

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Abaissement de la limite de dose au cristallin pour les travailleurs: implications pratiques

Alain Rannou et
Isabelle Clairand



Système de management
de la qualité IRSN certifié

Sommaire

- Introduction
- Les situations à risque
- La surveillance dosimétrique
- Les moyens de protection
- Conclusion

Introduction

- Nouvelles données scientifiques sur les risques radio-induits dus à l'exposition du cristallin de l'œil
 - Recommandation de la CIPR du 21 avril 2011
 - Révision des BSS internationales et européennes
 - Transposition des nouvelles limites de dose en droit national
- ➔ Quelles implications pratiques ?

Les situations « à risque » (1)

I Rayonnements « à risque » = rayonnements faiblement pénétrants

- Rayonnement β d'énergie $> 0,7$ MeV (parcours > 3 mm) : ^{32}P , ^{90}Y , ...
- Photons de faibles énergies (typiquement RX produits par Générateurs électriques HT < 150 kV)

I Quid des autres rayonnements ?

- Photons de plus hautes énergies (> 500 keV) et neutrons
 - ✓ Sauf cas particulier d'une exposition essentiellement de la tête, la dose efficace est plus contraignante que la dose équivalente au cristallin de l'œil
- Particules α
 - ✓ Leur parcours est trop faible pour atteindre le cristallin

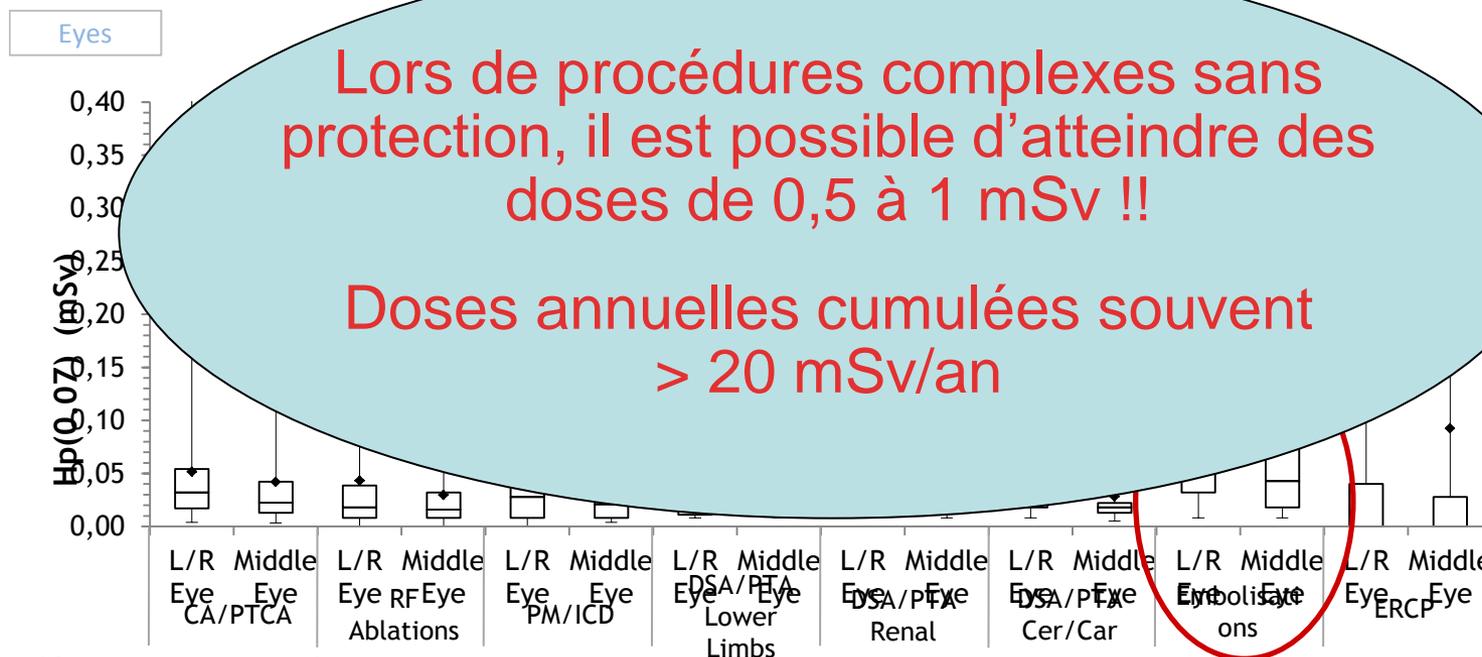
Identifier les situations à risque (2)

- Essentiellement les travailleurs du domaine médical
 - La radiologie/cardiologie interventionnelle

Identifier les situations à risque (2)

- Essentiellement les travailleurs du domaine médical
 - La radiologie/cardiologie interventionnelle

Des doses de 10 à 50 $\mu\text{Sv}/\text{procédure}$,
Plus élevées en embolisation et en ablation par radiofréquence



(ORAMED, 2010)

Identifier les situations à risque (2)

- Essentiellement les travailleurs du domaine médical
 - La radiologie/cardiologie interventionnelle
 - La médecine nucléaire (injection de radiopharmaceutiques peut conduire à des doses annuelles jusqu'à environ 10 mSv/an)

Identifier les situations à risque (2)

Essentiellement les travailleurs du domaine médical

- La radiologie/cardiologie interventionnelle
- La médecine nucléaire (injection de radiopharmaceutiques peut conduire à des doses annuelles jusqu'à environ 10 mSv/an)

Quid des autres domaines ?

Risques {

- si les rayonnements sont peu pénétrants
- si le champ de rayonnement expose davantage la tête que le reste du corps (distance, protection biologique)

- Radiographie industrielle ? **Non**
- Personnels navigants ? **Non**
- Recherche ? **Sans doute pas**
- Personnels cyclotron ? **Peut-être**
- Travailleurs du nucléaire ? **Probablement à certains postes**
- Médecine vétérinaire ? **Probablement à certains postes**

➔ Etudes de poste !!!

- | Introduction
- | Les situations à risque
- | La surveillance dosimétrique
- | Les dosimètres individuels
- | Les moyens de protection
- | Conclusion

La surveillance dosimétrique (1)

- *A priori* tous les détecteurs passifs permettant la mesure de $H_p(0,07)$ sont de bons candidats
 - TLD, RPL, OSL (Norme CEI 62387-1:2012)
- Le dosimètre doit être porté du côté le plus exposé du visage, sur la peau, au plus près de l'œil → **aspect ergonomique !!!**



Dosimètre *EYE-D™* (Radcard)
Développé dans le cadre du projet *ORAMED*

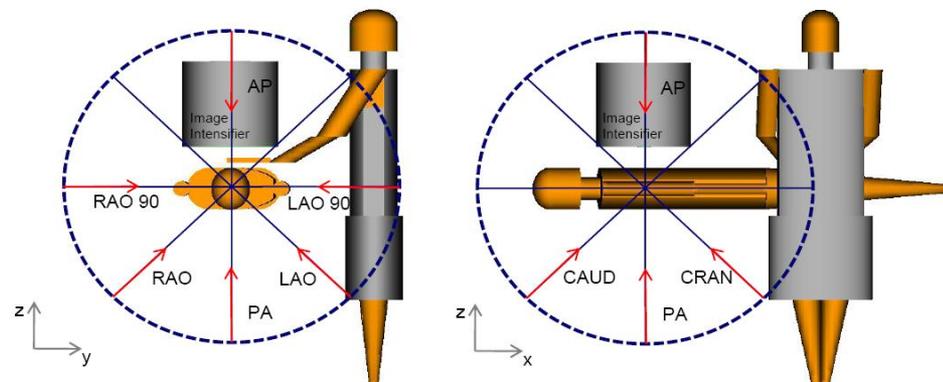


La surveillance dosimétrique (2)

- La grandeur dosimétrique de référence pour estimer la dose équivalente au cristallin est $H_p(3)$
- L'ICRU va publier prochainement des coefficients de conversion de référence pour l'étalonnage des dosimètres individuels en $H_p(3)$ pour les électrons, les photons et les neutrons
- Les autres grandeurs $H_p(0,07)$ et $H_p(10)$ peuvent être utilisées seulement si le champ de rayonnement est bien connu, mais avec des incertitudes plus grandes
- La norme ISO 15382:2002 est en cours de révision pour la mise en œuvre des dosimètres individuels (design des programmes de surveillance, choix du dosimètre, positionnement, étalonnage...)

- Introduction
- Les situations à risque
- Grandeur de protection et grandeurs opérationnelles
- La surveillance dosimétrique
- Les moyens de protection
- Conclusion

Lunettes de protection



Left eye (Ratio with/without glasses)	PA	CRA 20
Small lens (0.5 mm Pb)	0.30	0.28
Large lens (0.5 mm Pb)	0.15	0.14
Small and thick lens (1.0 mm Pb)	0.26	0.25
Large and thick lens	0.14	0.13

PA: projection Postéro-antérieure
 CRA 20: projection crânienne à 20°

Protection > 80%

(Koukorava, 2011 - ORAMED)

Autres équipements de protection

- Visières en acrylique plombé (0,1 mm équivalent) : protection de 99% (à 40 kV) à 77% (à 140 kV) selon fabricant
- Ecrans plombés suspendus : protection jusqu'à 97% (Koukorava, 2011)
- Cabines de protection, peu répandues

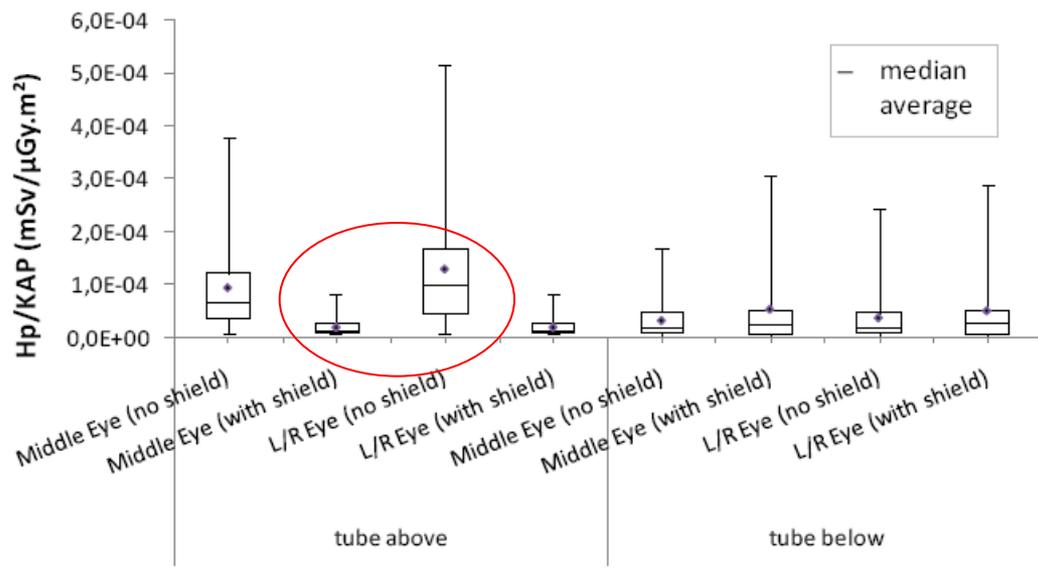
A noter qu'il n'existe pas de normes pour ces équipements

Des expositions liées aux pratiques



Cholangiopancréatographies
rétrogrades endoscopiques

Effect of ceiling suspended shield to the eyes



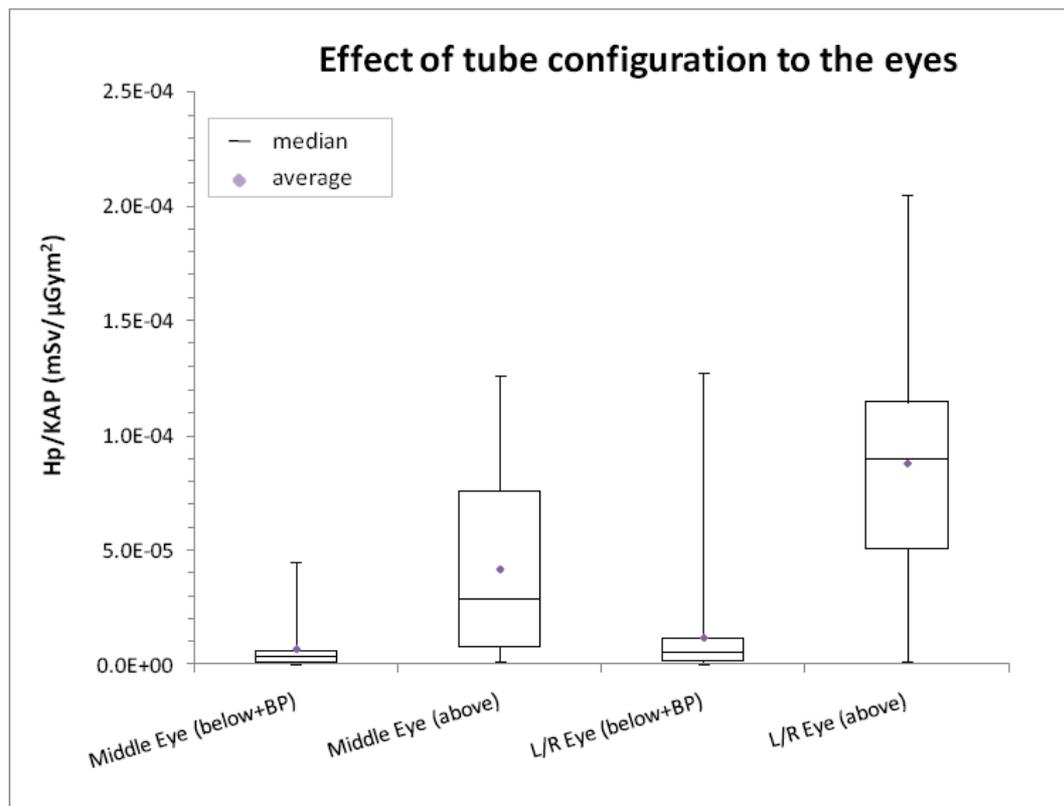
tube above	with ceiling:	27 cases
	without ceiling:	49 cases
tube below	with ceiling:	32 cases
	without ceiling:	61 cases

% reduction			
Tube above		Tube below	
Meye	Leye	Meye	Leye
81	88	-24	-44
ratio (without/with)			
5	8	0.80	0.69

(ORAMED 2010)

L'écran plafonnier réduit la dose à l'œil gauche d'un
facteur 8 lorsque le tube se trouve sous la table

Des expositions liées aux pratiques



Embolisations

Above: 30 cases
Below: 67 cases

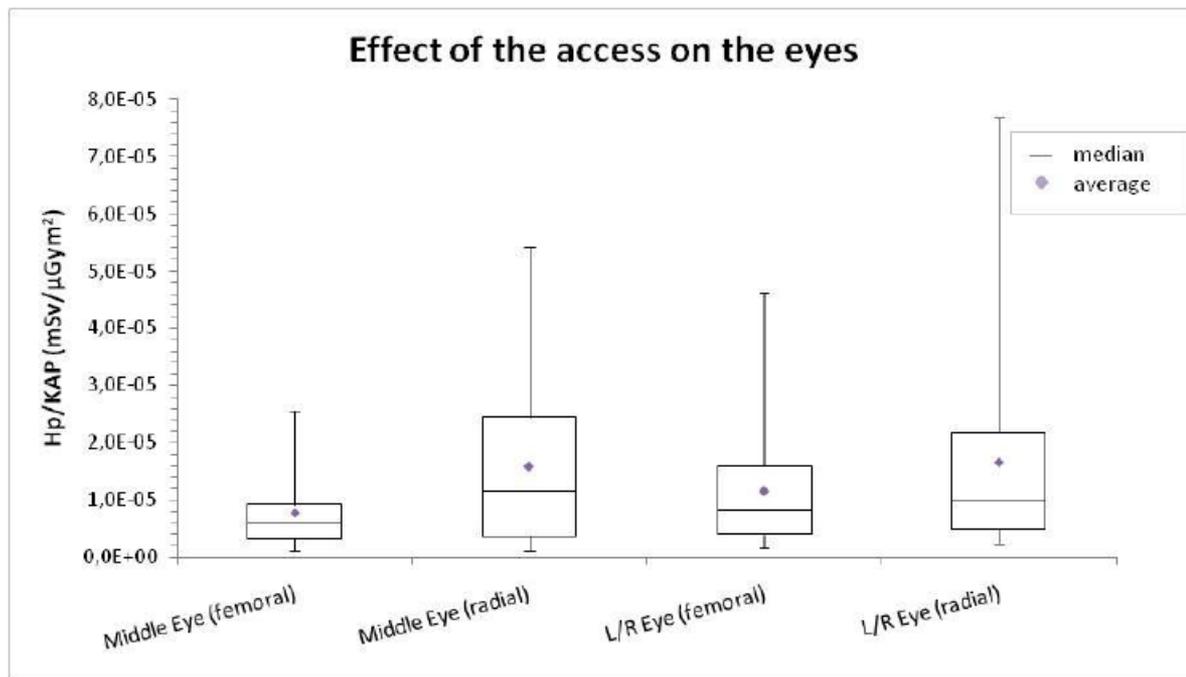
% (above-below/above)		
M Eye	L Eye	median
88%	94%	
Ratio (above/below)		
8.06	17.29	median

(ORAMED, 2010)

En l'absence d'écran plafonnier, la dose à l'œil gauche est 17 fois plus faible lorsque le tube est sous la table

Des expositions liées aux pratiques

Angioplasties/angiographies cardiaques



Left Eye	Middle Eye	
radial/femoral		
1.2	2.0	for median

(ORAMED, 2010)

La voie d'accès fémoral réduit les doses par rapport à la voie radiale en l'absence d'écran plafonnier (tube sous la table)

- Introduction
- Les situations à risque
- Grandeur de protection et grandeurs opérationnelles
- Les dosimètres individuels
- Les moyens de protection
- Conclusion

Conclusion

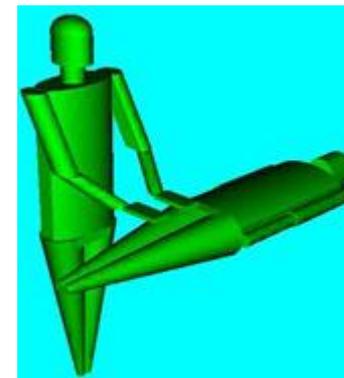
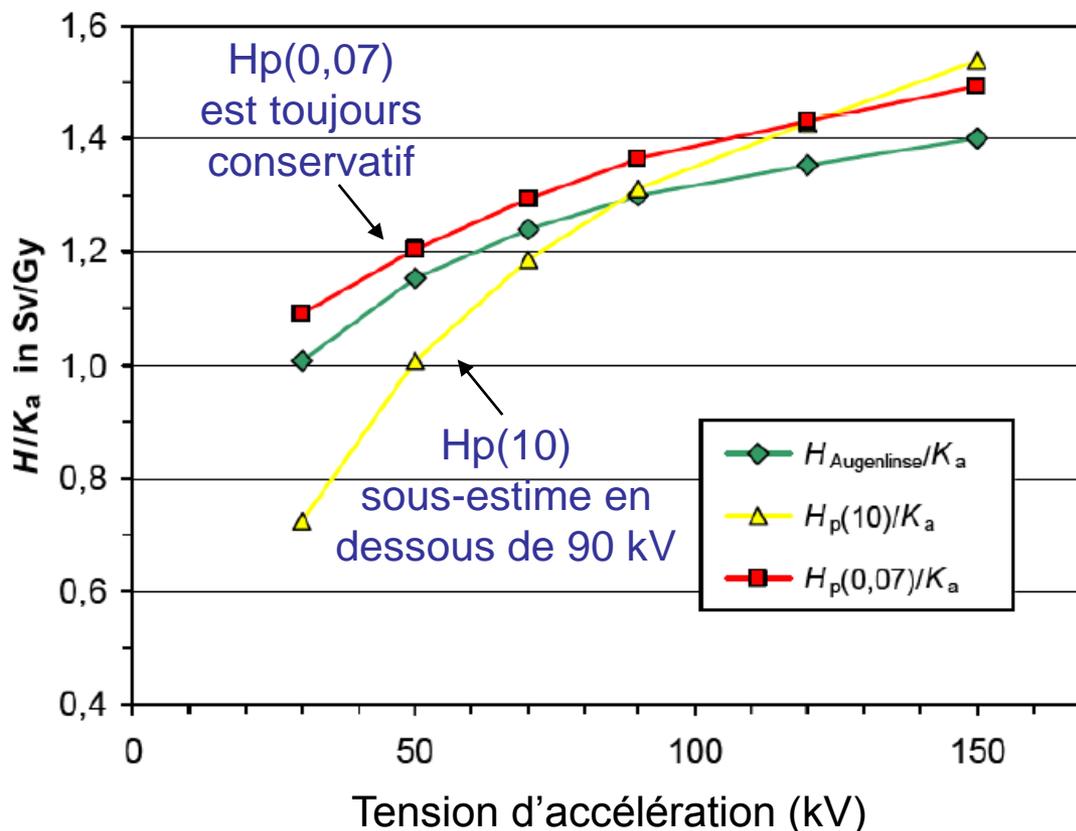
- Avec l'abaissement de la limite de dose, en l'absence de protection, le cristallin de l'œil sera probablement un organe critique (cardiologie/radiologie interventionnelle)
- Les risques sont *a priori* plus limités dans d'autres secteurs
- Des moyens de dosimétrie passive existent mais
 - nécessiteront des développements pour être totalement opérationnels
 - des procédures normalisées d'étalonnage restent à définir
- Des moyens de protection (80 - 90%) existent
 - Lunettes plombées
 - Ecran plafonnier, écran de table
- Les pratiques peuvent être optimisées (ex: position du tube, position du praticien, qualité du faisceau, taille du champ)
- La mise en application de ces moyens/pratiques nécessitera des efforts (notamment de formation)

Merci de votre attention !

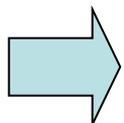


Exposition aux photons rétrodiffusés

Irradiation de RX sur fantôme d'eau et diffusion à 135°

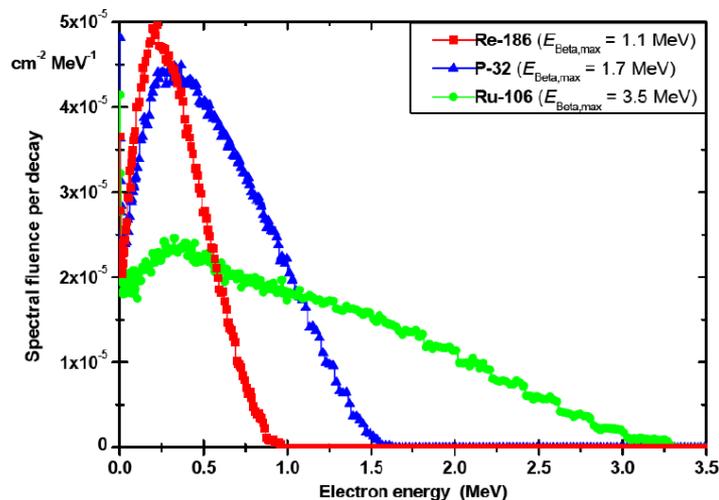


(Kramer, 2008)



$H_p(0,07)$ sur fantôme parallélépipédique d'eau (slab) est un bon estimateur de la dose au cristallin pour une exposition à des RX rétrodiffusés

Exposition aux rayonnements bêta



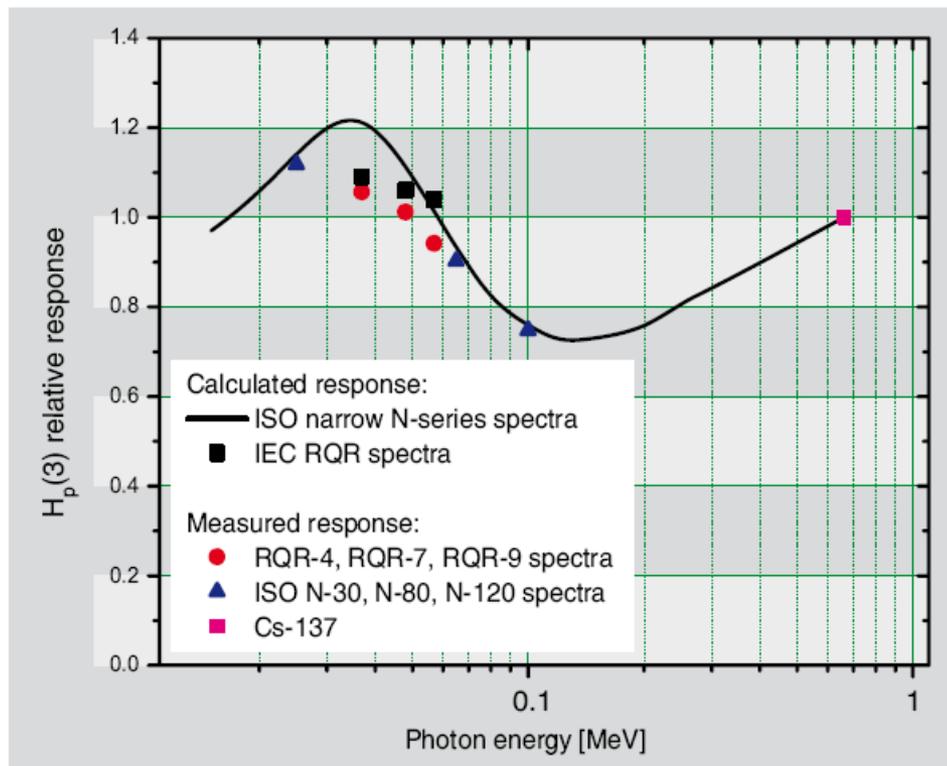
Spectres bêta de ^{186}Re , ^{32}P et $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$
(à 50 cm de sources ponctuelles)

$H'(0,07,0^\circ)$ et $H_p(0,07)$
= (très) conservatifs

Radionuclides	E_{\max} in MeV	$H_{\text{Eye lens}}/\Phi$ in Sv cm ²	$H'(0.07, 0^\circ)/\Phi$ in Sv cm ²	$H'(3, 0^\circ)/\Phi$ in Sv cm ²
Re-186	1.1	$1.6 \cdot 10^{-12}$	$4.5 \cdot 10^{-10}$	$1.5 \cdot 10^{-12}$
P-32	1.7	$6.0 \cdot 10^{-11}$	$4.8 \cdot 10^{-10}$	$7.5 \cdot 10^{-11}$
Y-90	2.3	$1.4 \cdot 10^{-10}$	$4.3 \cdot 10^{-10}$	$1.7 \cdot 10^{-10}$
Ru-106/Rh-106	3.5	$1.6 \cdot 10^{-10}$	$3.0 \cdot 10^{-10}$	$1.9 \cdot 10^{-10}$

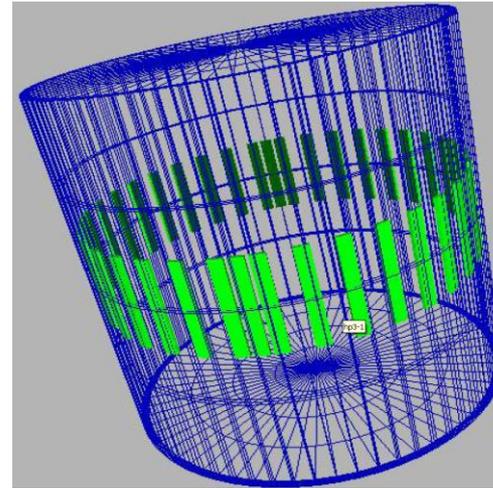
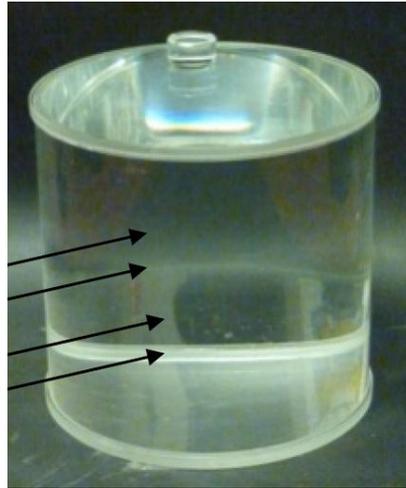
(Behrens, 2009)

Dosimètre RADCARD



Energy response of *EYE-D*TM for photon radiation

- Proposal for eye lens dosemeter **calibration and type testing** for $H_p(3)$
 - **New phantom**



- Extensive calculations of **conversion coefficients** $H_p(3)/K_a$ for photons
- **Design** and test of a dosemeter to measure $H_p(3)$ (RADCARD)