

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Etude de poste en radiologie conventionnelle et interventionnelle

L. Donadille, J.L. Rehel, J.M. Deligne, F. Queinnec, B. Aubert,
J.F. Bottollier Depois, I. Clairand, J.R. Jourdain, A. Rannou

Cadre réglementaire

→ Arrêté du 15 mai 2006

relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont imposées

↳ Étude de poste de travail

Objectifs d'une étude de poste de travail

- Délimitation des zones réglementées
- Classement des travailleurs
- Détermination des moyens de protection
- Choix des moyens de surveillance dosimétrique les plus adaptés

Étude de poste de travail en radiologie : l'environnement



Dispositif médical de type
« suspension plafonnière »



Mammographe



Dispositif médical de type « table et
suspension plafonnière »



Arceau mobile de bloc opératoire



Cardiologie (détecteur
plan)



Dispositif médical de type « table
télécommandée »

Méthodologie : Préparation (1)

Description de l'installation

- Identifier les caractéristiques :
 - ✓ du générateur (puissance, fréquence,...)
 - ✓ du tube à rayons X (type, anode, foyer, filtrations inhérente et additionnelle)
 - ✓ des détecteurs (intensificateur d'image, détecteur plan, plaque photostimulable...)
- Détermination du type de dispositif médical (dispositif vasculaire biplan, table télécommandée...)
- Identification du mode d'exposition
 - ✓ rayonnement direct : source provenant directement du tube
 - ✓ rayonnement diffusé: la source étant le patient ainsi que les accessoires (table)
- Schéma à l'échelle de l'implantation radiologique



Méthodologie : Préparation (2)

Évaluation des tâches réalisées dans l'installation

- Identification du personnel concerné (manipulateur, médecins, infirmière, physiciens (PSPRM), techniciens, stagiaire...).
- **Évaluation du temps de présence du personnel concerné au poste de travail.**
- Caractérisation des différentes procédures radiologiques réalisées à l'aide du dispositif médical.
- Quantification de l'activité radiologique sur une période représentative (semaine, mois,...).
- Sélection des tâches
- Extrapolation de l'activité sur 1 an.



Méthodologie : Préparation (3)

Évaluation des tâches réalisées dans l'installation

- **Caractérisation des différentes procédures radiologiques réalisées à l'aide du dispositif médical selon :**
 - ✓ leur fréquence de réalisation dans un même poste,
 - ✓ leur type d'acquisition (radioscopie analogique ou numérique, radiographie, soustraction d'images) en y associant une valeur de dose ou de débit de dose à une distance de référence,
 - ✓ des paramètres de réalisation :
 - *haute tension*
 - *charge ou courant et temps d'exposition*
 - *Filtration*
 - ✓ la position du (des opérateurs) par rapport au volume de diffusion (distance opérateur/patient)

Méthodologie : Evaluation de la dose (1)

Sélection des tâches

- Sélectionner l'ensemble des tâches les plus représentatives, en particulier les plus irradiantes ou les plus fréquentes de façon à couvrir l'ensemble de l'exposition dans le poste



→ Position :

- des opérateurs
- des manipulateurs
- des anesthésistes
- des infirmières...

→ Position des mains des opérateurs par rapport au faisceau direct et au volume diffusant

En radiologie conventionnelle et interventionnelle, la position des différents personnels dépend, entre autre, du type d'examen radiologique réalisé, de la région anatomique explorée, des incidences multiples ainsi que du type d'acquisition (radioscopie et radiographie).

Méthodologie : Evaluation de la dose (2)

Mode opératoire

- Analyse des résultats de surveillance dosimétrique et d'éventuelles études antérieures
- **Réalisation de mesures :**
 - ✓ en équivalent de dose ambient $H^*(10)$ à la position du travailleur, par exemple :
 - à proximité du patient,
 - avec ou sans équipement de protection collective (bas-voilet, suspension plafonnière, derrière le paravent)
 - avec ou sans protection individuelle,
 - dans des conditions anormales (absence de protection, porte anormalement ouverte).
 - ✓ en équivalent de dose individuel aux extrémités et aux cristallins
- Extrapolation, analyse et classification
- Recommandations dans le cadre de l'optimisation



Méthodologie: Evaluation de la dose (3)

Réalisation de mesures

- d'une part, s'assurer que les dosimètres utilisés permettent d'obtenir l'information pertinente (gamme d'énergie et de dose, temps de réponse,...) et,
- d'autre part, veiller à utiliser ces informations de façon satisfaisante.
- La **chambre d'ionisation de grand volume**



- Le **dosimètre thermoluminescent** placé dans une bague, ou mieux à l'extrémité d'un doigt



Position des opérateurs en radiologie conventionnelle : adulte (A) et pédiatrie (P)

Examens radiologiques	Derrière paravent	A proximité du patient	Extrémités exposées
Mammographie	A	-	-
Poumons	A/P	P	-
Rachis	A/P	P	-
Bassin	A/P	P	-
Genoux	A/P	P	-
Epaules	A/P	P	-
TOGD	A/P	A/P	A/P
HSG	A	A	A
Cystographie	A/P	A/P	A/P

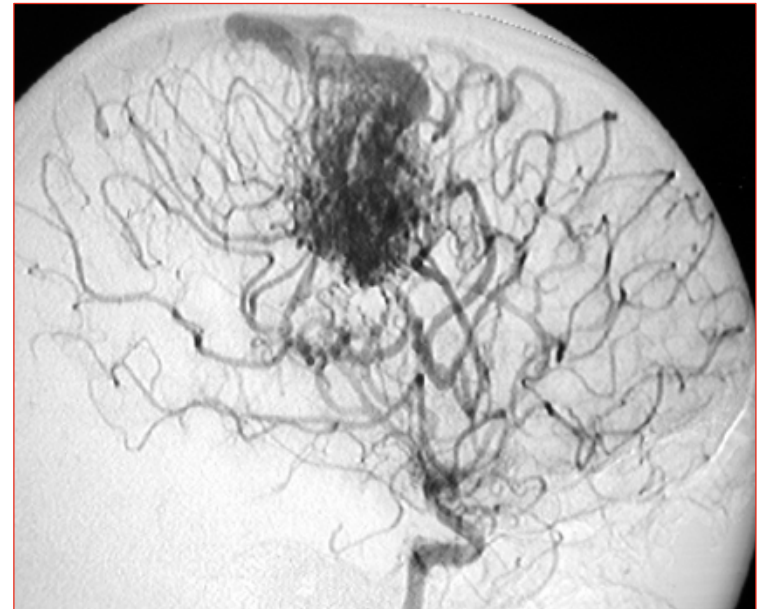
Position des opérateurs en radiologie interventionnelle : éloignée ou rapprochée

RAPPROCHEE



Vasculaire abdominal (voie transpariétale)

DISTALE



Vasculaire cérébral (voie fémorale)

La position de l'opérateur dépend de la voie d'abord vasculaire

Procédures et valeurs indicatives d'équivalents de dose et de débits d'équivalent de dose en radiologie conventionnelle - rayonnement diffusé

Procédure	Incidence	Paramètres		0,5 m du diffuseur (sans protection)		<i>Derrière paravent 2,1 mm équivalent Pb (2,5 m du diffuseur)</i>	
		<i>Hte tension (kV)</i>	<i>Charge (mAs)</i>	<i>H*(10) (μSv)</i>	<i>dH*(10)/dt (μSv/h)</i>	<i>H*(10) (μSv)</i>	<i>dH*(10)/dt (μSv/h)</i>
Radiographie pulmonaire	face	115	3	1	3x10 ³	[0-10]x10 ⁻³	BF(*)
Rachis lombaire	face	70	40	2	5x10 ³	[0-10]x10 ⁻³	BF
	profil	80	100	3,5	15x10 ³	[10-20]x10 ⁻³	[20-30]
	face debout	84	130	6	22x10 ³	[10-20]x10 ⁻³	[20-30]
Abdomen sans préparation	face	70	30	1,5	3,6x10 ³	[0-10]x10 ⁻³	BF
Bassin	face	70	50	2,5	4,5x10 ³	[0-10]x10 ⁻³	BF

* BF: bruit de fond

Valeurs indicatives de débits d'équivalent de dose « instantané » en radiologie interventionnelle

Nombre d'images par seconde	Champ (cm) du détecteur	Distance du diffuseur (m)	Filtration additionnelle (mm Cu)	$dH^*(10)/dt$ (mSv/h sans EPI) 0,5 m du diffuseur
<u>Radioscopie de face, DFD = 105 cm</u>				
30	48	0,5	0,3	8
30	22	0,5	0,3	3
<u>Radiographie de face, DFD = 105 cm</u>				
3	48	0,5	0,1	76
3	22	0,5	-	37
<u>Radiographie de profil, DFD = 110 cm</u>				
3	48	1	-	212
3	42	1	-	97

Attention à la notion de débit d'équivalent de dose instantanée

APPLICATION A LA RADIOLOGIE MEDICALE



Radioscopie : Variation des débits de dose en fonction de la régulation des kV et des mA

Paramètres moyens d'acquisition :

Haute tension (kV)	Intensité (mA)	Durée émission (ms)	Filtration	Cadence (images/s)	Ø champ (cm)
66	33	8	0,2 mm Cu	30	22

↳ 3 niveaux de radioscopie :

Chaque niveau de radioscopie est lié à une courbe de régulation automatique (kV, mA)

Courbe de régulation	faible débit	débit standard	débit élevé
Débit d'équivalent de dose ambiant en mSv/h à 0,5 mètre (niveau poitrine opérateur)	1,4	2,6	3,2

Attention : en débit standard, le débit de dose dans le diffusé sera 2 fois plus élevé si le diamètre du champ du détecteur utilisé est de 42 cm.

Radioscopie : Variation des débits de dose en fonction des cadences d'image (scopie pulsée)

Paramètres moyens d'acquisition:

Haute tension (kV)	Intensité (mA)	Durée d'émission (ms)	filtration	Ø champ (cm)	Courbe de régulation
66	33	8	0,2 mm Cu	22	Débit standard

↳ plusieurs cadences d'images par niveau de radioscopie (scopie pulsée) :

Les cadences d'images associées à chaque niveau de radioscopie, peuvent être comprises (suivant les appareils) entre 0,5 et 30 images/s

Cadence (images/s)	10	15	30
Débit d'équivalent de dose ambient en mSv/h à 0,5 mètre (niveau poitrine opérateur)	0,8	1,3	2,6

Radiographie : Exemple de débits de dose instantanés

Paramètres moyens d'acquisition:

Haute tension (kV)	Intensité (mA)	Durée d'émission (ms)	Cadence d'image	Ø champ (cm)	Courbe de régulation
64	600	83	3 i/s	22	Débit standard

Equipements de protection collective	Débit d'équivalent de dose ambiant à 0,5 mètre (niveau poitrine opérateur)	
	niveau poitrine	niveau gonades
Sans bas-volet et vitre	26 mGy/h	90 mGy/h
Avec bas-volet et vitre	13 mGy/h	2,9 mGy/h

Doses aux extrémités et aux cristallins en radiologie interventionnelle biliaire

Certains opérateurs dépassent la dose équivalente annuelle aux extrémités (500 mSv) en réalisant moins de 100 examens.

Doses délivrées aux extrémités et aux cristallins au cours d'un drainage biliaire			
Zone exposée	Index Dt (mGy)	Index Gche (mGy)	Cristallins (mGy)
<i>Minimum</i>	0,2	0,15	0,12
<i>Maximum</i>	1,6	6,4	0,4
<i>Moyenne</i>	1	2.6	0,2

La catégorisation A des opérateurs en radiologie interventionnelle peut être déterminée à partir de l'évaluation des doses délivrées aux extrémités.

Classification et zonage en radiologie conventionnelle

En 1 heure,

5 radiographies pulmonaires et 6 radiographies lombaires

→ Dose efficace totale de 41 μSv pour un travailleur à 50 cm du diffuseur.

→ Le travailleur se trouve donc en zone contrôlée jaune.

limite de la zone contrôlée jaune: $50 \text{ cm} \times \sqrt{41 \mu\text{Sv} / 25 \mu\text{Sv}} = 64 \text{ cm}$

limite de la zone contrôlée verte: $50 \text{ cm} \times \sqrt{41 \mu\text{Sv} / 7,5 \mu\text{Sv}} = 1,17 \text{ m}$

Dans ce cas, la salle de radiologie peut être classée en zone surveillée, à l'exclusion d'un périmètre localisé à 1,17 m du diffuseur.

Le manipulateur en électro-radiologie médicale, dans les conditions de travail normales, se trouve derrière le paravent plombé. Une classification en catégorie B peut être proposée au chef d'établissement.

Classification et zonage en radiologie interventionnelle

cas d'une embolisation utérine (durée de l'ordre de 50 min.)

radioscopie (15 impulsions par seconde) : 40 min. soit une dose efficace 1,27 mSv

radiographie (3 images par seconde) : 2 min. soit une dose efficace 1,23 mSv

→ *La dose efficace totale égale à 2,5 mSv.*

→ *L'opérateur est en zone contrôlée orange*

limite de la zone contrôlée orange:

$$50 \text{ cm} \times \sqrt{2,5 \text{ mSv} / 2 \text{ mSv}} = 0,56 \text{ m}$$

limite de la zone contrôlée jaune:

$$50 \text{ cm} \times \sqrt{2,5 \text{ mSv} / 0,025 \text{ mSv}} = 5 \text{ m}$$

limite de la zone contrôlée verte:

$$50 \text{ cm} \times \sqrt{2,5 \text{ mSv} / 0,0075 \text{ mSv}} = 9,13 \text{ m}$$

Recommandations pour le calcul du débit d'équivalent de dose en zone réglementée : exemple en radiologie vasculaire

2 mSv en 1 h → zone contrôlée jaune
100 mSv en 1 h → zone contrôlée orange

- *C la charge hebdomadaire exprimée en mA.mn/sem.*
 - *I la valeur de l'exposition de l'opérateur(en μSv) à son poste de travail*
 - *m la charge en mAs nécessaire la réalisation d'une image*
- Soit l'exposition hebdomadaire de l'opérateur :*
- $$H \text{ semaine} = I \times (C/m) \times 60$$

Exemple en radiologie interventionnelle:

- 6000 mAs graphie + 24000 mAs en scopie et 20 actes/semaine = 600 000 mAs/sem.
donc $C = 10\,000 \text{ mA.min/sem}$
- Une mesure à 50 cm pour 70 mAs donne 21 μSv .
- D'où $H \text{ semaine} = 21 \times (10\,000/70) \times 60 = 180\,000 \mu\text{Sv}$
soit $H \text{ en 1 heure} = 180\,000/40 = 4,5 \text{ mSv en 1 heure donc zone orange.}$

L'opérateur en **vasculaire diagnostique** conduirait à une charge intermédiaire de l'ordre de **4000 mA.mn**, et donc **une zone jaune et un débit en 1 h < 2 mSv.**

Conclusions

L'étude de poste de travail en radiologie et en particulier en interventionnelle est complexe.

Elle nécessite :

- Phase d'observation
- Connaissance
 - des procédures radiologiques
 - des équipements radiologiques
 - des paramètres techniques d'acquisition
 - des moyens de mesure à mettre en œuvre

Elle dépend aussi, pour une même procédure:

- de l'opérateur (expérience, habileté,...),
- du patient.

Dans ces conditions, l'étude de poste de travail en radiologie conventionnelle et interventionnelle permettra d'identifier les vraies situations à risque, d'adapter au mieux les moyens de protection, de surveillance et de faire des recommandations en matière d'optimisation.