



Laboratoire National
Henri Becquerel

list

LA DOSIMÉTRIE DU CRISTALLIN

POURQUOI ?

COMMENT ?

SFRP Journées Technique de mesure ; novembre 2013

J-M BORDY, J. DAURES, J. GOURIOU

Pourquoi ?

Grandeurs / Etalonnage

Design des dosimètres (protections individuelles / collectives)

Test de type

Etude de poste

Choix de la méthode de mesures de routine

- De cataracte radio induite
- De réduction de seuil d'apparition d'effets & de limites de radioprotection
- De situations avec des expositions élevées (pas seulement en secteur médical)
- Décision CIPR (20 mSv) (4825-3093-1464)
- De dépassements des limites de radioprotection
- Des situations d'exposition très variable
- .../...

Un suivi dédié de $H_{\text{cristallin}}$ peut être nécessaire

Grandeurs Opérationnelles (GO) $H_p(d)$ - $H'(d)$ ou $H^*(10)$
(fantômes équivalent tissu)
Justesse ; précision

Etalonnage en termes de GO (**sur fantôme** ou dans l'air)
indiv. zone

Dosimètre utilisé/porté selon spécifications
des recommandations internationales

Mesure les grandeurs opérationnelles dans les installations
Optimisation

Estimation H_{eau} , $H_{\text{cristallin}}$, E
Justification
Vérification du respect des limites d'exposition

Métrologie

Routine

ORAMED

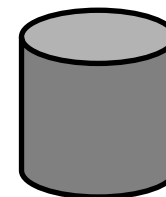
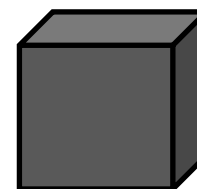
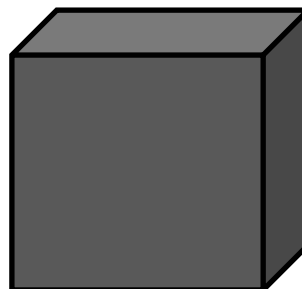
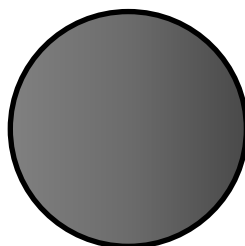
Φ 30 cm

30x30x15 cm³

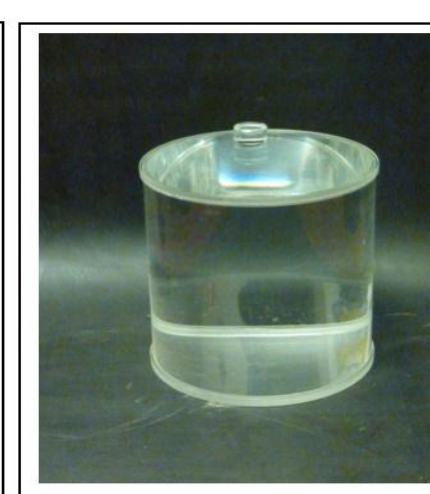
20x20x15 cm³

H et Φ 20 cm

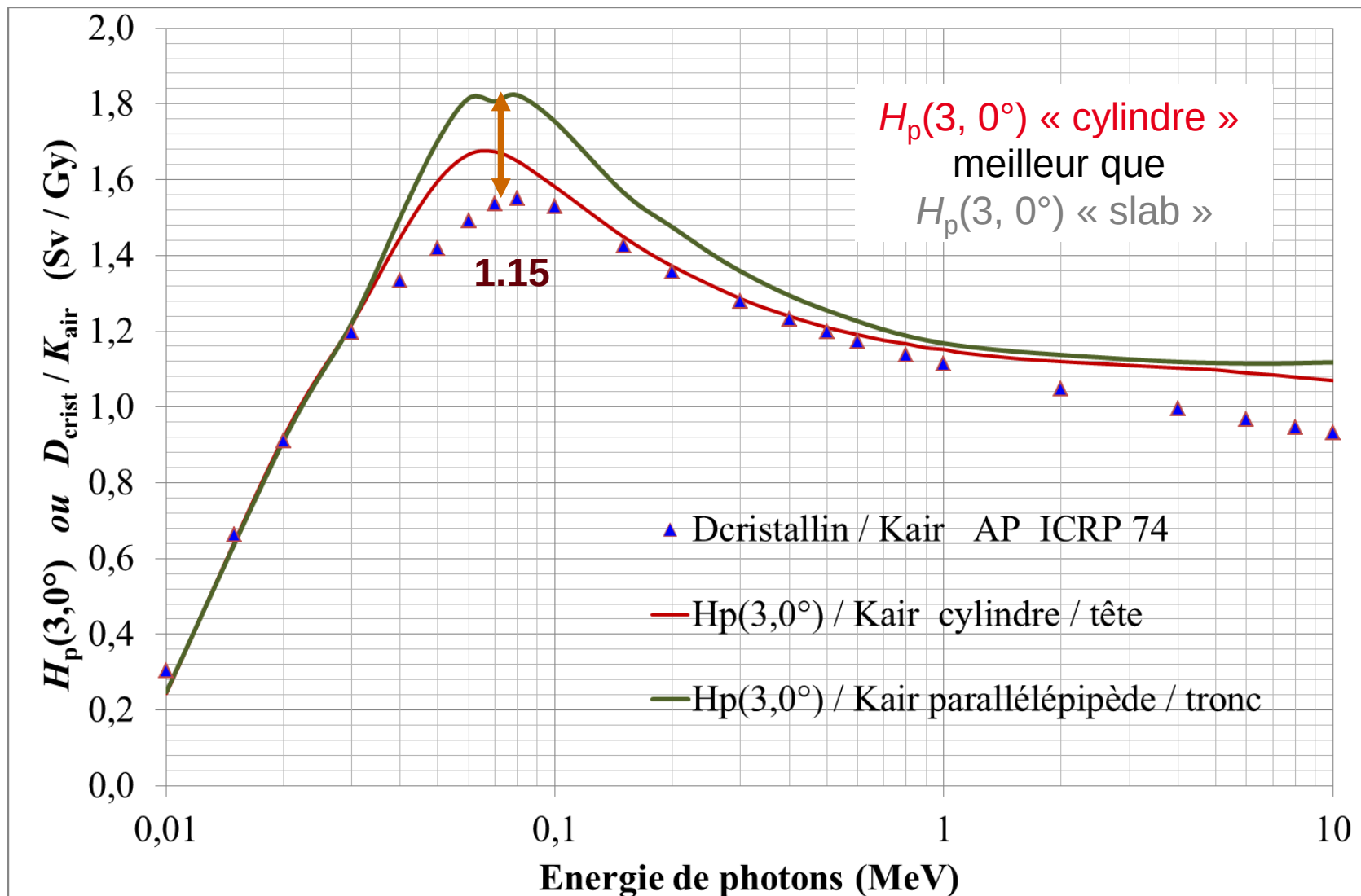
Définition
(Equiv. Tissu)

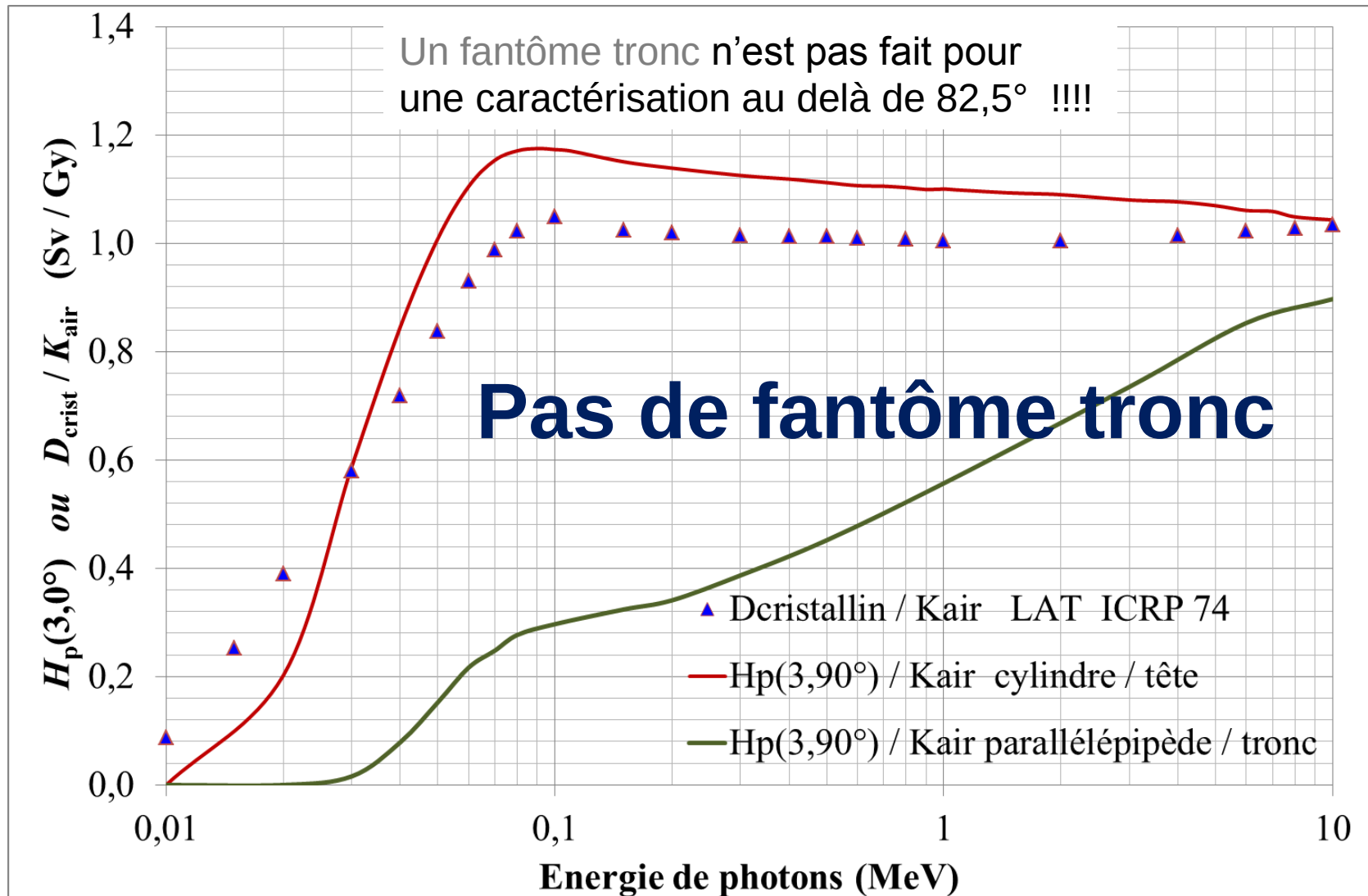


Etalonnage
(PMMA / eau)

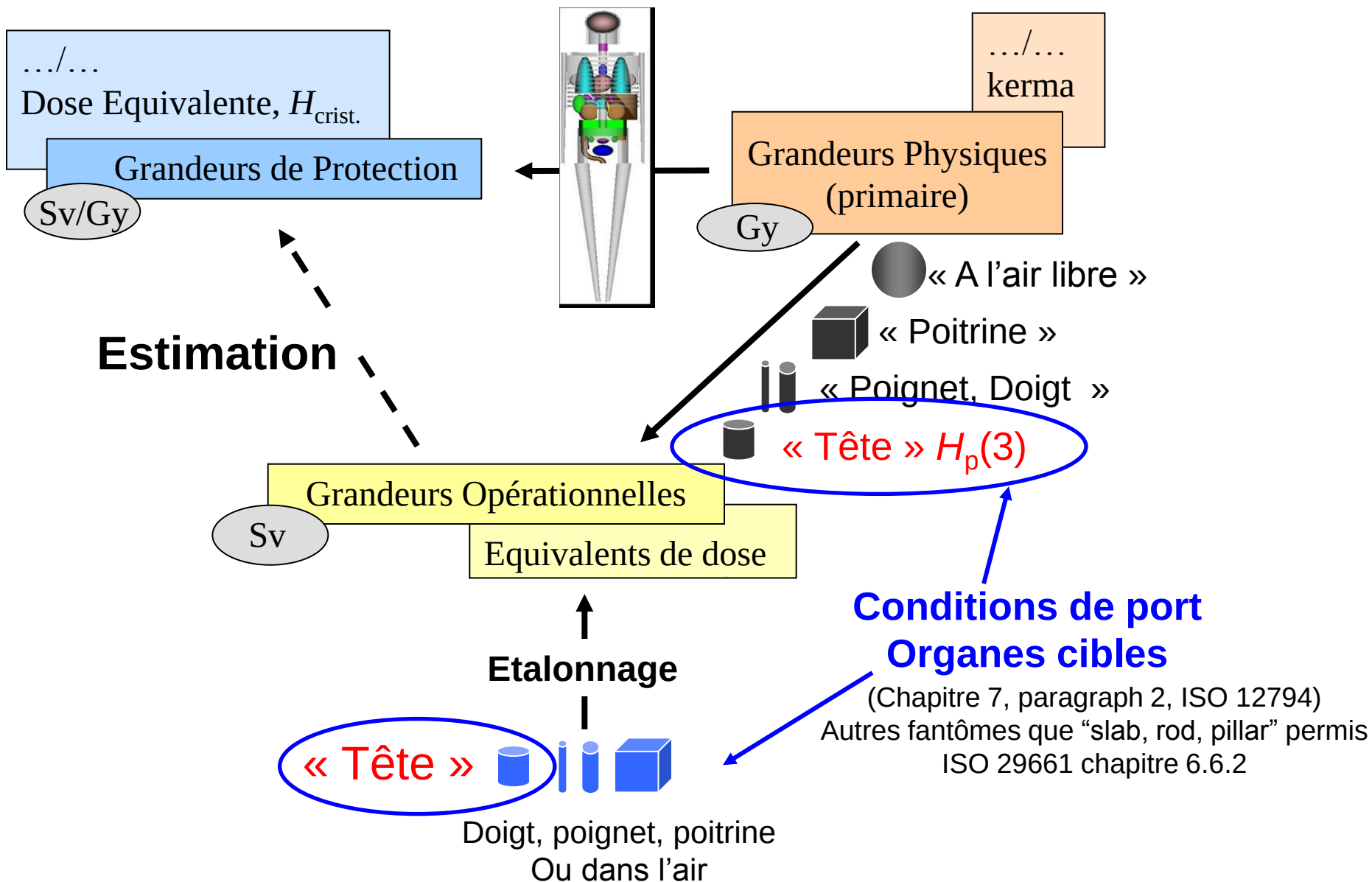


	Représentatif de la tête (Définition)	Utilisation aisée étalonnage	Fabrication simple coût	$H_p(3)$ Similaire à $H_{\text{cristallin}}$?
« Slab » (30 x 30 x 10) cm ³		+	+	?
« Slab » réduit (20 x 20 x 15) cm ³		+	+	?
Sphère Φ 30 cm				?
Ellipsoïde « MIRD »	+			?
Ortho Cylindre Φ 20 cm LNHB / ENEA (ORAMED)	+	+	+	?





	Représentatif de la tête (Définition)	Utilisation aisée étalonnage	Fabrication simple coût	$H_p(3)$ Similaire à $H_{\text{cristallin}}$?
« Slab » (30 x 30 x 10) cm ³		+	+	+ Toutes énergies
« Slab » réduit (20 x 20 x 15) cm ³		+	+	
Sphère Φ 30 cm				- Pas tous angles
Ellipsoïde « MIRD »	+			
Ortho Cylindre Φ 20 cm LNHB / ENEA (ORAMED)	+	+	+	+ Toutes énergies Tout angles



Idéal : Reproduction exact des conditions de définition de la grandeur.

Epaisseur de matériau équivalent tissu à l'avant du détecteur (3 mm)

Souvent bolus +/- hémisphérique.

Epaisseur de matériau équivalent tissu à l'arrière

Reproduire la composante rétrodiffusée du rayonnement.

Composition du détecteur rigoureusement équivalente au tissu.

Réponse en fonction de l'énergie (et de l'angle).

Si cette variation s'éloigne trop des spécifications des tests de type,
Adapter la composition du bolus et du retro diffuseur pour corriger ce défaut.

Plus de sévérité, 20 mSv ! Expositions proches de la limite

Grandeur d'influence	ORAMED propositions Cardio/diag	ISO 12794	IEC 62387-1	
	Tous passif cristallin	TLD, Extrémité et cristallin $H_p(0,07)$ and $H_p(3)$	Tous passif $H_p(0,07)$	Tous passif; $H_p(10)$
Energie du Rayonnement	(15 keV à 3 MeV) $0,6 \leq \text{réponse} \leq 1,4$ (20 keV à 100 keV) $0.7 \leq \text{réponse} \leq 1.3$	(15 keV to 3 MeV) $0,5 \leq \text{réponse} \leq 1,5$	Energie 30 keV to 250 keV et angle (0 à 60°): $0,71 \leq \text{réponse} \leq 1,67$	Energie 80 keV to 1,25 MeV et angle (0 à 60°): $0,71 \leq \text{réponse} \leq 1,67$
Angle d'incidence	$0,85 \leq \text{réponse} \leq 1,15$ (0° à 60°) $0,7 \leq \text{réponse} \leq 1,3$ (0° à 75°)	0 à 60° at 60 ± 5 keV: $0,85 \leq \text{réponse} \leq 1,15$		
Seuil	0.2 mSv	1 mSv	0.01 mSv (tiré du chapitre “scope and objet”)	
Linearité	0,2 mSv à 1 Sv $0,9 \leq \text{réponse} \leq 1,1$	1 mSv à 1 Sv: $0,9 \leq \text{réponse} \leq 1,1$	1 mSv à 3 Sv $0,91 \leq \text{réponse} \leq 1,11$	0,1 mSv à 1 Sv $0,91 \leq \text{réponse} \leq 1,11$

Expérimentations & calculs

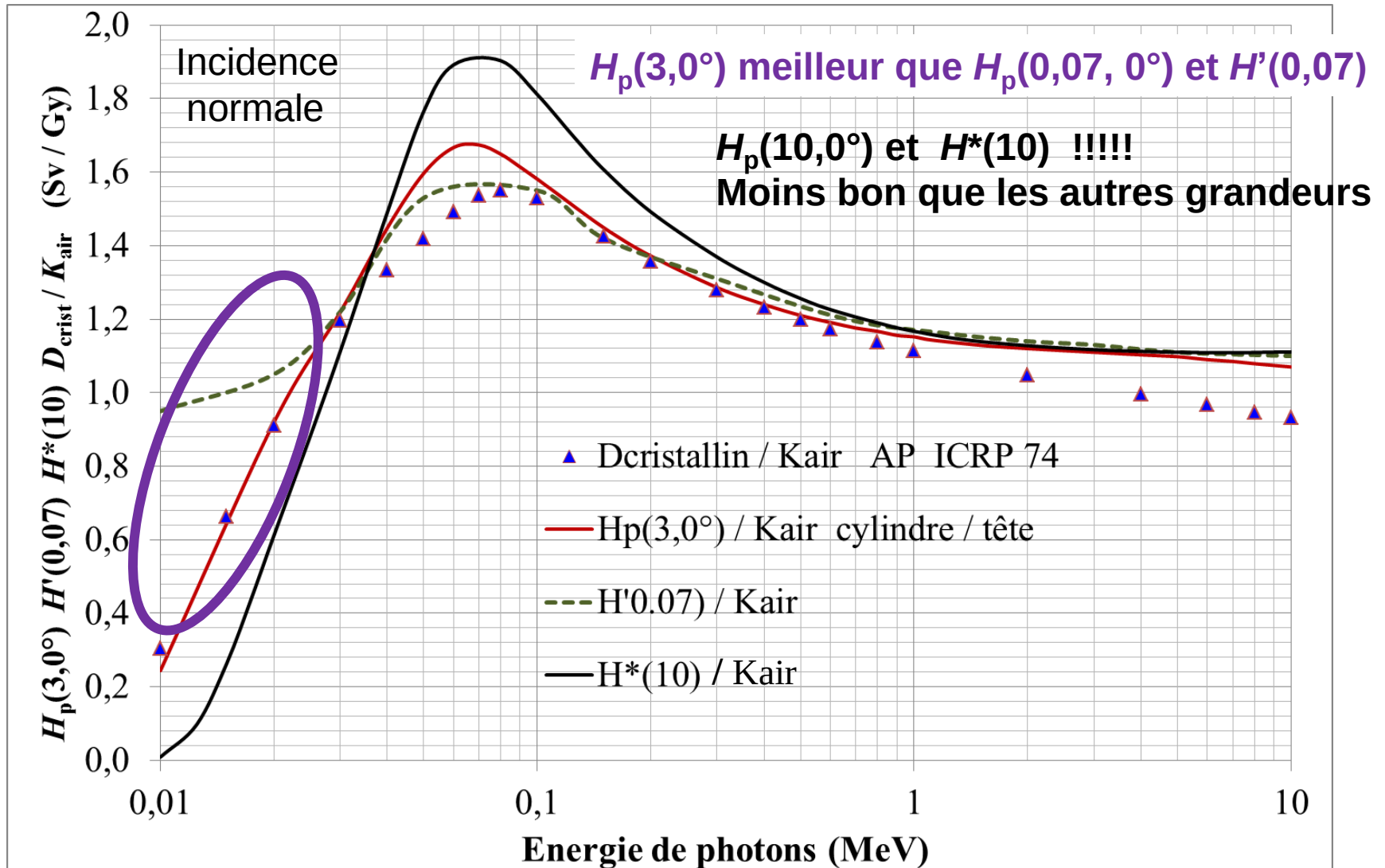
Utilisation d'un dosimètre adapté et **ÉTALONNÉ** pour la GO à mesurer ($H_p(3)$, $H'(3)$)
(sensibilité, réponse en énergie, réponse angulaire, .../...
connaissance a priori du champs de ray. – calculs, spectrométrie)

Mesure/calcul dans les conditions habituelles de travail
(position & déplacement des travailleurs)

Mesure/calcul dans les conditions de port habituelles
(utilisation des fantômes représentatifs (**tête**), évaluation sur le personnel)

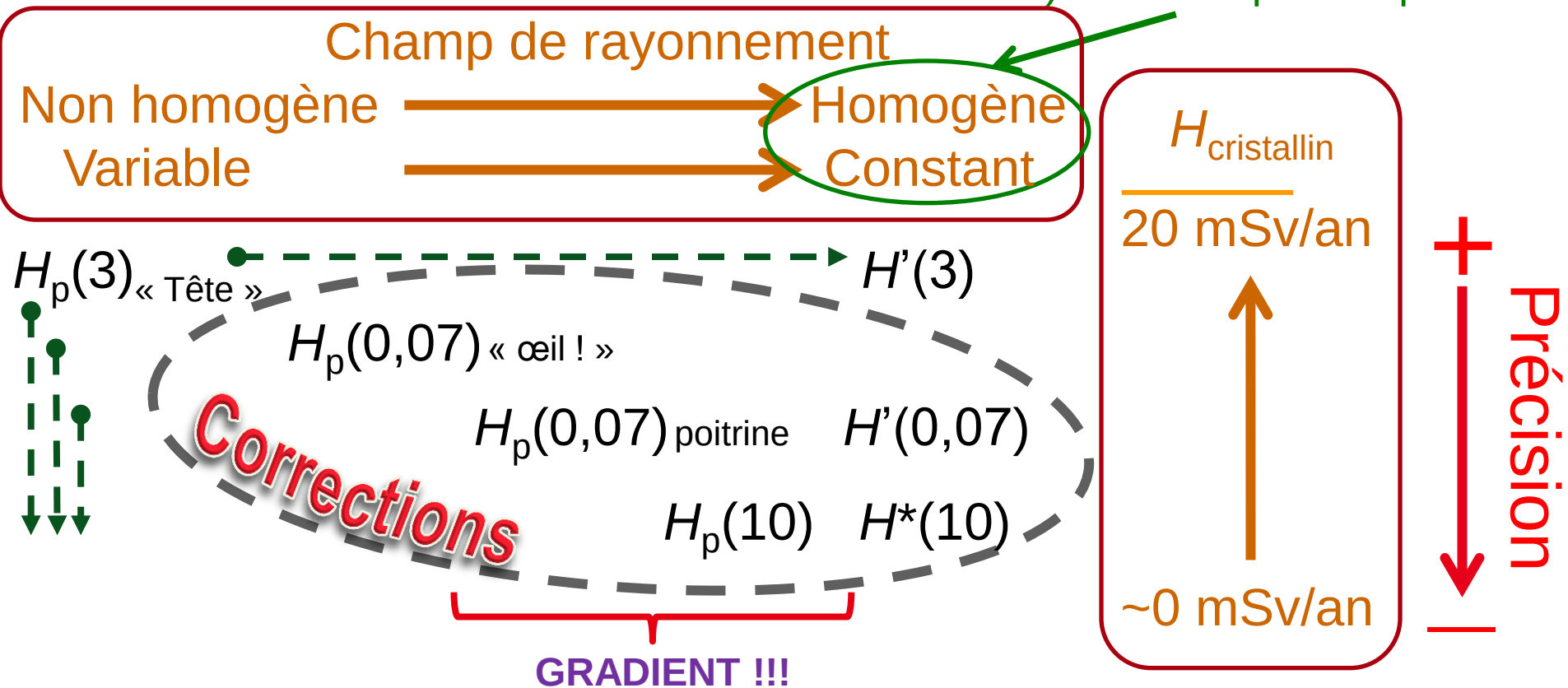
Plus encore que le spectre nous voulons savoir si
Le champs de rayonnement est homogène et/ou constant ?
Conditionne le Choix de la méthode de mesures en routine
(**conditions de port / précision**).

Prendre en compte la contrainte de port d'un dosimètre proche de l'oeil



Pour un dosimètre « tout terrains » énergie et angle

- 1) A démontrer
- 2) A vérifier périodiquement



Corrections :

Position du dosimètre ; Déplacement du travailleur
 Conversion de grandeur (Energie & Angles) .../...

Tout coefficients de correction
 dégradent la précision

Grandeurs / Etalonnage (ISO 29661 ; 4037 ; 6980 / ICRU)

Design des dosimètres (RadCard, DOSILAB, ...)

Protections (individuelles / collectives) (IEC 61331-3)

Test de type (ISO 12794 / IEC 62387)

Etude de poste

Mesures de routine / Exploitation des résultats

(ISO 15382 Radiological protection — Procedures for monitoring the dose to the lens of the eye, the skin and the extremities)

Ci-après
quelques compléments d'information
à retrouver sur le site web
des journées SFRP

Case	Dose	Energy	Quantity	Calibration phantom	Dosemeter	Additional calculations required	Remarks
Non homogeneous radiation fields (with or without the use of protective equipment) <u>Or</u> 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(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 <u>Note</u> : 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
			H'(3)	Free in air	Design for H'(3)	No	Good accuracy - Care must be taken that the radiation fields remain homogeneous
	“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	

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
	“Low doses” (category B)		H'(3)	Free in air	Design for H'(3)	Yes	Large error possible, - higher uncertainty
			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 <u>Note</u> : 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
			H'(3)	Free in air	Design for H'(3)	No	Good accuracy, - Care must be taken that the radiation fields remain homogeneous
	“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	

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. Denozière, 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. Denoziere, 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. Denoziere, *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. Denoziere, 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., Denoziere, 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)., Marriotti, F. and Gualdrini, G., ISSN/0393-3016, RT/2009/1/BAS. ENEA (2009)

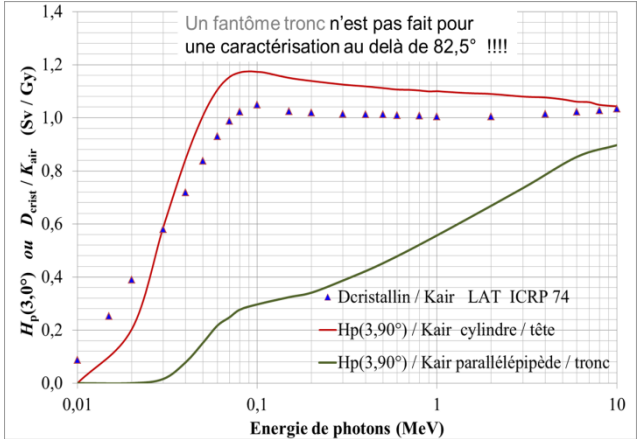
Dose conversion coefficients for photon exposure of the human eye lens, Behrens, R. and Dietze, G., 2011 *Phys. Med. Biol.* 56 415–437.

.../...

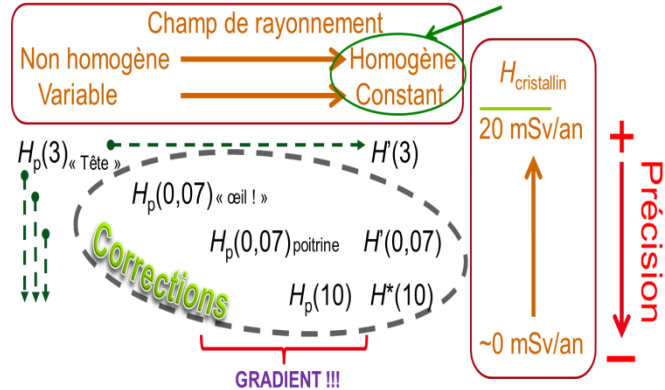
	Représentatif de la tête (Définition)	Utilisation aisée étalonnage	Fabrication simple coût	$H_p(3)$ Similaire à $H_{\text{cristallin}}$?
« Slab » (30 x 30 x 10) cm ³		+	+	Toutes énergies
« Slab » réduit (20 x 20 x 15) cm ³		+	+	Pas tous angles !!!!
Sphère Φ 30 cm				inadaptés
Ellipsoïde « MIRD »	+			
Ortho Cylindre Φ 20 cm LNHB / ENEA (ORAMED)	+	+	+	Toutes énergies Tout angles



Laboratoire National
Henri Becquerel



*Je vous remercie
pour votre attention*



FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea tech

list