelle
KÉRATITE	1 an	
CATARACTE	10 ans	

4-Code de la sécurité sociale : tableaux des maladies professionnelles

CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL

QUELQUES RÉFÉRENCES

- 1 - Worgul B.V. et al. (2007) Cataracts among Chernobyl Clean-up Workers: Implications Regarding Permissible Eye Exposure., Radiation Research 167, 233-243.
- 2 - Chodick G. et al. (2008) Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation: a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists, Am. J. Epidemiol. 168, 620-31.
- 3 - Nakashima E. et al. (2006) A reanalysis of atomic-bomb cataract data, 2000-2002: a threshold analysis. Health Phys. 90, 154-60.
- 4 - ICRP (2011) International Commission on Radiological Protection Statement on tissue reactions, ICRP ref 4825-3093-1464.
- 5 - JORF n°0127 du 5 juin 2018, texte n° 65, Décret n° 2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants
- 6 - ICRP publication 116 (2010) Conversion coefficients for radiological protection quantities for external radiation exposures, ICRP.
- 7 - ICRU report 43 (1988) Determination of dose equivalents from external radiation sources- Part 2, Bethesda.
- 8 - ICRU report 47 (1992) Measurement of dose equivalent from external photons and electron radiations, International commission on radiation units and measurements, Bethesda.
- 9 - ICRU report 57 (1995) Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation, ICRU, Bethesda.
- 10 - Daures J. et al. (2009) Conversion coefficients from air kerma to personal dose equivalent $H_p(3)$ for eye-lens dosimetry, ISSN-0429-3460, CEA-R-6235 Saclay, France.
- 11 - Daures J. et al. (2011) Monte Carlo determination of the conversion coefficients $H_p(3)/K_a$ in a right cylinder phantom with penelope code. Comparison with "mcnp" simulations", Radiation Protection Dosimetry 144 (1-4), 37-42.
- 12 - Gualdrini G. et al. (2011) A new cylindrical phantom for eye lens dosimetry development, Radiation Measurements 46, 1231-1234.
- 13 - Gualdrini G. et al. (2013) Air kerma to $H_p(3)$ conversion coefficients for photons from 10 keV to 10 MeV, calculated in a cylindrical phantom. Radiation Protection Dosimetry 154 (4), 517-521.
- 14 - P. Devin et al. (2013) 9^{ème} Congrès National de Radioprotection, Bordeaux, La dosimétrie du cristallin.
- 15 - Marcié S. et al. (2014) Exposition du cristallin du praticien lors des traitements avec des rayons X de basse énergie, Radioprotection 49(4), 289-292.
- 16 - K. Chamoulaud et al. (2012) 8^{ème} rencontre des PCR, Issy-les-Moulineaux ; Etude dosimétrique en radiologie interventionnelle oncologique : dose efficace, dose équivalente à la main et au cristallin (communication privée).
- 17 - Dabli D. et al. (2015) 10^{ème} Congrès National de Radioprotection, Reims, Évaluation de l'exposition du cristallin de l'œil des cardiologues en coronarographie, <http://www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/201506-S7-Dabli-D.pdf>
- 18 - Fiche inrs ED 4248 radioprotection médicale, curiethérapie bas débit non pulsé.
- 19 - Huet C. et al. (2013) 9^{ème} Congrès National de Radioprotection, Bordeaux, Evaluation de la dose équivalente au cristallin suite à des incidents de contamination oculaire en médecine nucléaire, <http://www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/Bordeaux-S7d.pdf>
- 20 - European Commission PR 160 (2009) Technical Recommendations for Monitoring Individuals Exposed to External Radiation, Radiation Protection No 160.21 - Livre blanc sur la surveillance radiologique des travailleurs. <http://www.asn.fr/Informer/Actualites/Livre-blanc-sur-la-surveillance-radiologique-des-travailleurs>
- 22 - Bordy J.M. et al. (2013) 9^{ème} Congrès National de Radioprotection, Bordeaux, la dosimétrie du cristallin : aspects théoriques, <http://www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/Bordeaux-S7b.pdf>
- 23 - Rapport IRSN PRP-HOM/2013-00010 (2013) Recommandations sur les bonnes pratiques en matières de radioprotection des travailleurs dans la perspective de l'abaissement de la limite réglementaire de dose équivalente pour le cristallin.
- 24 - AIEA TECDOC 1731, (2013) Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye.
- 25 - NF EN IEC 62387 de 2022 Instrumentation pour la radioprotection - Systèmes dosimétriques avec détecteurs intégrés passifs pour le contrôle radiologique individuel, du lieu de travail et de l'environnement des rayonnements photoniques et bêta.
- 26 - ISO 12794 :2000 Énergie nucléaire - Radioprotection - Dosimètres individuels thermoluminescents pour yeux et extrémités.
- 27 - Bordy J.M. et al. (2013) 9^{ème} Congrès National de Radioprotection, Bordeaux, la dosimétrie du cristallin : aspects pratiques, <http://www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/Bordeaux-S8a.pdf>
- 28 - Bilski P. et al. (2011) The new eye-dTM dosimeter for measurements of $H_p(3)$ for medical staff, Radiation Measurements 46, (11), 1239-1242.
- 29 - Rannou A. et al. (2013) 9^{ème} Congrès National de Radioprotection, Bordeaux, Abaissement de la limite de dose au cristallin pour les travailleurs : implications pratiques, <http://www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/Bordeaux-S7e.pdf>
- 30 - Ouabdelkader S. et al. (2012) 8^{ème} rencontre des PCR, Issy-les-Moulineaux, EFFICACITE DES PROTECTIONS OCULAIRES EN RADIOLOGIE, https://prezi.com/9pya292mef0i/efficacite-des-protections-oculaires-en-radiologie/?auth_key=af39db4b98edc961d9d0f0e4af0bd1e2bac71a23
- 31 - Bordy J.M. (2015), Monitoring of eye lens doses in radiation protection, Radiation Protection 50(3), 177-185, <http://dx.doi.org/10.1051/radiopro/2015009>
- 32 - ISO 14146 (2000) International Organization for Standardization Radiation protection - Criteria and performance limits for the periodic evaluation of processors of personal dosimeters for X and gamma radiation. ISO 14146 (ISO: Geneva).
- 33 - European Commission PR 73 (1994) Technical Recommendations for Monitoring Individuals Exposed to External Radiation, report EUR 14852 EN.
- 34 - Code du travail 4^{ème} partie, livre IV, titre V, chapitre 1
- 35 - ISO 15382 :2024 Radiological protection — Procedures for monitoring the dose to the lens of the eye, the skin and the extremities

Cette fiche a été rédigée par les membres de la Section Protection Technique de la SFRP (travail piloté par JM. Bordy).



FICHES TECHNIQUES DE LA



CRISTALLIN : LIMITES RÉGLEMENTAIRES, MESURE, DOSIMÉTRIE ET SUIVI MÉDICAL



Société Française de Radioprotection
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE RADIOPROTECTION



Société Française de Radioprotection
Société Française de Radioprotection
Société Française de Radioprotection