

WP 7 of CONRAD SG 3-4
(WG 9 - Medical staff Radiation Protection Dosimetry) EURADOS

Intercomparaison de dosimètres personnels actifs dans des champs de photons réalistes de la radiologie interventionnelle

J. Daures(1), J.M. Bordy(1), I. Clairand(2), L. Donadille(2), M. Denozière(1), J. Debroas(2),
F. d'Errico(3), J. Gouriou(1), C. Itié(2) and L. Struelens(4)

(1) CEA, LIST, Laboratoire National Henri Becquerel (LNE-LNHB), France

(2) Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire IRSN, France

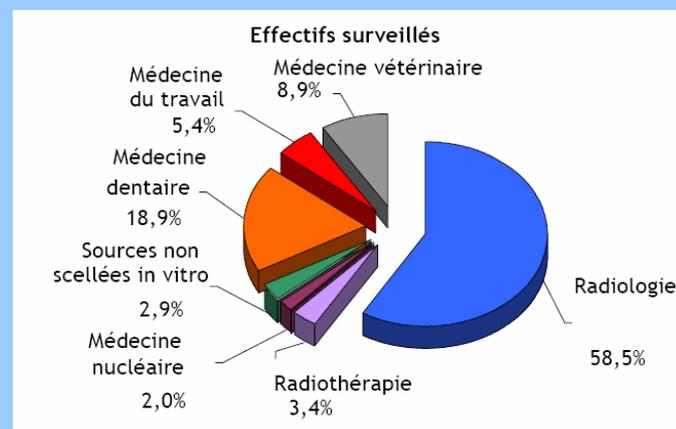
(3) Università degli Studi di Pisa Italy

(4) SCK•CEN, Belgium

Domaine : Radioprotection des travailleurs

Statistiques françaises IRSN Bilan 2007 (DRPH/DIR/2008-11) :

- 54 % des travailleurs surveillés sont employés dans le domaine médical
- 60 % d'entre eux travaillent en radiologie
- La radiologie interventionnelle présente le risque d'exposition le plus élevé.

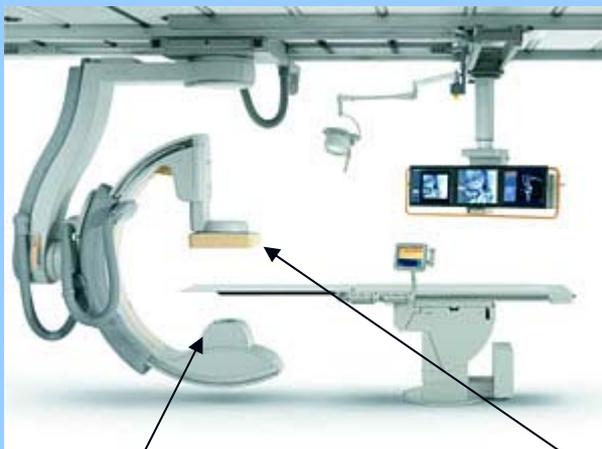


EUROPE

WP 7 of CONRAD SG 3-4

(WG 9 - Medical staff Radiation Protection Dosimetry) EURADOS

Radiologie interventionnelle



Tube RX



Amplificateur de brillance

**Cardiologues, urologues, gastroentérologues, chirurgien
orthopédique, chirurgien vasculaire, anesthésistes...**

Dosimètre opérationnel (actif)

- Avantages par rapport aux dosimètres passifs :
 - Lecture instantanée
 - Limite de détection plus basse
 - Alarmes audibles et visuelles
- Utilisation en constante augmentation :
 - Adapté à la mise en œuvre du principe ALARA
 - Port obligatoire dans les zones contrôlées (en France)

Exigences pour les dosimètres opérationnels utilisés en radiologie interventionnelle :

- Réponse en énergie correcte (dans les limites des prescriptions de la norme IEC 61526:2 (2005) jusqu'à 20 keV)
- Réponse correcte en champ de rayonnement pulsé (débit de dose instantané élevé)

Caractéristiques des dosimètres testés



Type – Fabricant	Energy response		Deviation (%)
	E_{\min} (keV)	E_{\max} (keV)	
DMC 2000XB – MGPI	20	6000	30
EPD Mk2.3 – Siemens	15	7000	20
DIS1-DIS100 – Rados	15	9000	30
EDMIII – Dosilab	20	1500	10
PM1612A – Polimaster	10	20000	15

Un champ réaliste est un champ réel simplifié

- Table « transparente » aux RX
- L'amplificateur de brillance contribue peu au rayonnement diffusé vers le radiologue
- Le patient et le radiologue peuvent être simulés par des fantômes
 - Cette géométrie simplifiée permet d'effectuer des étalonnages selon le même protocole dans des laboratoires différents.
 - Cependant cette géométrie doit être validée par des mesures et des calculs



De la situation réelle à la configuration réaliste

Objectif de la configuration réaliste :

- Utiliser des fantômes simples
- Utiliser un positionnement adapté et reproductible

Validation des champs réalistes :

- Simulations par calculs de Monte-Carlo (MCNP, PENELOPE)
- Mesure du spectre de photons

Géométrie simplifiée pour l'étalonnage

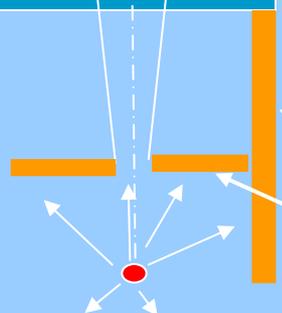
Vue de côté

Fantôme Patient ISO eau ou
TE poumon;
parallélépipédique
30 x 30 x 15 cm³

17x17 cm²

15 cm

tube RX



Rideau plomb
collimateur

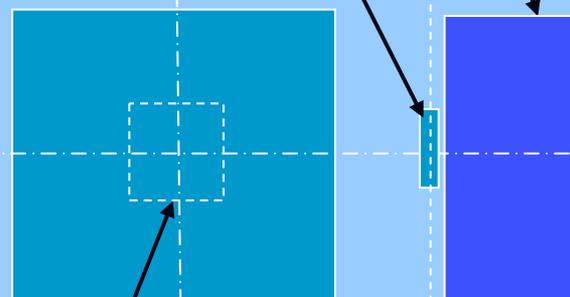
Vue de dessus

Fantôme Radiologue
Fantôme ISO eau parallélépipédique
30 x 30 x 15 cm³ eau

Dosimètre
opérationnel

Champ
d'irradiation

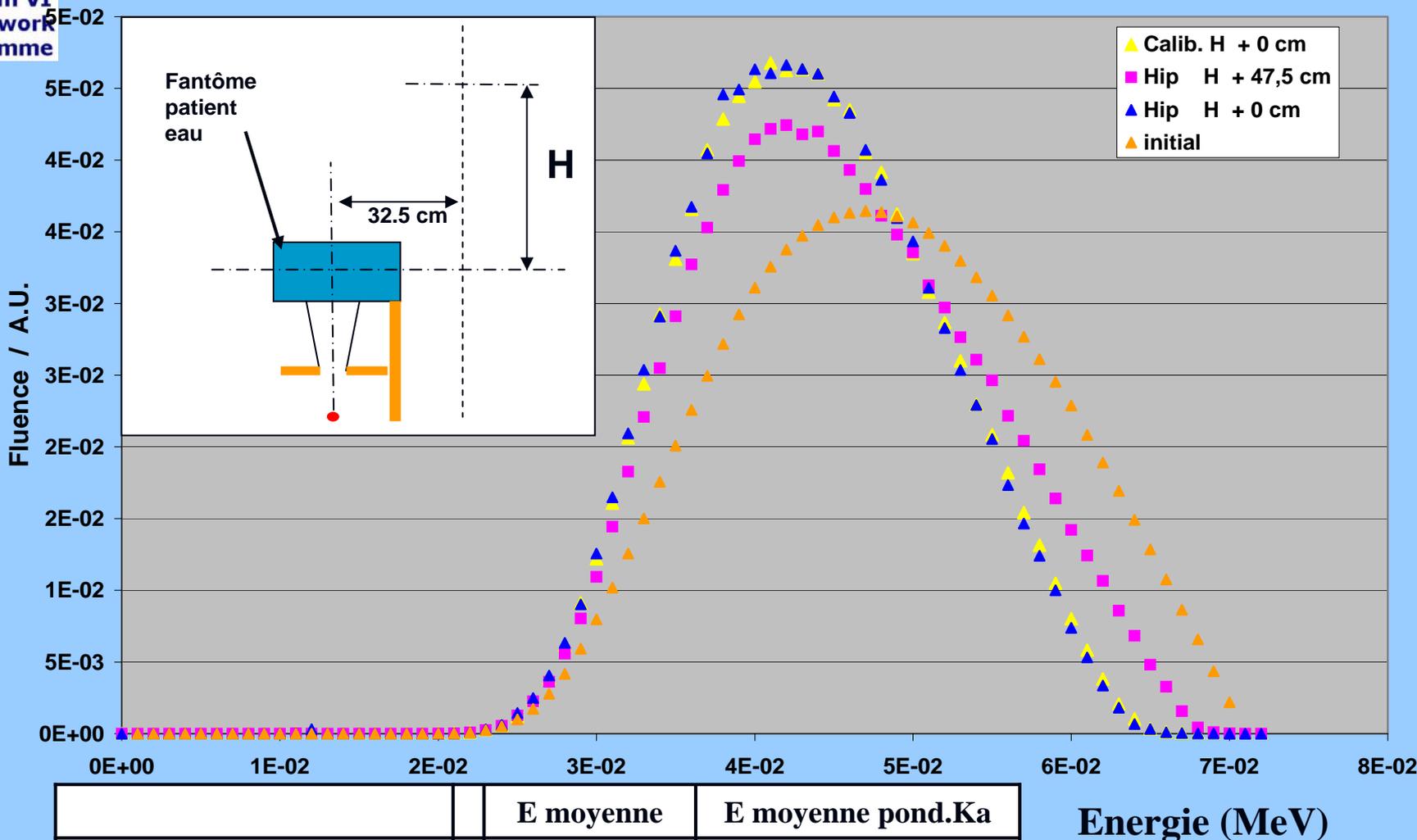
32.5 cm





Euratom VI
Framework
Programme

Intercomparaison de dosimètres personnels actifs dans des champs réalistes de la radiologie interventionnelle



	E moyenne	E moyenne pond.Ka
Pt Calib. H= 0 cm, L=0cm	43.7 keV	41.6 keV
H= 47.5cm, L=45 cm	45.1 keV	42.8 keV
H= 0 cm, L=45 cm	43.5 keV	41.4 keV

Energie (MeV)



Laboratoire National
Henri Becquerel



LNE-LNHB

Validation expérimentale.

Mesure de la fluence en fonction de l'énergie.

Tube RX

Fantôme patient
TE poumon

Spectromètre
CdTe



Collimateur

Calib.

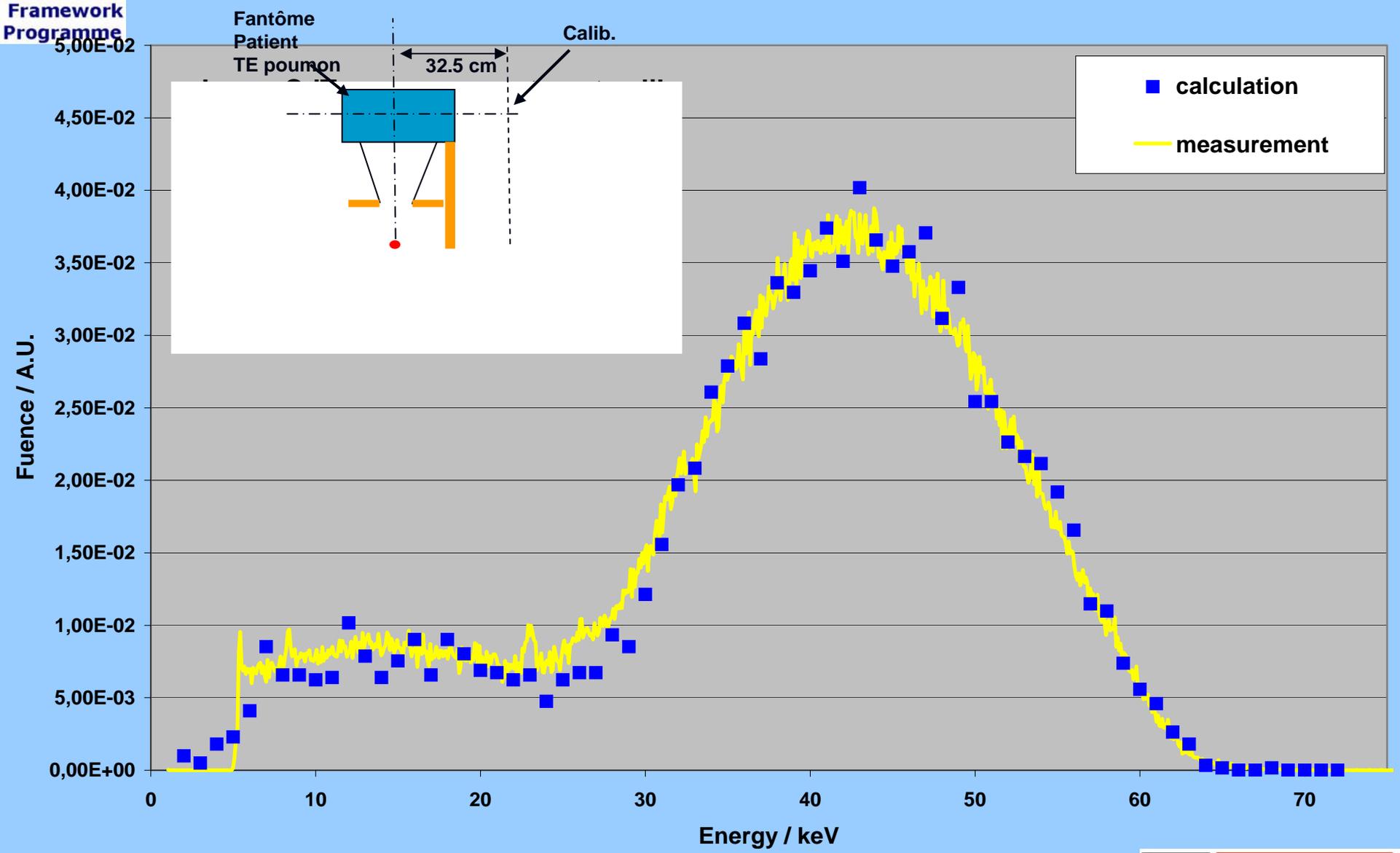
Rideau de plomb

Tube RX

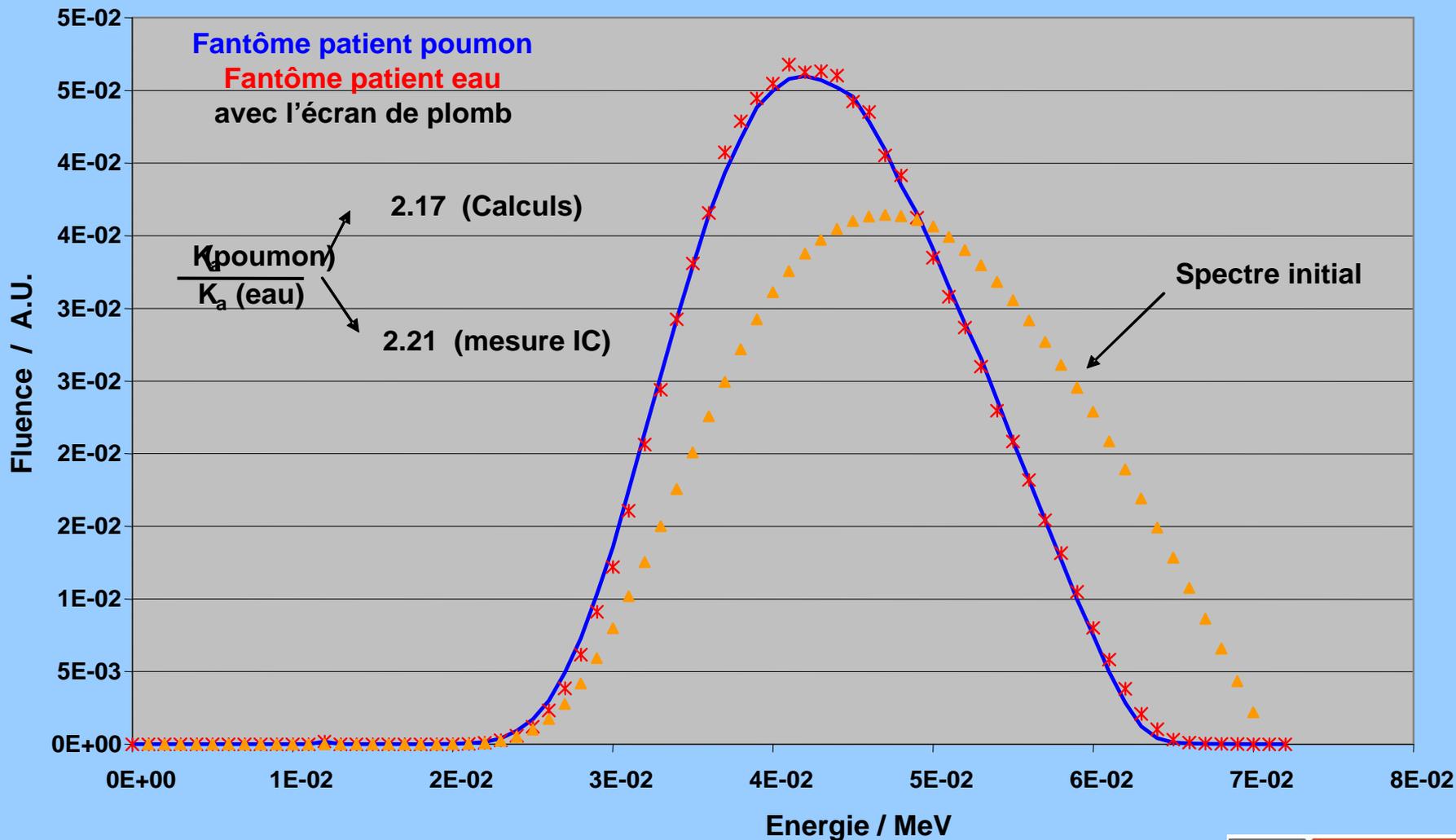
spectromètre Amptek XR-100T-CdTe

Efficacité de détection 100% de 10 à 60 keV

Intercomparaison de dosimètres personnels actifs dans des champs réalistes de la radiologie interventionnelle



Comparison eau et fantôme patient TE poumon au point d'étalonnage

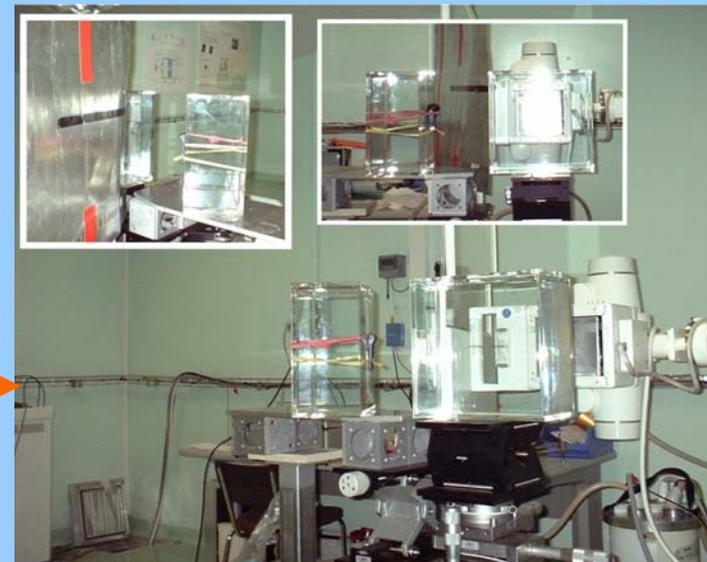




Dispositifs d'irradiation

← IRSN

LNHB →



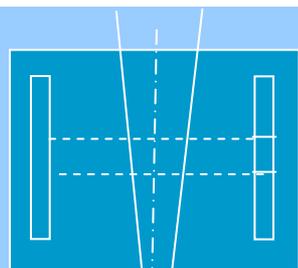
	Champ continu IRSN	Champ pulsé LNHB
Haute tension (kVp)	70	70
Filtration totale	4.5 mmAl +0.2 mm Cu	4.5 mmAl +0.2 mm Cu
Courant (mA)	20	640
Largeur du pulse (ms)	-	100
Forme du champ	circulaire	carré
Taille du champ à 95 cm de la source	diamètre=19.3	côté=12.5
Angle de l'anode en tungstène (°)	20	12.5

Hp(10) détermination de la valeur de référence

1. Kair : mesure dans le faisceau direct (chambre à paroi d'air)
2. Etalonnage de la chambre d'ionisation à cavité de transfert
3. Kair : mesure dans le champ diffusé à la position d'étalonnage des dosimètres opérationnels

1.

Chambre à paroi d'air

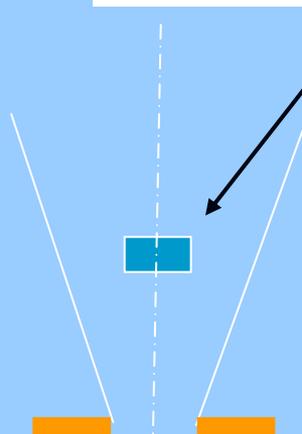


Collimateur carré

Tube X

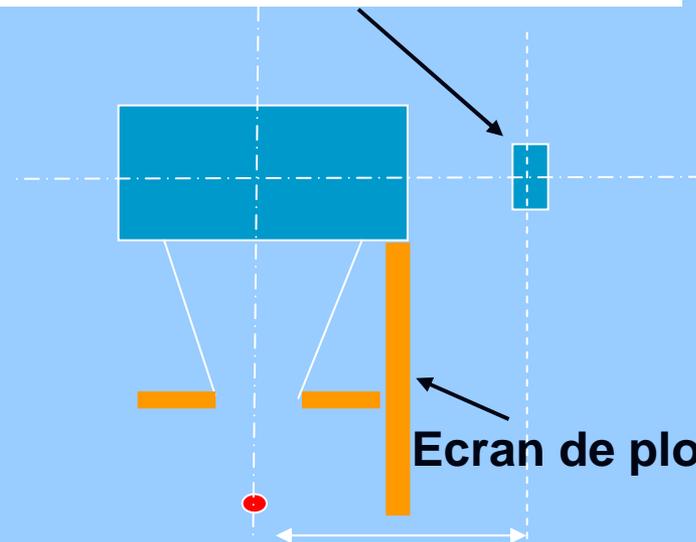
2.

Chambre à cavité (30 cc cyl. PTW TM 23361)



$$N_{Ka} = \frac{K_a}{M}$$

3.



Ecran de plomb

32.5 cm

$$K_a = M N_{Ka} k_{spectrum}$$

Hp(10) détermination de la valeur de référence

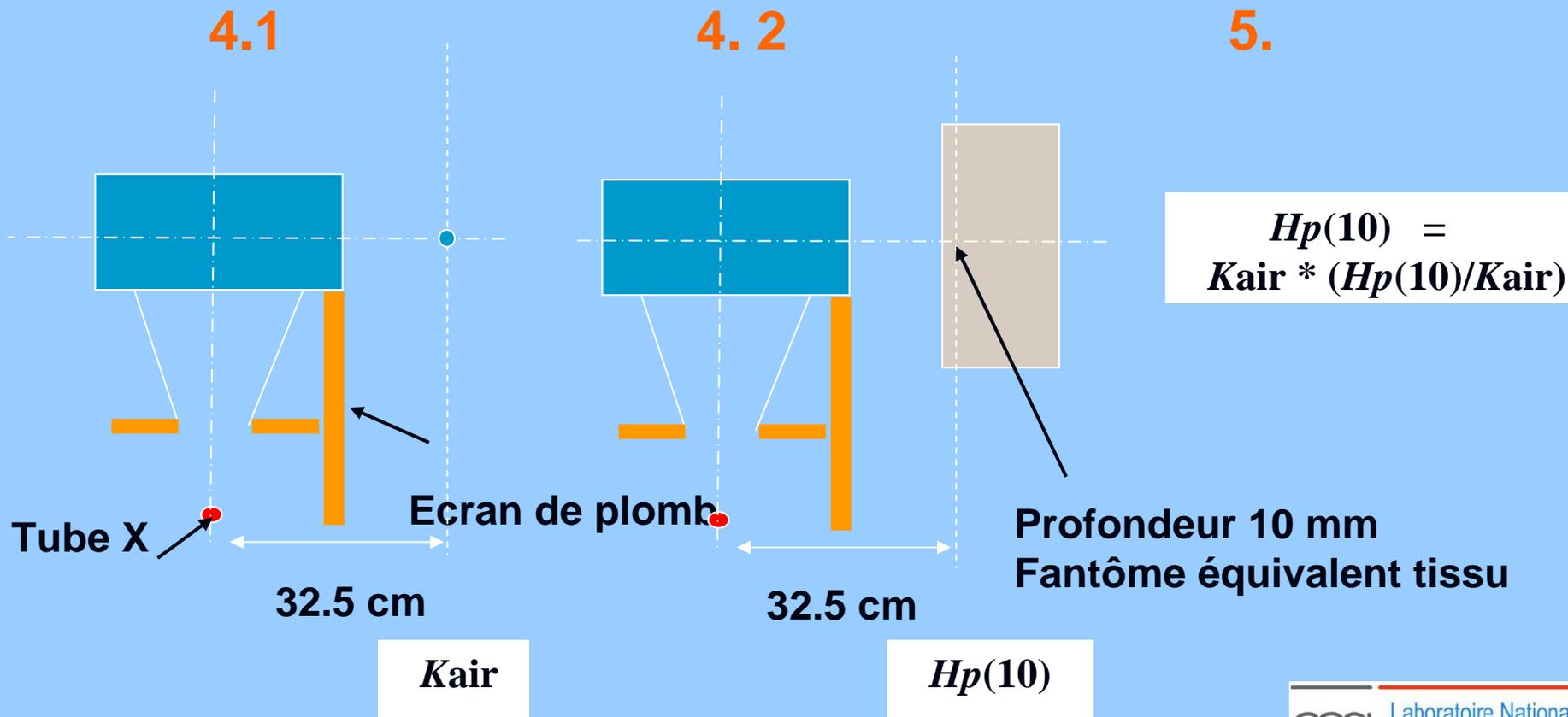
4. Détermination du coefficient de conversion ($H_p(10)/K_{air}$)

4.1 K_{air} Calculs Monte - Carlo

4.2 $H_p(10)$ Calculs Monte - Carlo

5. Détermination $H_p(10)$

$$H_p(10) = K_{air} * (H_p(10)/K_{air})$$



Détermination du facteur de conversion $H_p(10)/K_{air}$

*Example of some results at the calibration point
with the water patient phantom and the lead shield*

x 10 ⁻⁶ (pGy /hist. or pSv /hist.) Ecart-type (k=1)		F5	F6	*F8
K_a	MCNP4C – lib 02	4.64 (0.2%)	4.40 (0.3%)	4.42 (1.2%)
	MCNP5 – lib 04	4.29 (0.2%)	4.38 (0.2%)	4.35 (0.7%)
$H_p(10)$	MCNP4C – lib 02	6.97 (0.2%)	6.31 (0.6%)	6.33 (3.0%)
	MCNP5 – lib 04	6.44 (0.2%)	6.23 (0.4%)	6.16 (1.9%)
$H_p(10)/K_a$ lib 04		1.50	1.42	1.42

PENELOPE 2006 (~F6)	IC
4.87 (2.6%)	3.21 μGy (64 mAs, 100ms, 70 kV) 1.5 %
6.77 (0.54%)	
1.39	

$$F5 : K_a = \int_E \phi(E) \left[\frac{K_a}{\phi} \right] (E) dE \quad \left| \quad H_{p,slab}(10,0) = \int_E \phi(E) \left[\frac{H_{p,slab}(10)}{\phi} \right] (E) dE$$

ISO 4037 (0°) : N60 (1.65) ; L70 (1.87)

Calculs de Monte –Carlo : valeur moyenne

IRSN ; LNHB ; SCK•CEN

**MCNP4C (lib 02) ; MCNP5 (lib 04) ; MCNPX (lib 04)
PENELOPE**

$$**H_p(10)/K_{air} = 1.40 \text{ Sv/Gy}**$$

Conrad WP7 SG 3-4 Résultat de l'intercomparaison des dosimètres opérationnels

Réponse des dosimètres en termes de $H_p(10, 0^\circ)$

Mode	Référence $H_p(10)$	DMC 2000XB	EPD Mk2.3	DIS1	DIS100	EDMIII	PM 1621A
Continu	210 μSv	1.14	0.79	0.70	0.59	0.95	1.09
Pulsé	112 μSv	1.25	0.85	0.80	0.63	1.17	0.01

Ecart-type : 0.3 to 1.5 %

IEC 61526:2 (2005) limite of variation -29 % to 67 % sur la gamme d'énergie

Conrad WP7 SG 3-4 : résultats de la comparaison des dosimètres opérationnels

Réponse angulaire des dosimètres opérationnels en
termes de $H_p(10, \alpha) / H_p(10, 0^\circ)$

Angle	W-60 (ISO 4037)*	Mode	DMC 2000XB	EPD Mk2.3	DIS1	DIS100	EDMIII	PM 1621A
30°	0.96	Continu	1.00	0.98	0.92	1.00	1.10	0.93
		Pulsé	0.96	0.96	0.92	0.97	1.05	–
60°	0.76	Continu	0.81	0.84	0.80	0.86	0.83	0.53
		Pulsé	0.65	0.71	0.76	0.74	0.66	–

* de ISO 4037 pour la qualité W-60 qui est semblable au spectre utilisé

Comparaison des dosimètres opérationnels : *Conclusions*

6 dosimètres ont été testés en faisceaux continus et pulsés dans le champ diffusé

Les réponses en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence sont dans les limites de variation requises (excepté pour un dosimètre)

Néanmoins il est recommandé de contrôler chaque dosimètre opérationnel avant usage.

1 type de dosimètre est aveugle en faisceau pulsé, même dans le champ diffusé

Ceci confirme l'importance du contrôle des dosimètres opérationnels avant usage, particulièrement dans les champs pulsés.

Perspectives

- **Cette étude a été réalisée dans des faisceaux continus et dans des faisceaux mono-pulse.**
- **Actuellement dans le cadre du projet collaboratif ORAMED (Optimisation of RAdiation protection for MEDical staff) du 7ème PC EU, 2009-2011, les mêmes équipes effectuent une étude plus exhaustive:**
 - **Nouveaux dosimètres opérationnels**
 - **Faisceaux de références multi-pulses(1, 10, 20 pps)**
 - **Large gamme de débit de dose instantanés (0,8 à 50 Sv/h)**
 - **Tests dans les hôpitaux**