

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



Laboratoire National  
Henri Becquerel

# LA DOSIMÉTRIE DU CRISTALLIN POUR LES PHOTONS ET ÉTUDE DE POSTE

SFRP Rencontre Personne Compétente en Radioprotection

Jean- marc BORDY, Josiane DAURES, Jean GOURIOU

29-30 NOVEMBRE 2012

[www.cea.fr](http://www.cea.fr)



- 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)
- De dépassements des limites de radioprotection
- .../...

Le constat : Le suivi de  $H_{\text{cristallin}}$  est plus que jamais nécessaire

**La question : Comment et dans quels cas évaluer  $H_{\text{cristallin}}$  ?**

- État des lieux dosimétrique d'hier et d'aujourd'hui
- Apporter quelques éléments de réflexion

Grandeurs Opérationnelles (GO)  $H_p(d) - H'(d)$  ou  $H^*(10)$

Dosimètre(s) ayant satisfait aux tests de type

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

Estimation  $H_{\text{peau}}$ ,  $H_{\text{cristallin}}$ ,  $E$

Vérification du respect des limites

**Individuel** - **Directionnel (Zone)**  
 **$H_p(3)$**   **$H'(3)$**

Grandeurs définies (ICRU 47 & 51)

Mais pas de coefficient de conversion pour les photons dans l'ICRU 57 ; pas de fantôme pour  $H_p(3)$

## Coefficients de conversion non officiels :

- Till, E., Zankl, M., Drexler, G., 1995 Angular dependence of depth doses in a tissue slab irradiated with monoenergetic photons. Neuherberg, Germany: GSF-National Research Centre for the Environment and Health; GSF-bericht 27/95 ISSN 0721-1694 (pour un fantôme 30x30x15 cm<sup>3</sup>)
- Ferrari, P., Gualdrini, G, Bedogni, R, Fantuzzi, E, Monteventi, F, Morelli, B. Personal dosimetry in terms of HP(3): Monte Carlo and experimental studies, Rad. Prot. Dosim. 127, 145-148 (2007)  
(pour un fantôme 20x20x15 cm<sup>3</sup>)

~~Grandeurs Opérationnelles (GO)  $H_p(3) - H'(3)$~~

~~Dosimètre(s) ayant satisfait aux tests de type~~  
ISO 12794

~~Etalonnage en termes de GO (Fantôme ?)~~

Dosimètre utilisé/porté selon spécifications  
des recommandations internationales

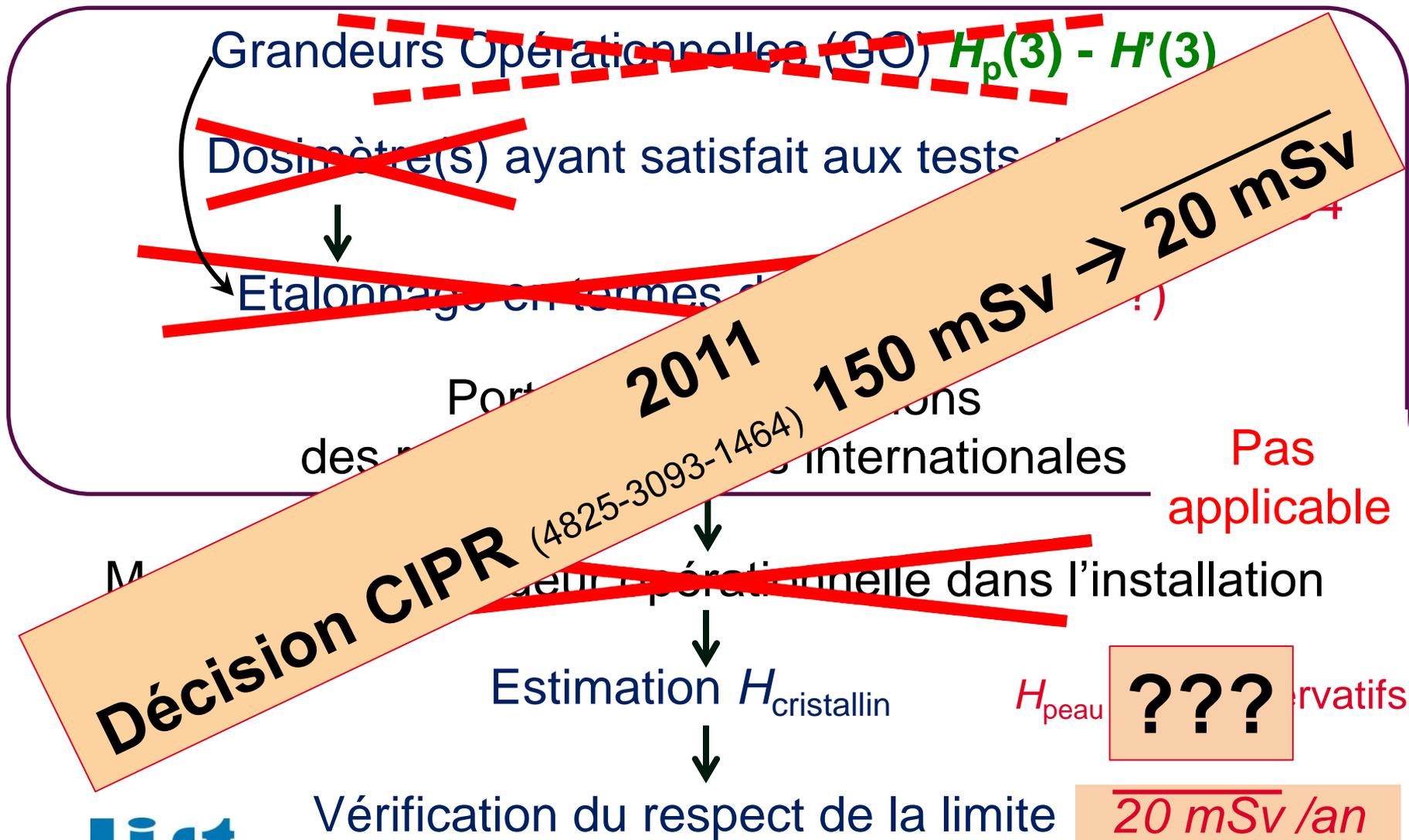
Pas  
applicable

~~Mesure de la grandeur opérationnelle dans l'installation~~

Estimation  $H_{\text{cristallin}}$   $H_{\text{peau}}$  ; E Conservatifs

Vérification du respect de la limite  $150 \text{ mSv /an}$

# MÉTHODE – DOSIMÉTRIE DU CRISTALLIN HIER



# DÉFINITION DE $H_p(3)$ (CHOIX FANTÔME, DÉFINITION & ÉTALONNAGE)

	Représentatif de la tête (Définition)	Utilisation aisée (étalonnage)	Fabrication simple (coût)
« Slab » (30 x 30 x 10) cm <sup>3</sup>		+	+
« Slab » réduit (20 x 20 x 15) cm <sup>3</sup>		+	+
Sphère $\Phi$ 30 cm			
Ellipsoïde « MIRD »	+		

# PROPOSITION ORAMED (LNHB - ENEA) FANTÔME « TÊTE »

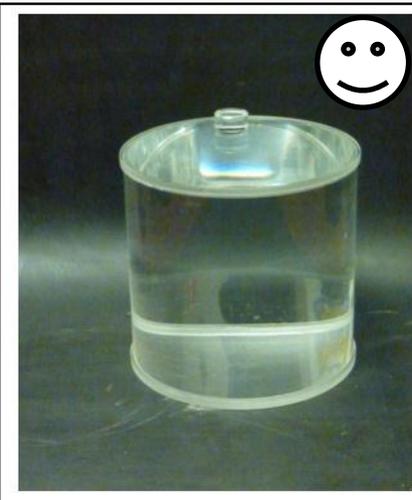
Représentatif de la tête (Définition)	Utilisation aisée étalonnage	Fabrication simple coût	$H_p(3)$ Similaire à $H_{\text{cristallin}}$
---------------------------------------	------------------------------	-------------------------	--

« Slab »  
(30 x 30 x 10)

« Slab » rec  
(20 x 20 x 15)

Sphère  $\Phi$  30

Ellipsoïde



?

?

?

?

**Calcul de nouveaux coefficients de conversion**

**Ortho Cylindre**  
 **$\Phi$  20 cm**

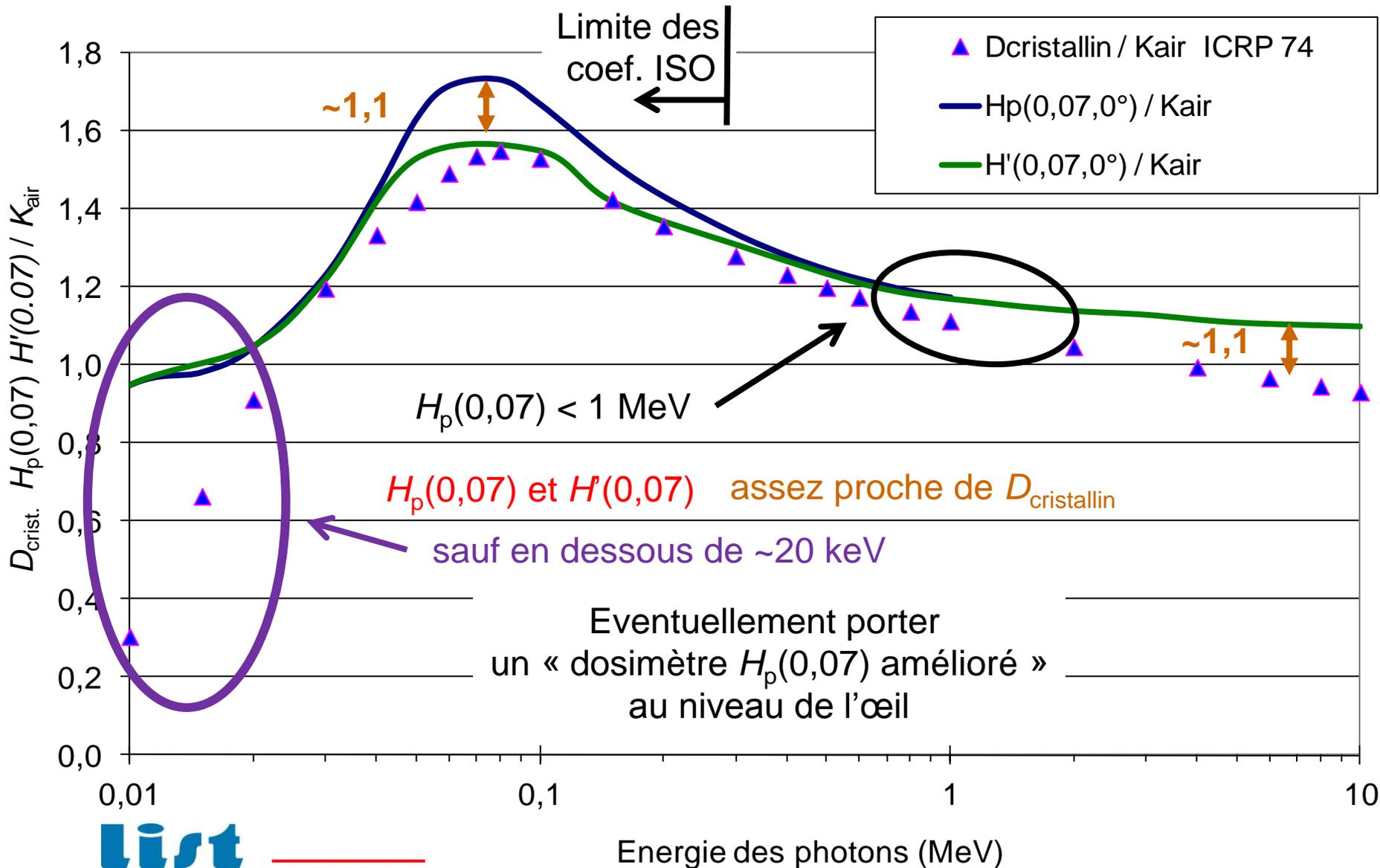
+

+

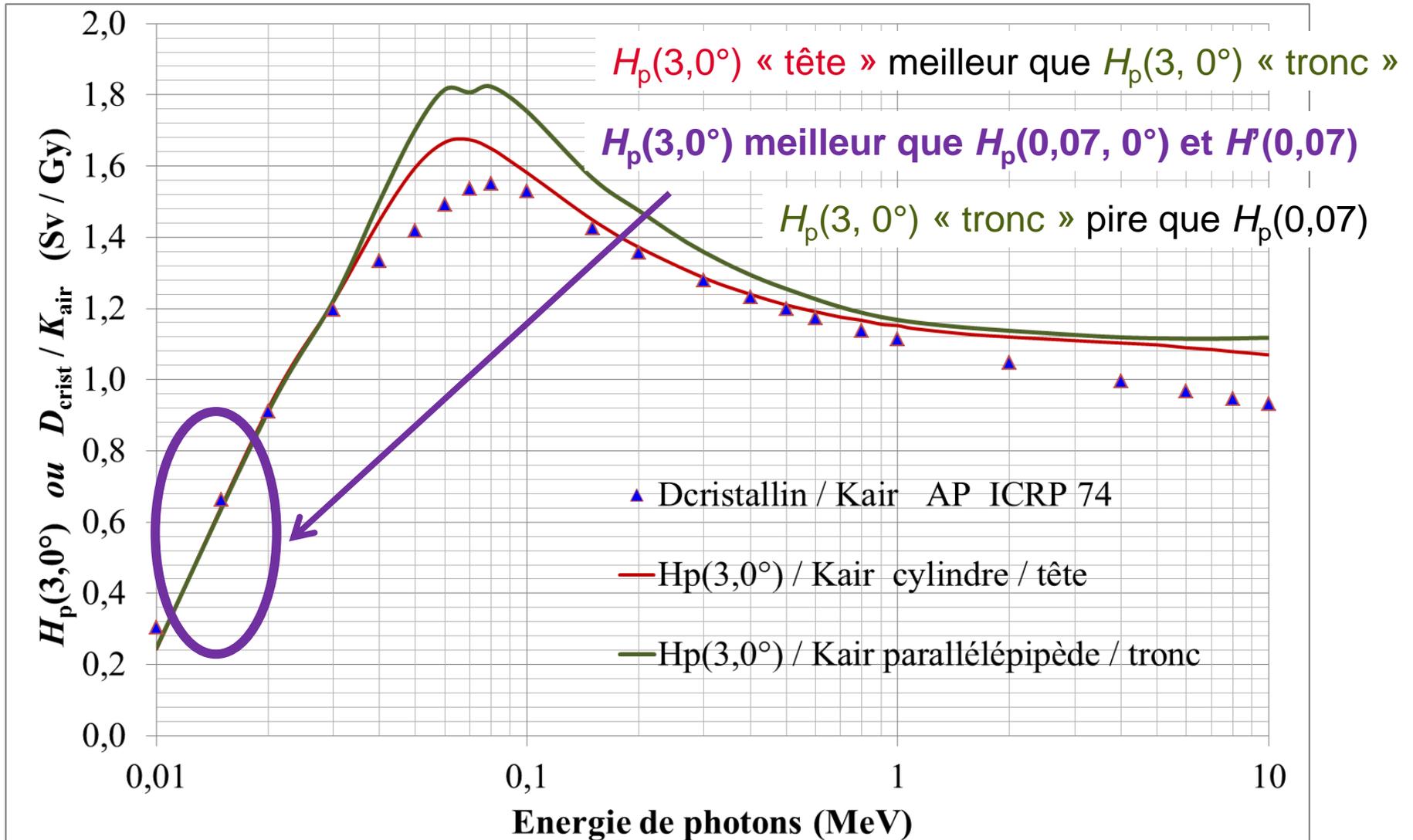
+

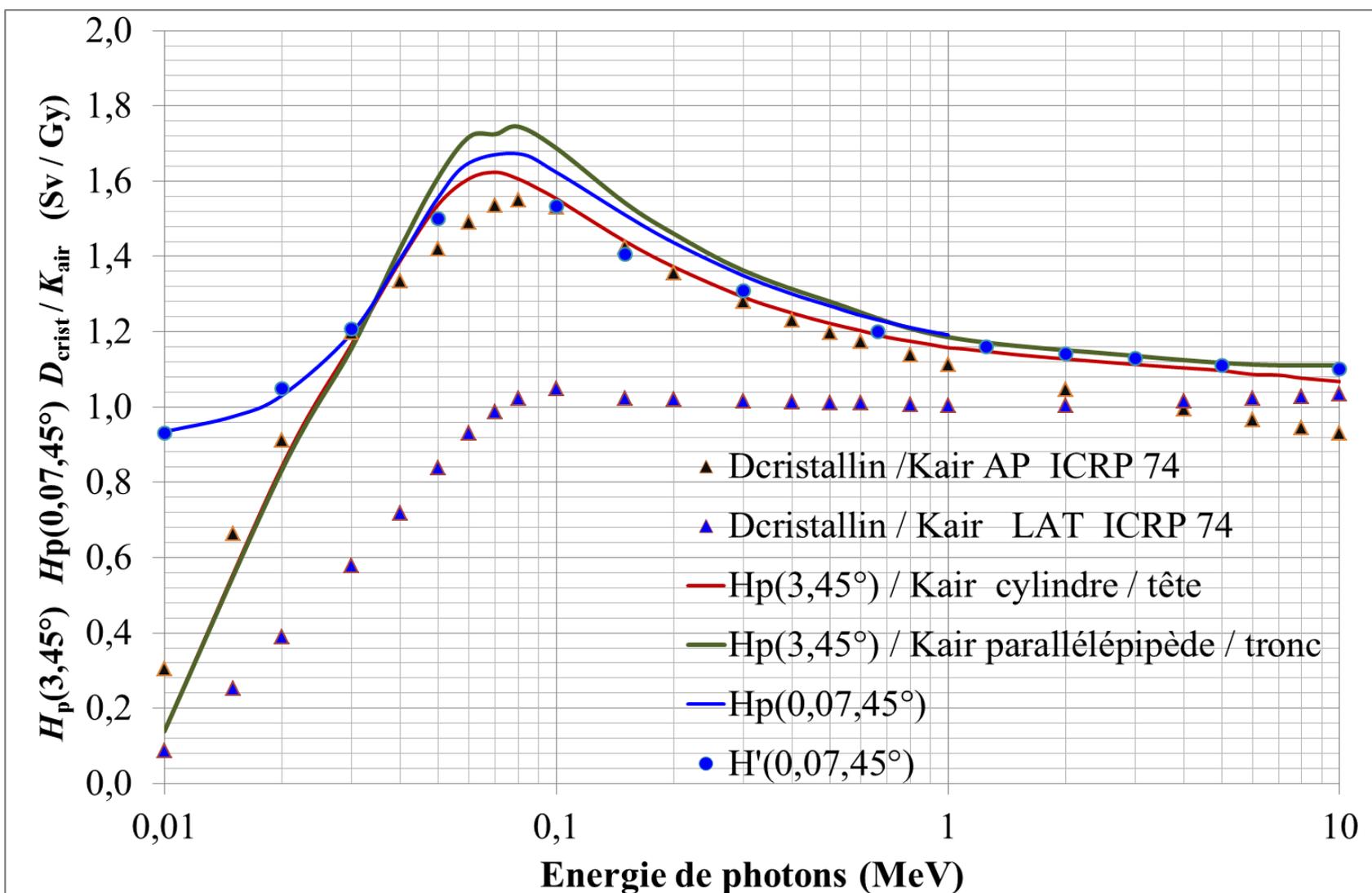
?

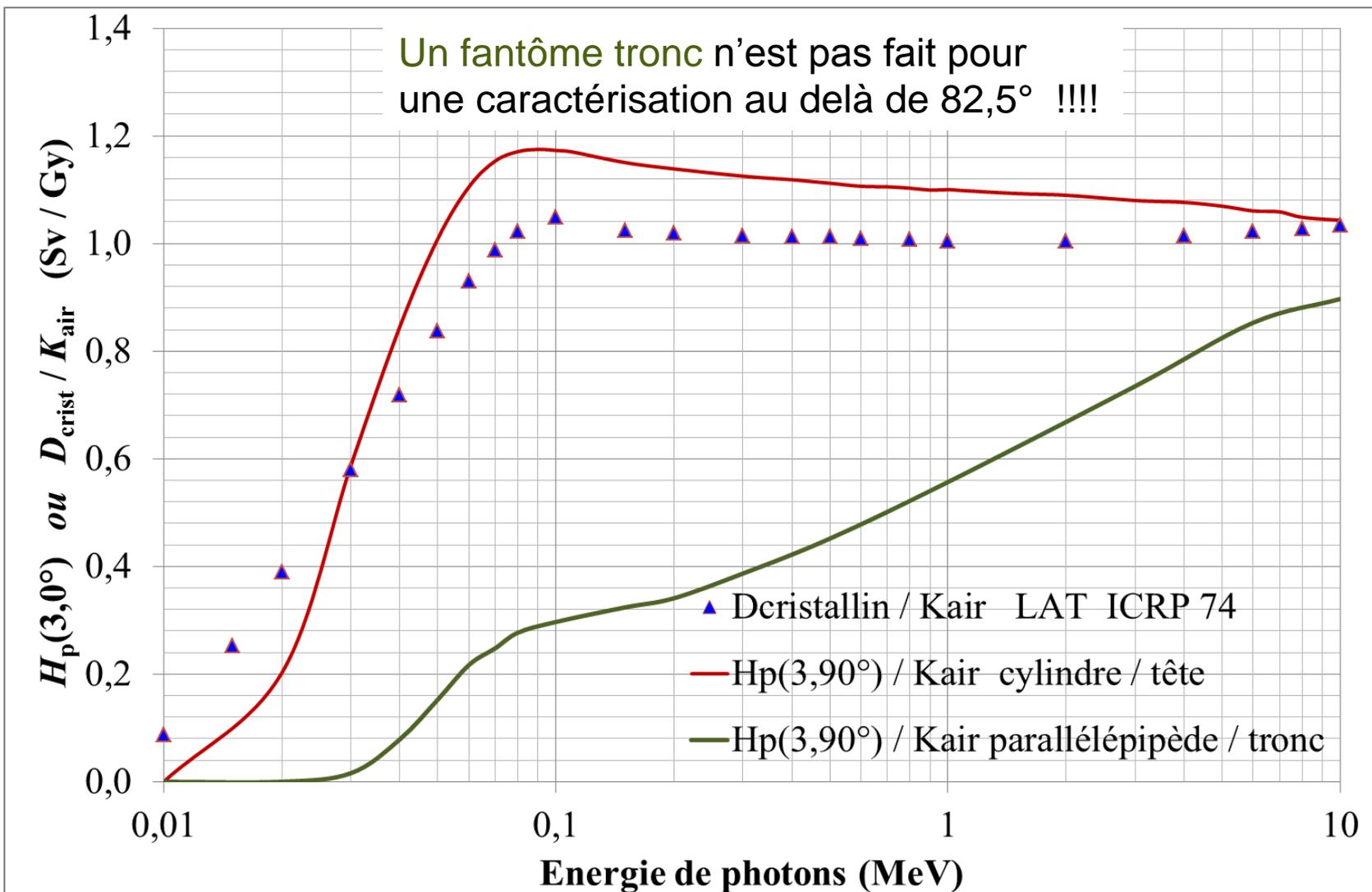
# COMPARAISON AVEC $D_{\text{CRISTALLIN}}$ – INCIDENCE NORMALE



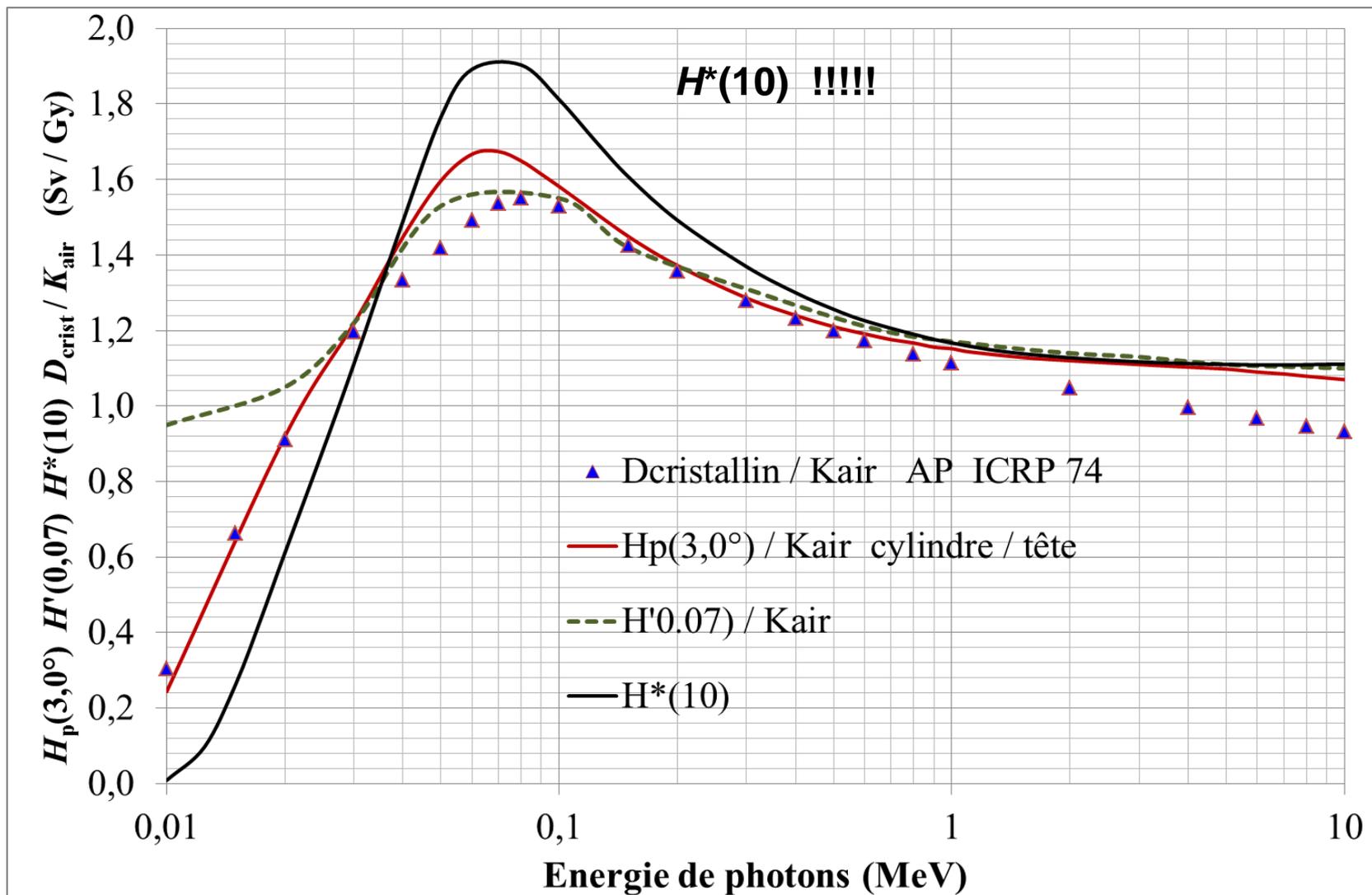
# COMPARAISON AVEC $D_{\text{CRISTALLIN}}$ – INCIDENCE NORMALE



COMPARAISON AVEC  $D_{\text{CRISTALLIN}}$  – INCIDENCE 45°



# LES OUTILS – LES QUESTION – LE CHOIX



1 - Choisir les meilleurs G.O. en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des photons



Caractéristiques théoriques des GO /  $H_{\text{cristallin}}$

pour une mesure « directe » & précise  $H_p(3)$  cylindre (Tête) &  $H'(3)$

*Contrainte d'ajouter un dosimètre porté au niveau de l'œil !*

pour une « évaluation » indirecte  
parfois grossière

$H_p(0,07)$ ,  $H'(0,07)$ ,  
 $H_p(10)$ ,  $H^*(10)$

2 - Evaluer au poste de travail la dosimétrie la mieux adaptée notamment en fonction du besoin en termes de précision



Etude de poste  
Cartographie 3D et « temporelle »

## 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 dans les conditions habituelles de travail  
(position & déplacement des travailleurs)

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

L'expérimentation est toujours meilleure que le calcul

le calcul permet de limiter le recours à l'expérience s'il est validé expérimentalement dans des conditions proches

Ex. Calculs cartographique de la distribution des doses dans un labo.

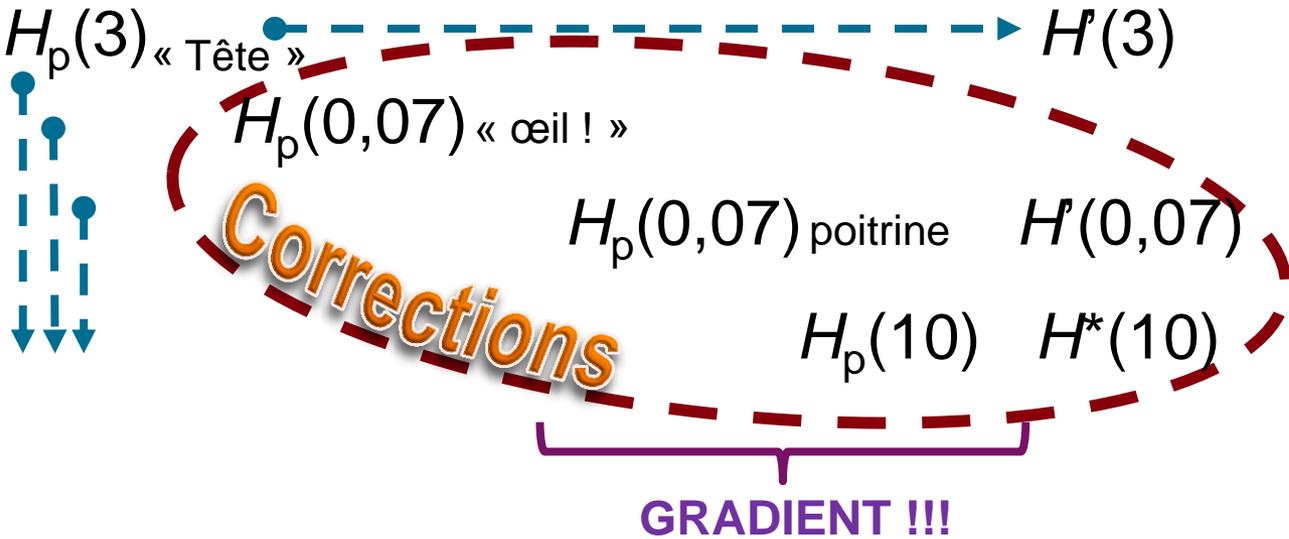
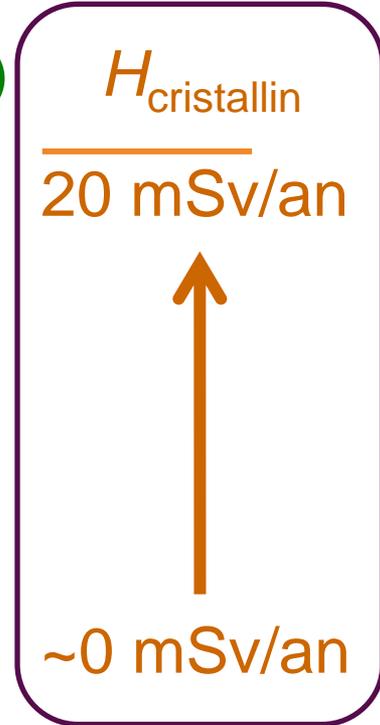
# SYNOPTIQUE - RÉSUMÉ

Pour un dosimètre « tout terrains » énergie et angle

- 1) A démontrer
- 2) A vérifier périodiquement

## Champ de rayonnement

Non homogène → Homogène  
 Variable → Constant



Tout coefficients de correction dégradent la précision

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

# QUELQUES PUBLICATIONS EN VOUS REMERCIANT POUR VOTRE ATTENTION

**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 Denozier, 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. Denozier, *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. Denozier, 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,  $H_p(3)$  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., Denozier, M., Daures, J., Bordy, J.-M., Ferrari, P., Monteventi, F., Fantuzzi, E., Vanhavere, F, *Rad. Meas.* **46**, 1231-1234 (2011)

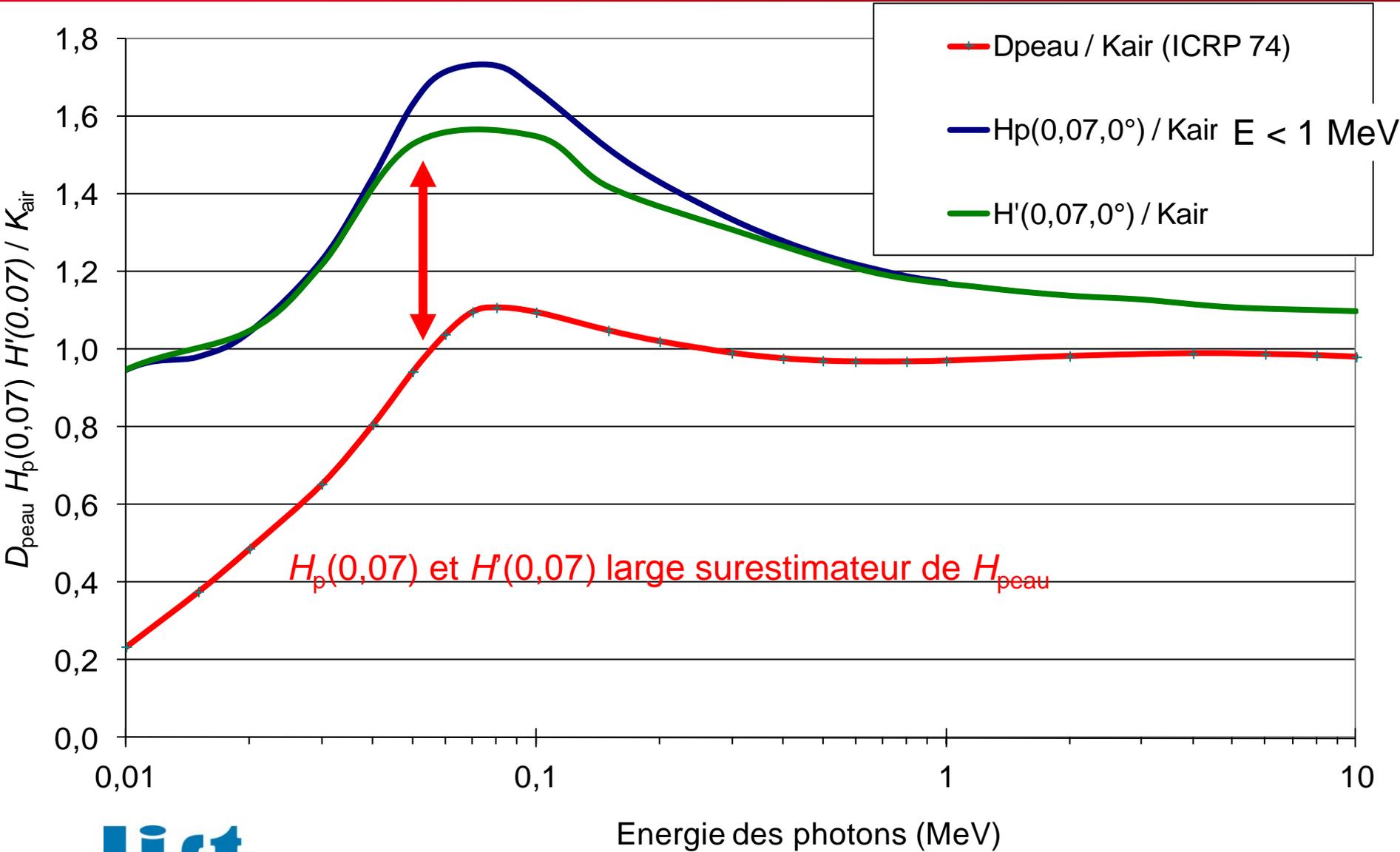
**ORAMED project. Eyelens dosimetry. A new Monte Carlo approach to define the operational quantity  $H_p(3)$** , Marriotti, F. and Gualdrini, G., ISSN/0393-3016, RT/2009/1/BAS. ENEA (2009)

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

.../...

## Quelques informations complémentaires

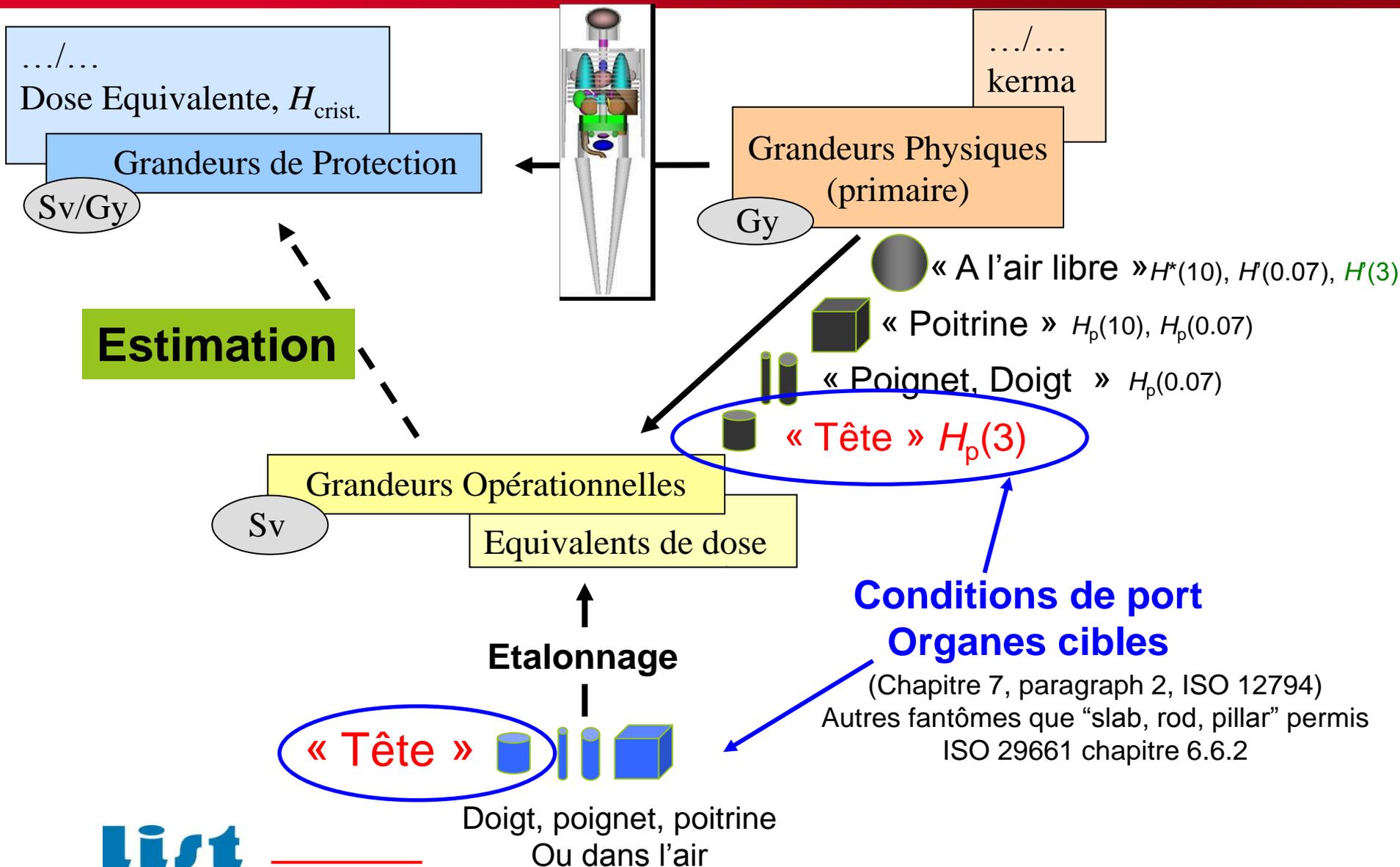
# COMPARAISON AVEC $D_{\text{CRISTALLIN}}$ – INCIDENCE NORMALE



# COEF. DE CONVERSION DISPONIBLES DANS LA NORME ISO 4037-1

Grandeur opérationnelle	Fantôme	Domaine en énergie	Domaine angulaire
$H_p(0,07)$	Pillar, Rod	< 300 kV	< 60°
$H_p(0,07)$	Slab	< 300 kV	< 80°
$H'(0,07)$	Sphere	< 300 kV	0°-180°
$H^*(10)$	Sphere	< 10 MeV	/
$H_p(10)$	Slab	< 10 MeV	< 80°

# RADIOPROTECTION (TRAVAILLEURS) L'AJOUT DU FANTÔME « TÊTE » RESPECTE LA MÉTHODE



# TEST DE TYPE (ORAMED) RADIOLOGIE/CARDIOLOGIE INTERVENTIONNELLE

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

Grandeur d'influence	ORAMED propositions	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 $60 \pm 5$ 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 $0,91 \leq \text{réponse} \leq 1,11$

Grandeurs Opérationnelles (GO)  $H_p(3)$

RADCARD  
.../...

Dosimètre ayant satisfait aux tests de type

ISO 12794  
CEI XXXXX

↓  
Étalonnage en termes de GO (Fantôme)

Photons

↓  
Port selon spécifications  
des recommandations internationales .../...  
ISO XXXXX

↓  
Mesure de la grandeur opérationnelle dans l'installation

↓  
Estimation  $H_{\text{cristallin}}$

↓  
Vérification du respect de la limite 20 mSv /an