

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Adaptation de la dosimétrie individuelle au poste de travail - cas de l'exposition externe

Isabelle CLAIRAND  
*isabelle.clairand@irsn.fr*

Laboratoire de Dosimétrie des Rayonnements Ionisants  
IRSN

*Journée SFRP « Etudes de poste et radioprotection »  
9 novembre 2010*

# Introduction

Exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants

**319091 personnes**



*effectif total surveillé en France en 2009*



La radioprotection des travailleurs  
Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en  
France : bilan 2009  
(Rapport IRSN 2010 - [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr))

## Objectifs de la surveillance dosimétrique individuelle

La dosimétrie individuelle est l'un des maillons essentiels du dispositif de radioprotection des travailleurs exposés aux RI.

Elle a pour objectif de fournir une estimation des doses reçues par chaque travailleur au niveau de l'organisme entier et de parties du corps (extrémités, cristallin)



- permet de mettre en œuvre le principe d'optimisation (expositions doivent être maintenues au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible)
- permet de vérifier le respect des limites de dose fixées par la réglementation

La dosimétrie individuelle doit être adaptée au poste de travail compte tenu des situations d'exposition et des contraintes existantes

## Problématique - situations d'exposition

Dans le cas d'exposition externe : estimation des doses reçues par une personne exposée dans un champ de rayonnement générés par une source extérieure à la personne.



- dosimètres passifs / opérationnels
- calcul (personnels navigants)

Les rayonnements que les dosimètres individuels sont destinés à mesurer sont :

- **de nature différente** :
  - type de particule (RX, gamma, bêta, neutron)
  - champ continu / champ pulsé
- **dans des domaines d'énergie variables** :
  - quelques keV - plusieurs dizaines de MeV pour les photons
  - quelques centaines de keV pour les bêta
  - quelques eV à quelques MeV pour les neutrons

## Cadre réglementaire

Arrêté du 30 décembre 2004 relatif à la carte individuelle de suivi médical et aux informations individuelles de dosimétrie des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.



MODALITÉS DU SUIVI DOSIMÉTRIQUE INDIVIDUEL

Code du Travail (Articles R. 4451)

[www.legifrance.gouv.fr/](http://www.legifrance.gouv.fr/)



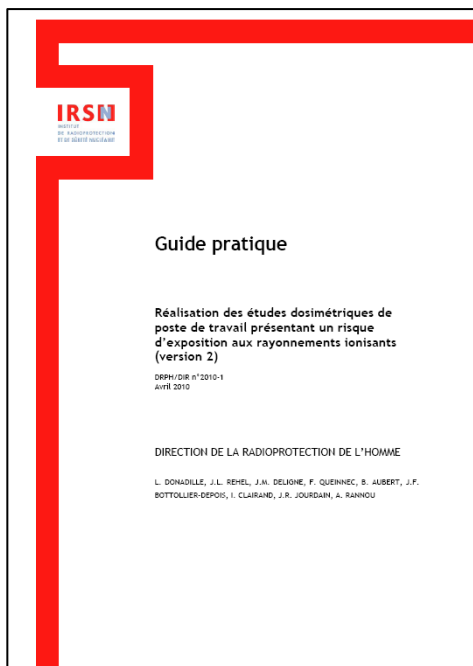
# Etude dosimétrique de poste de travail

L'objectif d'une étude de **poste de travail** est d'évaluer, dans des **conditions normales** de travail, les doses susceptibles d'être délivrées au personnel, consécutives à des expositions aux rayonnements ionisants.

Les doses liées à l'exposition externe délivrées aux travailleurs sont évaluées sur la base de la connaissance **des caractéristiques des champs de rayonnements** au poste de travail (nature, débit, énergie, caractéristiques spatiale et temporelle) ainsi que des tâches qui y sont réalisées.



la dosimétrie doit être adaptée au poste et non à l'individu



## Guide pratique

Réalisation des études dosimétriques de poste de travail présentant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants  
(Rapport IRSN 2010 - [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr))

# Etude dosimétrique de poste de travail

L'étude de poste vise à fournir à l'employeur et au médecin du travail les éléments nécessaires pour :

- mettre en place les équipements de protection collective et les consignes de sécurité,
- délimiter les zones réglementées (zones surveillée, contrôlée, spécialement réglementée, interdite),
- renseigner la fiche d'exposition associée au poste de travail,
- le cas échéant, définir les équipements de protection individuelle,
- déterminer le classement du personnel (A, B, non exposé),
- **choisir les techniques dosimétriques adaptées aux conditions d'exposition et définir les modalités de surveillance dosimétrique individuelle et d'ambiance.**

# Normalisation

Les normes relatives **aux instruments de dosimétrie individuelle** sont :

CEI 61526 (2005). Instrumentation pour la radioprotection. Mesure des équivalents de dose individuels  $H_p(10)$  et  $H_p(0,07)$  pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta. Appareils de mesure à **lecture directe** et moniteurs de l'équivalent de dose individuel.

CEI 62387-1 (2007) Instrumentation pour la radioprotection - systèmes dosimétriques intégrés **passifs** pour la surveillance de l'environnement et de l'individu

ISO 21909 (2005) Dosimètres individuels **passifs** pour les **neutrons** -- Exigences de fonctionnement et d'essai

Les normes concernant l'instrumentation définissent les conditions auxquelles doivent répondre les dosimètres : type de rayonnement, réponse en fonction de l'énergie, fonctionnement des alarmes, procédures d'essai.

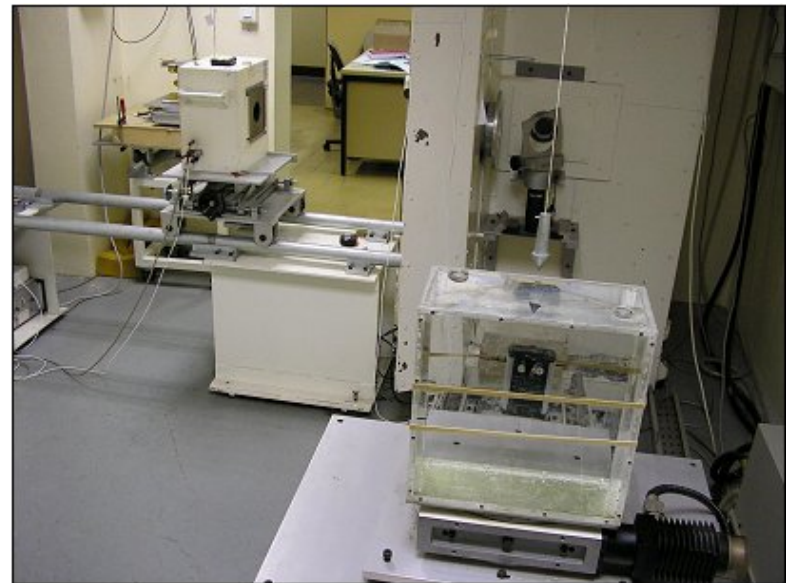
Les dosimètres individuels doivent également fonctionner correctement dans les conditions environnementales qui sont susceptibles d'affecter leurs performances sur leur lieu d'utilisation : température, humidité, champ électromagnétique, choc, etc.



# Normalisation

Normes relatives aux champs de rayonnements de référence et aux procédures d'étalonnage associées sont :

- ISO 8529 (1989), ISO 8529-1 (2001), ISO 8529-2 (2000) et ISO 8529-3 (1998) pour les **neutrons** ;
- ISO 6980 (1996) pour les rayonnements **bêtas** ;
- ISO 4037-1 (1996), ISO 4037-2 (1997), ISO 4037-3 (1999) pour les rayonnements **photons**.



## Dosimétrie passive : *choix des dosimètres*

	Poitrine	Poignet	Bague
X, $\beta$ et $\gamma$	OSL, TLD et RPL (0,05 à 0,10 mSv)	OSL et TLD (0,05 à 0,1 mSv)	TLD (0,1 à 0,3 mSv)
Neutrons	DST (CR-39) et TLD (0,1 à 0,2 mSv)	DST (CR-39) et TLD (0,05 à 0,2 mSv)	-

Les mesures ou les calculs de l'exposition externe ou interne prévus à l'article R. 4451-62 sont réalisés par l'un des organismes suivants :

- 1° L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire ;
- 2° Un service de santé au travail titulaire d'un certificat d'accréditation ;
- 3° Un organisme ou un laboratoire d'analyses de biologie médicale titulaires d'un certificat d'accréditation et agréés par l'Autorité de sûreté nucléaire.  
(article R. 4451-64 du Code du Travail).

# Dosimétrie passive : *choix des dosimètres*

## Liste au 4 octobre 2010 des organismes agréés pour la surveillance de l'exposition externe des travailleurs, en application de l'article R.4451-64 du Code du Travail (\*)

L'arrêté du 6 décembre 2003 modifié définit les conditions de délivrance du certificat et de l'agrément pour les organismes en charge de la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, en application de l'article R.4451-64 du Code du Travail.

La loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire dispose, dans son article 4, que l'ASN délivre les agréments requis aux organismes qui participent aux contrôles et à la veille en matière de sûreté nucléaire ou de radioprotection.

En application de l'article R.4451-64 du Code du Travail, la surveillance de l'exposition externe des travailleurs est effectuée soit par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, soit par les organismes dont la liste est fixée ci-après.

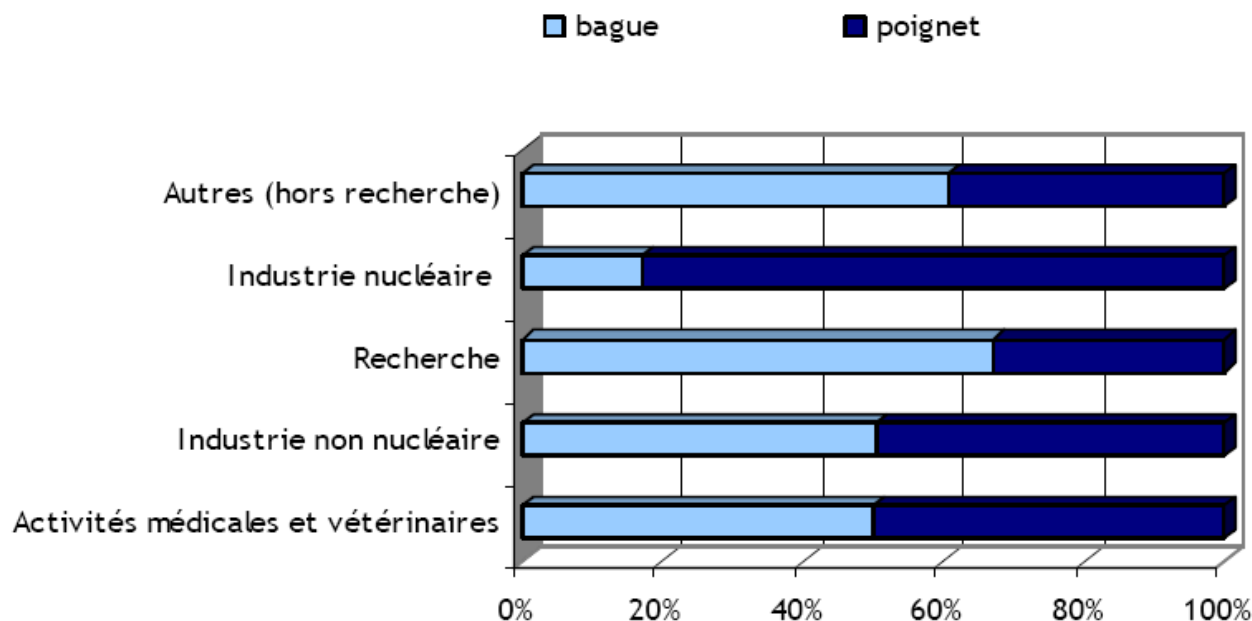
Organisme	Adresse	Numéro d'agrément	Limite de validité de l'agrément	Référence de l'agrément
ALGADE	1 avenue du Brugeaud 87 250 Bessines-sur-Gartempe	OADOS009	31-janv-2012	CODEP-DIS-2010-054600
DOSILAB SARL	ZA Les Platanes - 3 rue Louis Fournier 77100 Meaux	OADOS007	31-mars-2013	CODEP-DIS-2010-009369
Etablissement AREVA La Hague	50444 Beaumont-Hague Cedex		31-déc-2010	2007-DC-0087
Etablissement AREVA Marcoule	DSQ/SPR/DMR - BP 76170 30206 Bagnols-sur-Cèze Cedex		31-déc-2010	2007-DC-0087
IPHC de Strasbourg	23, rue de Loess - BP 28 67037 Strasbourg Cedex 2	OADOS011	31-mars-2013	CODEP-DIS-2010-014758
IPN d'Orsay	15 rue Georges Clémenceau 91 406 Orsay Cedex	OADOS12	31-mars-2013	CODEP-DIS-2010-018114
IRSN	31, avenue de la Division Leclerc 92260 Fontenay-aux-Roses		Pas de limite de validité	Article R.4453-21 du Code du Travail
LCIE LANDAUER SAS	33, avenue du Général Leclerc 92260 Fontenay-aux-Roses		31-déc-2010	2007-DC-0087
SPRA	1 bis, rue du Lieutenant Raoul Batany 92141 Clamart	OADOS006	31-mars-2013	CODEP-DIS-2010-008596

(\*) sous réserve de la détention par l'organisme d'une accréditation *en cours de validité*

## Dosimétrie passive : *dosimétrie d'extrémités*

Le choix entre la dosimétrie « poignet » et la dosimétrie « bague » doit reposer sur l'analyse des postes de travail.

Dose mesurée au doigt > dose mesurée au poignet (application éventuelle de facteurs correctifs)



Poignet : 12588 travailleurs  
Bague : 8750 travailleurs

*Extrait de : La radioprotection des travailleurs - Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2009 (Rapport IRSN 2010 - [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr))*

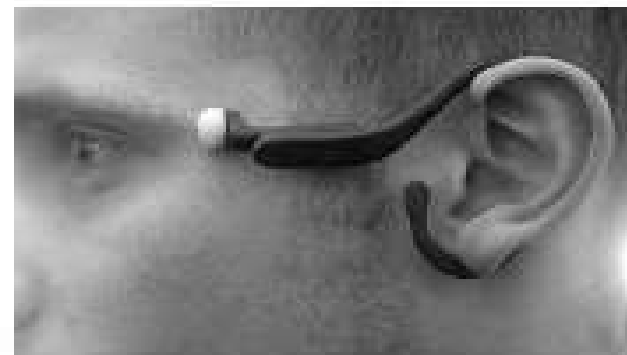
## Dosimétrie passive : *dosimétrie du cristallin*

Constat : la surveillance de la dose est au cristallin non effective

Des techniques (passives) existent mais ne sont pas ergonomiques

Travaux sont en cours dans le cadre du contrat européen **ORAMED** pour développer de nouveaux outils :

- prototypes d'un système dosimétrique
- fantômes pour calculer les facteurs de conversion  $H_p(3)/k_a$  à  $0^\circ$  et  $90^\circ$




Gualdrini et al., 2010 (contrat ORAMED)



ORAMED: Optimization of RAdiation protection of MEDical staff  
Coordination : Filip Vanhavere (SCK•CEN - Belgique)

<http://www.oramed-fp7.eu>

# Workshop: ORAMED 2011



Barcelona, 20-22 January 2011  
Organised by  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Barcelona Tech

[HOME](#)  
[Scope](#)  
[First Announcement](#)  
[Committees](#)  
[Programme](#)  
[Abstract](#)  
[Presentations](#)  
[Sponsors](#)  
[Congress Venue](#)  
[Registration](#)  
[Accommodation](#)  
[Barcelona information](#)  
[Deadlines](#)

## Welcome to ORAMED 2011

### Workshop on Optimization of Radiation Protection of Medical Staff






Barcelona, 20-22 January 2011

Organised by  
Universitat Politècnica de Catalunya

*New!* Updated scientific programme available *New!*

Under the auspices of the  
European Commission

In co-operation with

This site is optimized for Internet Explorer 5.5 and Mozilla Firefox 1  
© Institute of Energy Technologies. UPC Barcelona Tech

ORAMED Project

<http://www.upc.edu/inte/oramed/>

## Dosimétrie opérationnelle : *choix des dosimètres*

La surveillance individuelle de l'exposition par dosimétrie opérationnelle est mise en œuvre, sous la responsabilité du chef d'établissement, par la personne compétente en radioprotection, désignée en application de l'article R. 231-106 du code du travail.

Les dosimètres opérationnels utilisés doivent permettre de mesurer en temps réel les rayonnements ionisants révélés par l'analyse des postes de travail et doivent être compatibles avec les conditions de travail envisagées.

Les caractéristiques des dosimètres à prendre en compte sont notamment :

- la performance de mesure des différents types de rayonnements ionisants ;
- la performance aux variations dues à l'environnement ;
- les éventuelles interférences et leur influence sur les résultats dosimétriques ;
- la taille, le poids et la résistance mécanique du dosimètre.

*Extrait de l'arrêté du 30 décembre 2004*



## Dosimétrie opérationnelle : *panorama des techniques*

Ginjaume M. et al. OVERVIEW OF ACTIVE PERSONAL DOSEMETERS FOR INDIVIDUAL MONITORING IN THE EUROPEAN UNION. Radiation Protection Dosimetry (2007), Vol. 125, No. 1-4, pp. 261-266

*Table 1. Main characteristics of photon and beta-photon APDs as provided by the manufacturer...*

Model	Type of detector	Energy response			Weight Inc. battery (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )
		$E_{min}$ (keV)	$E_{max}$ (keV)	Deviation to <sup>137</sup> Cs (%)		
AEA DOSEGUARD S10	1 Si-diode	60	3,000	30	80	115.0
ALOKA PDM 112	1 Si-diode	40	1,000	—	50	52.2
ATOMTEX 2503	GM Tube	50	10,000	—	70	61
ATOMTEX 3509B	1 Si-diode	15	10,000	—	100	139
AUTOMESS ADOS	GM Tube	70	3,000	20	190	133.9
CANBERRA DOSICARD	1 Si-diode	50	2,000	15	65	83.3
COMET APD	4 Si-diodes	20	1,600	30	109	93.5
DOSITEC L36	1 Si-diode	60	6,200	25	77	57.1
FUJI ELECTRIC NRY 20001	1 Si-diode	50	6,000	25	100	85.0
GRAETZ ED 150	GM Tube	50	2,000	—	160	92.5
MGP DMC 2000S	1 Si-diode	50	6,000	20	70	70.6
MGP DMC 2000X	2 Si-diodes	20	6,000	30	70	70.6
MGP DMC 2000XB	3 Si-diodes	20	6,000	30	70	70.6
MGP SOR/R	1 Si-diode	50	6,000	30	55	37.0
MINI INSTRUMENTS 6100	GM Tube	30	1,000	20	125	118.8
POLIMASTER PM1203	GM Tube	60	1,500	25	90	126.0
POLIMASTER PM1604	GM Tube	48	6,000	—	85	15
POLIMASTER PM1621	GM Tube	10	20,000	—	100	139
RADOS DIS-1	DIS	15	9,000	30	20	16.2
RADOS DIS-100	DIS	15	9,000	30	130	111.6
RADOS RAD-51/51T	1 Si-diode	60	3,000	25/35	90	115.0
RADOS RAD-60/62	1 Si-diode	60	3,000	25	80	115.0
RADOS RDD-20/RDR-20	DIS	50	1,500	30	24	14.0
SAIC PD-21/PD-31	GM Tube	55	6,000	25	90	58.8
SAPHYDOSE GAMMA	1 Si-diode	50	1,300	30	165	167.3
THERMO ELECTRON EPD1	3 Si-diodes	20	10,000	20	170	162.3
THERMO ELECTRON MK2	3 Si-diodes	15	7,000	20	95	101.7
POLIMASTER PM1603 (wrist)	GM Tube	60	1,500	25	85	45.9
SAIC (extremity)	GM Tube	55	6,000	25	15	9.9
UNFORS NED (extremity)	1 Semi-conductor	140	1,200	10	200	1.5/169
UNFORS EDD-30 (extremity)	1 Semi-conductor	20	70	25	200	1.2/169



Model	Type of detector	Energy response			Weight Inc. battery (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )
		$E_{min}$ (keV)	$E_{max}$ (keV)	Deviation to <sup>137</sup> Cs (%)		
AEA DOSEGUARD S10	1 Si-diode	60	3,000	30	80	115.0
ALOKA PDM 112	1 Si-diode	40	1,000	—	50	52.2
ATOMTEX 2503	GM Tube	50	10,000	—	70	61
ATOMTEX 3509B	1 Si-diode	15	10,000	—	100	139
AUTOMESS ADOS	GM Tube	70	3,000	20	190	133.9
CANBERRA DOSICARD	1 Si-diode	50	2,000	15	65	83.3
COMET APD	4 Si-diodes	20	1,600	30	109	93.5
DOSITEC L36	1 Si-diode	60	6,200	25	77	57.1
FUJI ELECTRIC NRY 20001	1 Si-diode	50	6,000	25	100	85.0
GRAETZ ED 150	GM Tube	50	2,000	—	160	92.5
MGP DMC 2000S	1 Si-diode	50	6,000	20	70	70.6
MGP DMC 2000X	2 Si-diodes	20	6,000	30	70	70.6
MGP DMC 2000XB	3 Si-diodes	20	6,000	30	70	70.6
MGP SOR/R	1 Si-diode	50	6,000	30	55	37.0
MINI INSTRUMENTS 6100	GM Tube	30	1,000	20	125	118.8
POLIMASTER PM1203	GM Tube	60	1,500	25	90	126.0
POLIMASTER PM1604	GM Tube	48	6,000	—	85	15
POLIMASTER PM1621	GM Tube	10	20,000	—	100	139
RADOS DIS-1	DIS	15	9,000	30	20	16.2
RADOS DIS-100	DIS	15	9,000	30	130	111.6
RADOS RAD-51/51T	1 Si-diode	60	3,000	25/35	90	115.0
RADOS RAD-60/62	1 Si-diode	60	3,000	25	80	115.0
RADOS RDD-20/RDR-20	DIS	50	1,500	30	24	14.0
SAIC PD-2I/PD-3I	GM Tube	55	6,000	25	90	58.8
SAPHYDOSE GAMMA	1 Si-diode	50	1,300	30	165	167.3
THERMO ELECTRON EPD1	3 Si-diodes	20	10,000	20	170	162.3
THERMO ELECTRON MK2	3 Si-diodes	15	7,000	20	95	101.7
POLIMASTER PM1603 (wrist)	GM Tube	60	1,500	25	85	45.9
SAIC (extremity)	GM Tube	55	6,000	25	15	9.9
UNFORS NED (extremity)	1 Semi-conductor	140	1,200	10	200	1.5/169
UNFORS EDD-30 (extremity)	1 Semi-conductor	30	70	25	200	1.2/169

## Dosimétrie opérationnelle : *panorama des techniques*

Ginjaume M. et al. OVERVIEW OF ACTIVE PERSONAL DOSEMETERS FOR INDIVIDUAL MONITORING IN THE EUROPEAN UNION. Radiation Protection Dosimetry (2007), Vol. 125, No. 1-4, pp. 261-266

*Table 2. Main characteristics of neutron and gamma-neutron APDs.*

Model	Type of detector	Weight including battery (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )
Commercial			
ALOKA PDM 313	1 Si-diode	70	52
BD-PND, BDT	Bubble detector	41	4
FUJI ELECTRIC NRNO/NRY22001	4 Si-diodes	110	84
SAPHYMO	1 Si strip	270	228
THERMO ELECTRON EPD-N2	3 Si-diodes	108	152
Pre-commercial			
PTB DOS-2002	1 Si-diode	150	157
GSF neutron dosimeter	3 Si-diodes	220	110
RADOS DIS-N	DIS	35	10
University of Munich Amira	TEPC	400	409
SSD Pisa Prototype	Superheated drop Bubble	800	1170

## Dosimétrie opérationnelle : *application à la radiologie interventionnelle*

➔ Comportement des dosimètres opérationnels en champ pulsé



Parameter	Range
High peak voltage	50-120 kV
Intensity	5-1000 mA
Inherent Al equivalent filtration	4.5 mm
Additional Cu filtration	0.1 - 0.9 mm
Pulse duration	1 - 20 ms
Pulse frequency	1 - 30 s <sup>-1</sup>
Dose equivalent rate in the direct beam (table)	2 to 360 Sv.h <sup>-1</sup>
Dose equivalent rate in the scattered beam (operator - above the lead apron)	5.10 <sup>-3</sup> to 10 Sv.h <sup>-1</sup>



ORAMED: Optimization of RAdiation protection of MEDical staff  
Coordination : Filip Vanhavere (SCK•CEN - Belgique)

<http://www.oramed-fp7.eu>

# Dosimétrie opérationnelle : *application à la radiologie interventionnelle*

Tests de plusieurs dosimètres (champs continus et pulsés)



**MGPi  
DMC2000XB**



**Thermo  
EPD Mk2.3**



**Dosilab  
EDM III**



**Polimaster  
PM1621A**

Pas de signal  
en champ  
pulsé  
(détecteur  
Geiger-Muller)



**Rados  
DIS-100**

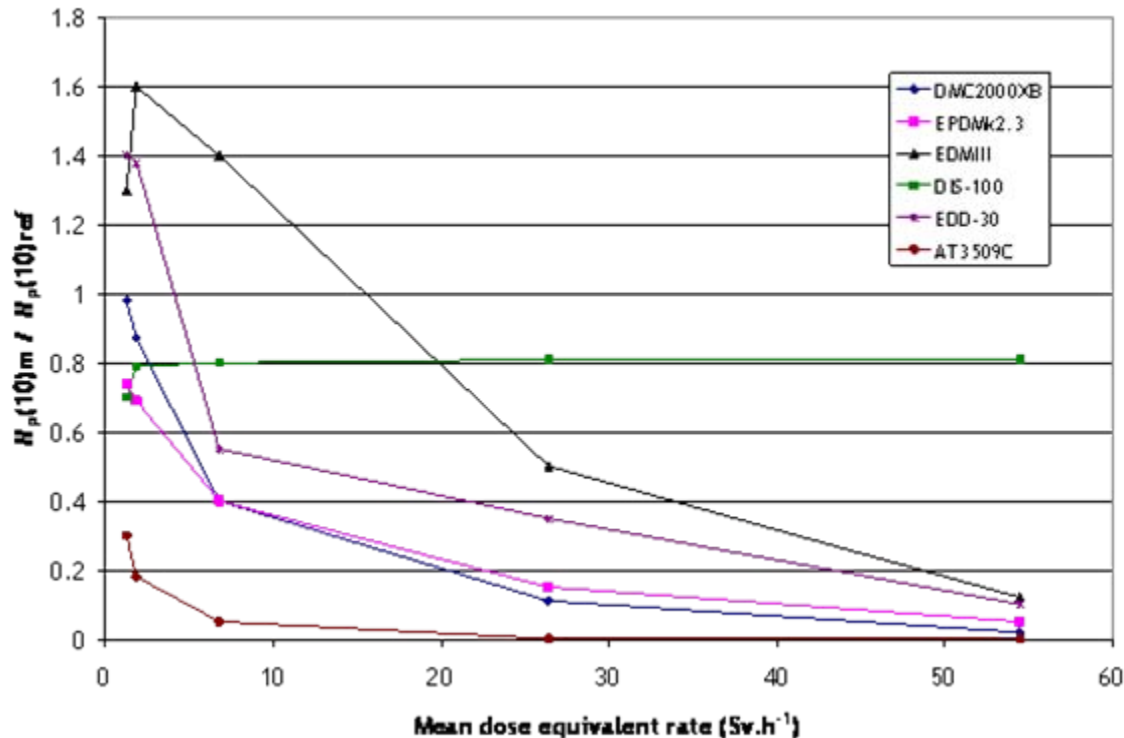


**Unfors  
EDD 30**



**Atomtex  
AT3509C**

## Dosimétrie opérationnelle : *application à la radiologie interventionnelle*



Réponse en champ pulsé

- Réponse proche de 1 pour des débits de dose < 2 Sv.h<sup>-1</sup> mais sous-estimation au-dessus de cette valeur, d'autant plus importante que les débits sont élevés
- La réponse de tous les dosimètres varie de 30% en moyenne dans la gamme de fréquence de 1 à 20 s<sup>-1</sup>
- En conditions réelles d'utilisation, sous-estimation des dosimètres électroniques (de 20 à 35%) par rapport aux dosimètres passifs

# Les intercomparaisons

## Les intercomparaisons réglementaires nationales

Conformément au décret n° 2003-296 du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants et plus particulièrement aux dispositions de l'arrêté du 6 décembre 2003 relatif aux conditions de délivrance du certificat et de l'agrément pour les organismes en charge de la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants - version consolidée au 29 décembre 2007 par l'arrêté du 21 décembre 2007, l'IRSN est chargé d'organiser au moins tous les 3 ans une intercomparaison des résultats dans le but de vérifier la qualité des mesures de l'exposition.



Intercomparaison 2010 en cours à l'IRSN  
Rapport de synthèse

# Les intercomparaisons

## Les intercomparaisons internationales

### AIEA - EURADOS :

Dosimétrie active (2007) (*IAEA-TECDOC-1564*)

### EURADOS (Contrat CONRAD) :

Dosimétrie active en radiologie interventionnelle (2007)

### EURADOS (Working group 2)

Dosimétrie passive :

- Extrémités (2007)
- Corps entier (2009)
- *Neutrons (201?)*

International Atomic Energy Agency. *Intercomparison of personal dose equivalent measurements by active personal dosimeters*. Final Report of a joint IAEA EURADOS Project. IAEA Report IAEA-TECDOC-1564 (Vienna: IAEA) (2007)

Ginjaume, M., Bolognese-Milsztajn, T., Luszik-Bhadra, M., Vanhavere, F., Wahl, W., and Weeks, A. *Overview of active personal dosimeters for individual monitoring in the European Union* Radiat. Prot. Dosim. 125(1-4), 261-266 (2007).

Clairand, I., Struelens, L., Bordy, J-M., Daures; J., Debroas, J., Denozieres, M., Donadille, L., Gouriou, J., Itié, C., Vaz, P. and d'Errico, F. *Intercomparison of active personal dosimeters in interventional radiology*. Radiat. Prot. Dosim. 129 (1-3), 340-345 (2008).

## Conclusion

Les différents dosimètres passifs aujourd'hui proposés par les laboratoires agréés présentent des performances globalement satisfaisantes.

Parallèlement, il existe sur le marché de multiples modèles de dosimètres électroniques susceptibles de couvrir les besoins associés à la dosimétrie opérationnelle.

Il convient néanmoins que l'utilisateur définisse correctement ses besoins et n'utilise pas ces dosimètres comme des « boîtes noires ».

Le choix des techniques passives et opérationnelles doit résulter d'une analyse aussi fine que possible des postes de travail.