

Dosimétrie d'extrémités pour les applications médicales : Principaux résultats du contrat européen CONRAD

Journées SFRP « La dosimétrie individuelle des travailleurs et des patients: mise en œuvre et perspectives »

Paris, 27-28 mai 2008

CONRAD Work Package 7 / EURADOS Working Group 9

Sub-Group 1

E. Carinou	GAEC (Grèce)
L. Donadille	IRSN (France)
M. Ginjaume	UPC (Espagne)
J. Jankowski	NIOM (Pologne)
A. Rimpler	BfS (Allemagne)
M. Sans Merce	IRA (Suisse)
F. Vanhavere	SCK-CEN (Belgique)



CONRAD WP7 / EURADOS WG9: Radioprotection du personnel médical

Promotion et coordination d'activités de recherche pour
l'évaluation des expositions professionnelles du personnel
médical

Sous-groupes:

1. **Dosimétrie d'extrémités**
2. Double dosimétrie
3. Tests de dosimètres opérationnels (électroniques) en radiologie et cardiologie interventionnelles
4. *Simulations numériques nécessaires aux différents sous-groupes*

S-G 1: Dosimétrie d'extrémités du personnel médical

1. Etat des lieux sur l'utilisation des dosimètres d'extrémités pour quelques pays européens
2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques
3. Intercomparaison des dosimètres d'extrémités utilisés en Europe
4. Proposer des axes d'étude
 - Projet ORAMED

Rappel des limites de dose pour les travailleurs exposés (article R231-76 → articles R4451-12 et R4451-13 du CT)

■ Dose efficace: 20 mSv

■ Dose équivalente

✓ au cristallin: 150 mSv

✓ à la peau: 500 mSv (dose moyenne sur toute surface de 1 cm²,
quelle que soit la surface exposée)

✓ **aux mains, avant-bras, pieds et chevilles: 500 mSv**

→ En pratique, la limite pour la peau est utilisée

■ Grandeurs opérationnelles:

$H_p(10)$ pour le corps entier

$H_p(3)$ pour le cristallin

$H_p(0,07)$ pour la peau et les extrémités

Radiologie / Cardiologie interventionnelles (RI / CI)



Rayons X utilisés pour visualiser la position de cathéters introduits dans le patient

Procédures diagnostiques et thérapeutiques

Doses liées à: complexité, point d'entrée, pratiques, ...

Médecine nucléaire (MN)



Préparation, répartition et administration de radiopharmaceutiques à des patients

Procédures diagnostiques et thérapeutiques

Manipulation de sources non scellées émettrices γ , γ - $\beta^{+/-}$, β^{-} de haute activité (~10 MBq à quelques GBq)

Doses liées à: type de radionucléide, activité, pratiques, blindage, ...

Curiethérapie (CT)

Insertion de sources radioactives scellées dans le patient (interstitielle, endocavitaire)

1. Etat des lieux sur l'utilisation des dosimètres d'extrémités pour quelques pays européens
2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques
3. Intercomparaison des dosimètres d'extrémités utilisés en Europe
4. Proposer des axes d'étude (mesures et calculs)
 - Projet ORAMED

1. Utilisation des dosimètres d'extrémités dans 7 pays européens

Nombres de travailleurs suivis (année 2005)

Pays	Travailleurs suivis pour la dosimétrie poitrine	Travailleurs suivis pour les extrémités (en radiologie, MN et thérapie)		
		Total	Bague	Poignet
France	F 159116 (*)	5%	19%	81%
Allemagne	D 239984	5%	100%	0%
Grèce	GR 9227	2%	0%	100%
Irlande	IE 6924	5%	100%	0%
Pologne	PL (1) 29282	2%	100%	0%
Espagne	E 43000	9%	5%	95%
Suisse	CH 50823	2%	100%	0%

(*) Y compris le secteur vétérinaire

(1) Données issues d'un seul laboratoire dosimétrique

- Faible proportion des travailleurs suivis pour les extrémités
- Suivi partagé entre bague et poignet

1. Utilisation des dosimètres d'extrémités dans 7 pays européens

Doses annuelles relevées (année 2005)

Radiologie et cardiologie interventionnelle (RI, CI)

Type de dosimètre	Pays	Nombre de travailleurs	Dose annuelle moyenne (mSv)	Nombre de cas > 5 mSv		Nombre de cas > 50 mSv					
Bague	F	1279	10.9	0		0					
	D	7155	2.48								
	IE	188	2.3								
	PL	585	8.2								
	E	50	19.2					25	50%	10	20%
	CH	407	3.6					39	10%	9	2%
Poignet	F	5302	1.5	7	5%	2	2%				
	GR*	133	17.93								
	E	2799	8.9					654	23%	144	5%

(*) Pour la Grèce la dose annuelle moyenne est réduite à 1,85 mSv en excluant 2 cas de mauvaises pratiques

- Doses relevées bien inférieures aux limites
- Dose bague > dose poignet
- Faible nombre de cas > 50 mSv

1. Utilisation des dosimètres d'extrémités dans 7 pays européens

Doses annuelles relevées (année 2005)

Médecine nucléaire (MN)

Type de dosimètre	Pays	Nombre de travailleurs	Dose annuelle moyenne (mSv)	Nombre de cas > 5 mSv		Nombre de cas > 50 mSv	
Bague	F	314	12.2				
	D*	3104	7.13	78	3%	46	1%
	IE	111	5.75	34	31%	0	
	PL	143	7.6				
	E	129	29.1	75	58%	23	18%
Poignet	CH	404	9	119	29%	19	5%
	F	862	3.1				
	GR	45	1.88	3	7%	0	0%
	E	698	6.5	206	30%	11	2%

(*) Pour l'Allemagne les cas > 5 mSv (> 50 mSv) correspondent en réalité à > 1 mSv (> 10 mSv)

- Doses relevées bien inférieures aux limites
- Dose bague > dose poignet
- Faible nombre de cas > 50 mSv

- Doses moyennes d'extrémités pour MN > RI, CI

1. Etat des lieux sur l'utilisation des dosimètres d'extrémités pour quelques pays européens
- 2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques**
3. Intercomparaison des dosimètres d'extrémités utilisés en Europe
4. Proposer des axes d'étude (mesures et calculs)
 - Projet ORAMED

2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques

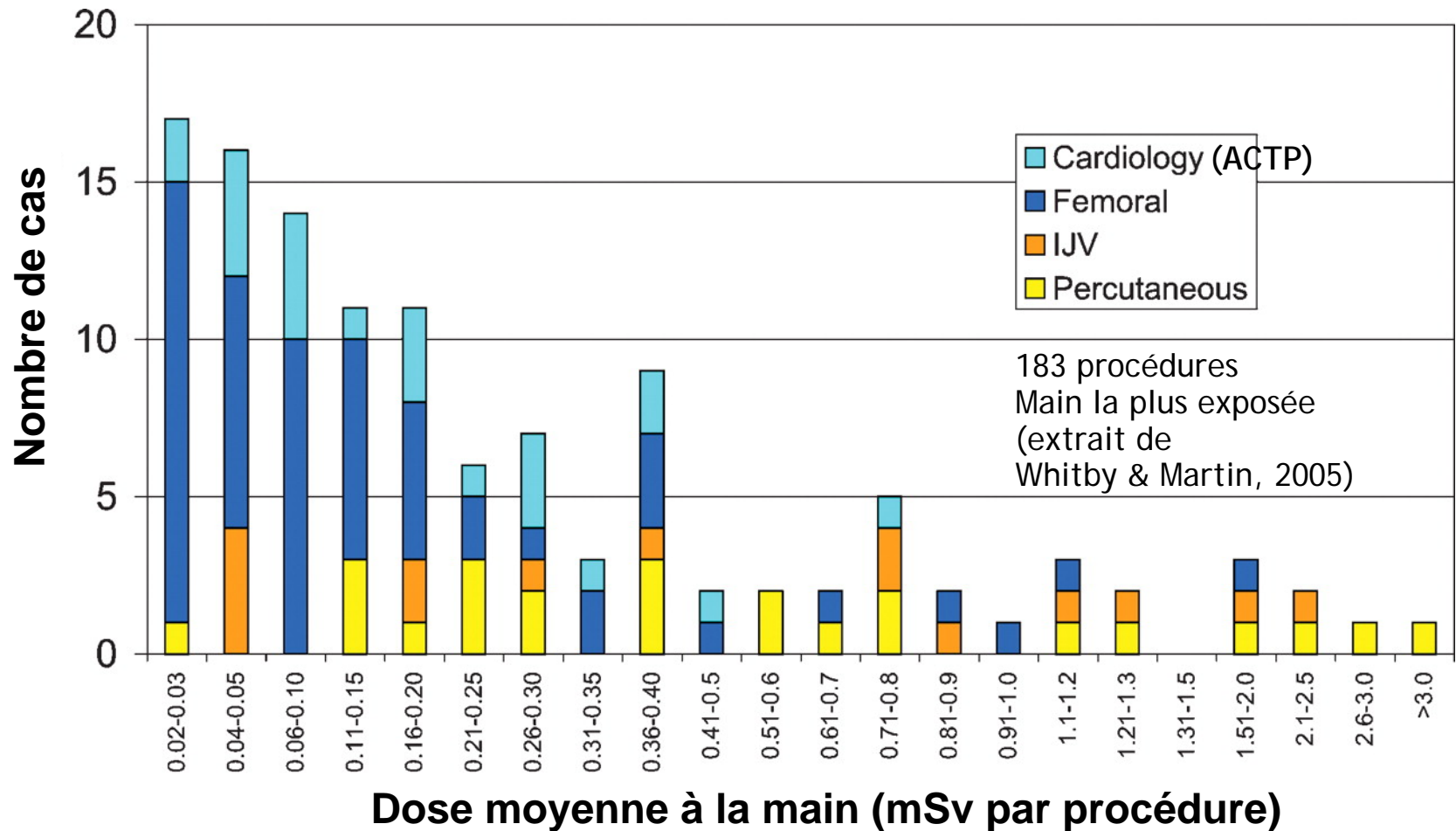
■ Doses d'extrémités en RI, CI

	Procédure	Dose/procédure (μ Sv)	Référence
CI	Coronarographie	13-60(E) 10(C) 70(P)	Trianni et al., 2005 Tsapaki et al., 2004
	Angioplastie coronaire transluminale percutanée	20-100(E) 20(C) 350-400(M) 200(P)	Trianni et al., 2005 Whitby & Martin, 2005 Tsapaki et al., 2004 Martin & Whitby, 2003
RI	Percutanée	920(M) 800-1500(M)-proc. biliaire 620(P)-proc. biliaire	Whitby & Martin, 2005 Martin & Whitby, 2003 McParland et al., 1990
	Voie transjugulaire	630(M) 500-900(M)-TIPS 2670(P)-TIPS	Whitby & Martin, 2005 Martin & Whitby, 2003
	Embolisation	140-1200(M) 940(P)	Whitby & Martin, 2003, 2005 Martin & Whitby, 2003

M: main E: épaule
P: pied C: cheville

2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques

- Exemples de distributions de doses d'extrémités en RI, CI (main la plus exposée)



2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques

- Doses d'extrémités en RI, CI
 - Main la plus proche du champ (gauche en général) la plus exposée
 - L'extrémité des doigts reçoit ~30% plus que la base (position d'une bague)
 - Variations importantes des doses mesurées
 - Dépendent de la procédure, des pratiques, de l'expérience, des mesures de protection, ...
 - Pas de corrélation claire avec le Produit Dose-Surface (PDS)
 - Dose aux pieds peut être plus élevée que la dose aux mains
- Port des dosimètres d'extrémités: pas systématique
- Protections radiologiques:
 - Tablier, cache-thyroïde, lunettes/masque, gants
 - Bas-volet, écran plafonnier
- Doses annuelles:
 - La plupart des extrapolations sont inférieures aux limites.
 - Certaines extrapolations (Vaño et al., 1998; Damilakis et al., 1995) dépassent les limites.

2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques

■ Doses d'extrémités en MN

Débits indicatifs de $H_p(0,07)$ au contact d'une seringue nue

^{99m}Tc (500 MBq)	^{18}F (400 MBq)	^{90}Y (1 GBq)
~ 3 mSv/min	~ 20 mSv/min	~ 500 mSv/min

2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques

■ Doses d'extrémités en MN

Applications	Gammes de dose (mSv / 10GBq)	Gammes de dose annuelle (mSv)	Références
<i>Conventionnelle</i> (^{99m} Tc)	Bout du doigt: 0,07 – 1,8 Bague: 0,1 – 0,4	Radiopharmacie: 4 – 330 Injection: 5 – 220 voire jusqu'à plusieurs Sv pour des radiopharmaciens !	Harding et al., 1985 Stuardo, 1990 Hastings et al., 1997 Chrusciewski et al., 2002 Whitby & Martin, 2003 Jankowski et al., 2003 Donadille et al., 2005 Vanhavere et al., 2006 Wrzesień et al., 2008
TEP (¹⁸ F)	1 – 9	Généralement < limites	Marti-Climent et al., 2002 Visseaux et al., 2004 Tandon et al., 2007
Thérapie (⁹⁰ Y, radio-immunothérapie)	(mSv / patient) Radiomarquage: 0,6 – 40 Injection: 0,3 – 7 Jusqu'à plusieurs centaines en cas de mauvaises pratiques !!		Mantel et al., 2007 Cremonesi et al., 2006 Aubert et al., 2002 Rimpler et al., 2008

2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques

- Doses d'extrémités en MN
 - Zone (en général) la plus exposée: bout des doigts (index)
 - Rapports (Maximum / Bague): 1,4 – 9 (pour MN *conventionnelle*)
 - Protège-seringues: efficacités *théoriques*
 - Pour ^{99m}Tc : Réduction > 100
 - Pour ^{18}F : Réduction ~ 6 (5 mm W)
 - Pour ^{90}Y : 5 mm W fournit une meilleure protection que 10 mm PMMA (Aubert et al., 2003; Coulot et al., 2003; Donadille et al., 2006)

2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques

■ Discussion

■ RI, CI:

- Les *organes limitants* peuvent être les mains, les pieds, le cristallin
- Main la plus exposée: celle la plus proche de la région imagée
- Extrémité des doigts peut recevoir 20-30% plus que la base

■ MN:

- Les *organes limitants* peuvent être les mains
- Main la plus exposée: pas clairement établie
- Extrémité des doigts peuvent recevoir *beaucoup plus* que la base

■ Désaccord entre les résultats du suivi dosimétrique *légal* et ceux estimés lors d'études spécifiques

- Dosimétrie *légal*: 5 - 29 mSv/an
Très peu de cas > 50 mSv
- Etudes spécifiques: 4 - 330 mSv/an, voire plus

1. Etat des lieux sur l'utilisation des dosimètres d'extrémités pour quelques pays européens
2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques
- 3. Intercomparaison des dosimètres d'extrémités utilisés en Europe**
4. Proposer des axes d'étude (mesures et calculs)
 - Projet ORAMED

3. Intercomparaison de dosimètre d'extrémités

■ Intervenants:

Membres du S-G 1 +

J.M. Bordy, J. Daures, M. Denozière

P. Covens

C. Itié

CEA (France)

AZ-VUB (Belgique)

IRSN (France)

■ Objectifs

- Evaluer les performances des dosimètres « bague » vis-à-vis de la mesure de $H_p(0,07)$
 - Champs de rayonnements proches de la radiologie interventionnelle, la médecine nucléaire
- + champs de référence ^{137}Cs , ^{147}Pm , ^{85}Kr , $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

Complémentaire de Helmstädter & Ambrosi, 2001

3. Intercomparaison de dosimètre d'extrémités

■ Participants

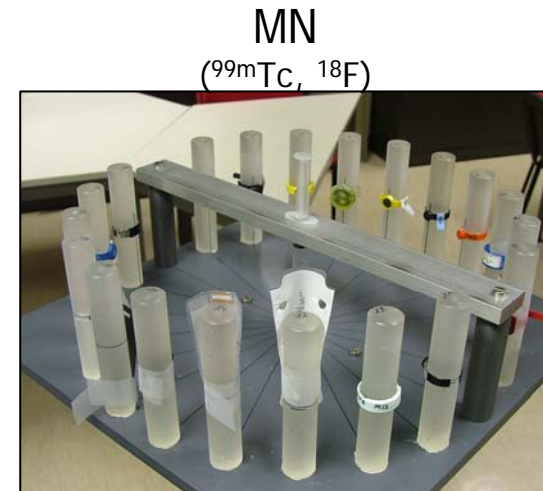
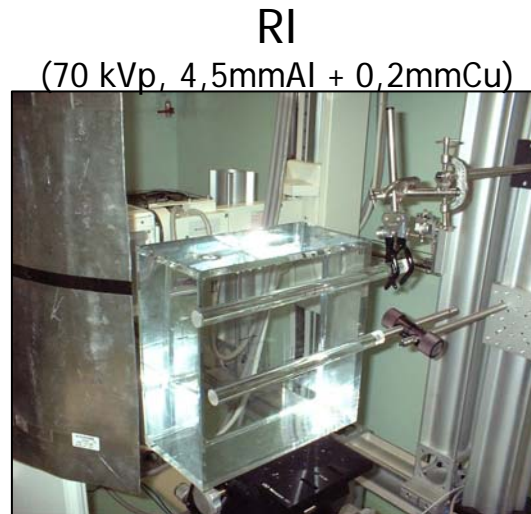
- 24 laboratoires; 16 pays; ~60000 travailleurs suivis
- 9 types de dosimètres: LiF (21), $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (2), CaF_2 (1)
- Epaisseurs: TLD: 8,5 - 240 mg/cm²
Filtres: 3 - 65 mg/cm²



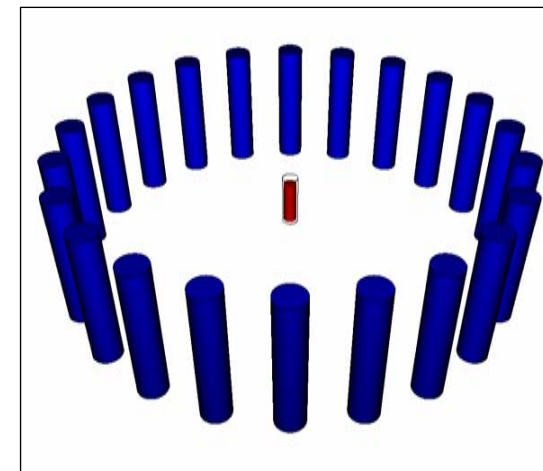
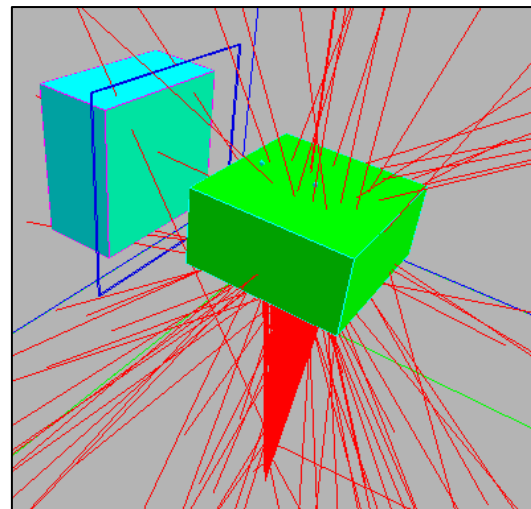
3. Intercomparaison de dosimètre d'extrémités

- Configurations pour la radiologie interventionnelle et la médecine nucléaire

Dispositifs
expérimentaux

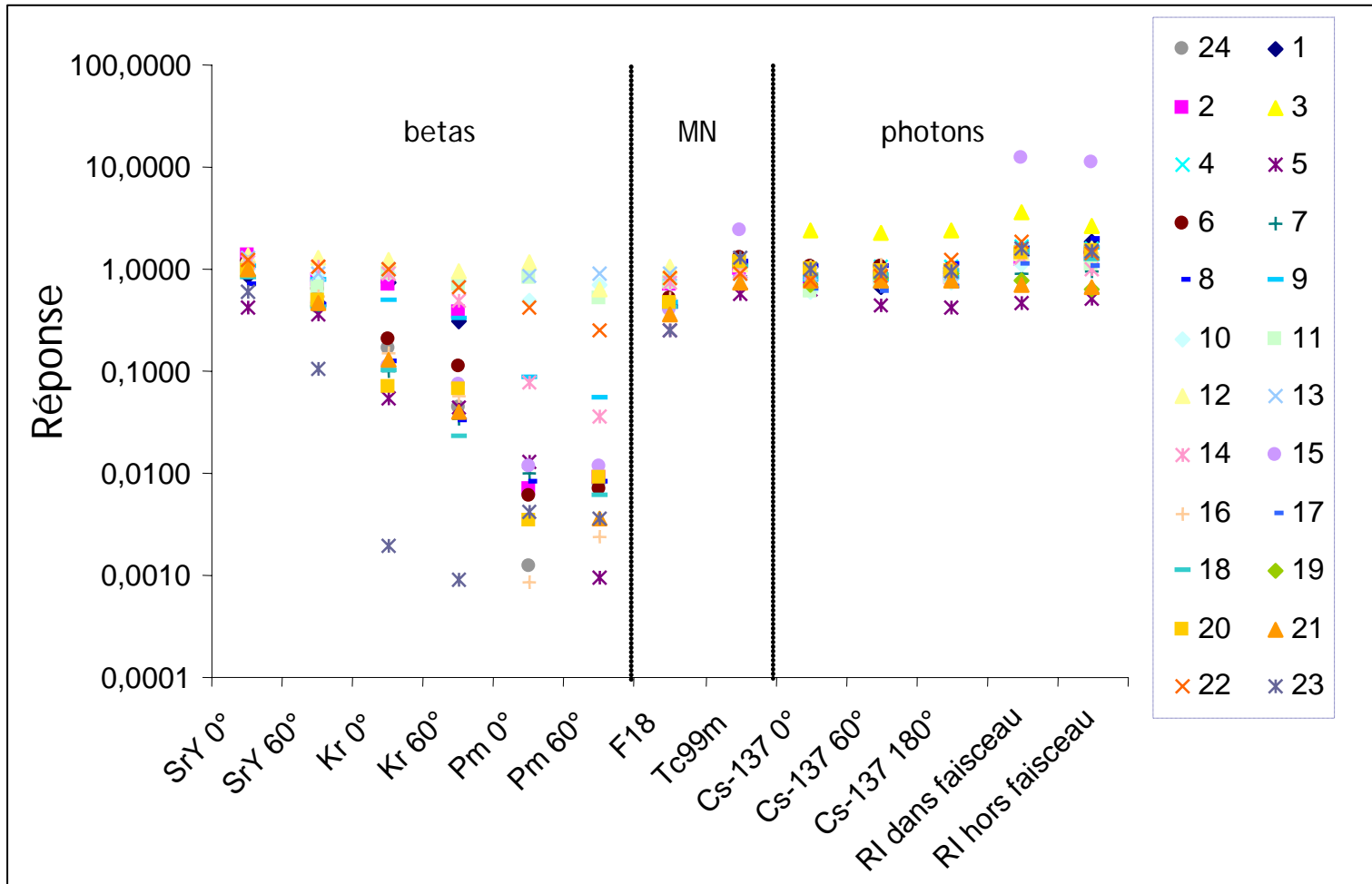


Références
dosimétriques
calculées par
simulations Monte
Carlo



3. Intercomparaison de dosimètre d'extrémités

■ Résultats



3. Intercomparaison de dosimètre d'extrémités

■ Discussion

■ Photons:

- Réponse généralement satisfaisante
- 2 laboratoires doivent revoir leur procédure d'étalonnage
- CaF₂:Mn n'est pas adapté aux champs X

■ Electrons:

- Plus fins sont les détecteur et filtre, meilleure est la réponse

■ Mixtes (¹⁸F):

- La contribution à la dose des positrons représente 57%, ce qui génère une sous-réponse

■ Tous les champs:

- 4/24 laboratoires présentent une réponse satisfaisante (au sens de la norme ISO 12794:2000)

1. Etat des lieux sur l'utilisation des dosimètres d'extrémités pour quelques pays européens
2. Revue de la littérature relative à des études spécifiques
3. Intercomparaison des dosimètres d'extrémités utilisés en Europe
4. Proposer des axes d'étude (mesures et calculs)
→ **Projet ORAMED**

4. Proposer des axes d'étude

■ Constats:

- Dosimétrie légale d'extrémités: Peu de cas de fortes doses
- Etudes spécifiques:
 - Estimations des doses annuelles élevées
 - Grandes variations des doses
 - La dosimétrie *bague* n'est pas représentative des doses maximales reçues
- Intercomparaison:
 - Difficultés importantes pour mesurer les doses associés aux émetteurs β et mixtes β/γ .

➔ Projet ORAMED

4. Proposer des axes d'étude

- **Projet ORAMED** (Optimisation of RAdiation protection of MEDical staff)
7^{ème} PCRD de l'UE, début avril 2008

Améliorer les connaissances sur les expositions des extrémités et des yeux en RI et MN, et optimiser l'utilisation des dosimètres opérationnels en RI.

1. Mesures et calculs des doses aux extrémités et au cristallin en RI, CI
2. Développement d'une dosimétrie du cristallin en RI, CI
3. Optimisation de l'utilisation des dosimètres opérationnels en RI, CI
4. Dosimétrie des extrémités en MN, spécifiquement pour les applications TEP et thérapeutiques
5. Information des partie-prenantes et dissémination des résultats

S-G 1: Dosimétrie d'extrémités du personnel médical

■ Références

- Vanhavere *et al.*, An overview on extremity dosimetry in medical applications. *Radiation Protection Dosimetry*. doi:10.1093/rpd/ncn149, 2008.
- Carinou *et al.*, Intercomparison on measurements of the quantity personal dose equivalent, $H_p(0.07)$, by extremity ring dosimeters in medical fields. Accepté pour publication dans *Radiation Measurements*.
- Ginjaume *et al.*, Extremity ring dosimetry intercomparison in reference and workplace fields. Soumis à *Radiation Protection Dosimetry*.
- Donadille *et al.*, An overview of the use of extremity dosimeters in some European countries for medical applications. Soumis à *Radiation Protection Dosimetry*.
- Rapport final du groupe CONRAD WP7 / EURADOS WG9. Rapport CEA, en cours de finalisation.