

The logo for IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire) is located in the top left corner. It consists of the letters 'IRSN' in a bold, sans-serif font, with 'IR' in red and 'SN' in blue.

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Guide pratique pour la réalisation des études dosimétriques de postes de travail présentant un risque d'exposition aux rayonnements ionisants : un exemple en médecine nucléaire

J.L. Rehel, L. Donadille, J.M. Deligne, B. Aubert

Journée SFRP Etudes de poste et radioprotection
Union internationale des chemins de fer, le 9 novembre 2010

Plan

1. Contexte
2. Objectifs de l'étude de poste : rappels
3. Méthodologie : problématique de l'évaluation de la dose
4. Exemple de calculs
5. Cas concret
6. Conclusion

Contexte réglementaire

- **L'employeur** doit procéder à une analyse des postes de travail
 - **L'étude dosimétrique** de postes de travail constitue **l'un des éléments incontournables** de cette analyse lorsque les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des rayonnements ionisants.
- **L'IRSN propose un guide pratique (recommandations et méthodologie pratique) ⇒ www.irsn.fr**

➤ Fiche n°3 : médecine nucléaire

Des données complémentaires sont fournies pour la réalisation d'une étude de poste de travail dans un service de médecine nucléaire à savoir :

- les principaux radionucléides utilisés, leurs caractéristiques radioactives et leurs domaines d'applications cliniques,
- des doses et débits de dose ainsi que des niveaux de contamination sont également précisés.

Nota : Les valeurs étant fournies à titre indicatif. Elles ont pour principal objet de servir d'appui aux exemples de classification des travailleurs et de délimitation des zones de travail choisis.

Objectifs de l'étude de poste : rappels

Fournir à l'employeur les éléments nécessaires pour :

- ✓ procéder à l'évaluation prévisionnelle des doses dans des conditions normales de travail,
- ✓ appliquer les coefficients de dose adéquats en cas de risque d'inhalation ou d'ingestion de radionucléides,
- ✓ mettre en place et évaluer l'efficacité des consignes et des équipements de protection individuelle et collective,
- ✓ délimiter les zones de travail (ZS, ZC),
- ✓ déterminer le classement des travailleurs (NE, B, A),
- ✓ compléter la fiche d'exposition (surveillance médicale et fiche d'aptitude),
- ✓ adapter les techniques dosimétriques aux conditions d'exposition et définir les modalités de surveillance dosimétrique individuelle,
- ✓ apporter les données nécessaires à l'optimisation de l'exposition des travailleurs.

Proposition de méthodologie

Problématique de l'évaluation de la dose

- Dans des **conditions normales** de travail (fonctionnement normal).
- Par **mesure et/ou calcul**, mais aussi historique dosimétrique, littérature, études auprès de postes similaires.
- ✓ **Cartographie des débits d'équivalents de dose**
 - En des **points occupés par les travailleurs**
 - En divers points dans les locaux pour établir **la cartographie dosimétrique des locaux**
- ✓ **Niveaux de contamination**
 - **Contamination atmosphérique** (Bq.m^{-3}): à la position des travailleurs,
 - **Contamination surfacique** (Bq.m^{-2}): pour toute surface susceptible d'être contaminée,
 - Difficultés : mesure (matériel, étalonnage).
- ✓ **Dose associée à chaque tâche**
 - La dose au poste de travail correspond à la somme des doses associées à chaque tâche.
 - En première approximation, **considérer les tâches contribuant *a priori* à l'essentiel de la dose.**
 - **Exposition externe**: débits d'équivalents de dose et dose intégrée sur l'ensemble de la tâche
 - **Exposition interne**: l'inhalation est la voie la plus probable d'incorporation

Des conditions anormales de travail plausibles peuvent également être considérées

Exemple de calculs (1)

CALCUL DE DOSE EFFICACE ENGAGÉE

RAPPEL:

$$E \text{ (Sv)} = DPUI \text{ (Sv.Bq}^{-1}\text{)} \times C \text{ (Bq.m}^{-3}\text{)} \times V \text{ (m}^3\text{.h}^{-1}\text{)} \times T \text{ (h)},$$

où E est la dose efficace engagée, C l'activité volumique dans l'air, V le débit respiratoire du travailleur et T le temps de présence au poste de travail.

Soit un examen de ventilation pulmonaire (^{99m}Tc) en salle de gamma-caméra donnant lieu à une contamination atmosphérique évaluée à 1400 Bq.m^{-3} :

- en considérant une DPUI de $1,2 \times 10^{-11} \text{ Sv.Bq}^{-1}$ (cf. tableau 3.1 de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003), un débit respiratoire de $1,2 \text{ m}^3\text{.h}^{-1}$ et un temps de présence de l'opérateur de 800 h, la dose efficace engagée est égale à :

$$\underline{1,2 \times 10^{-11} \text{ Sv.Bq}^{-1} \times 1400 \text{ Bq.m}^{-3} \times 1,2 \text{ m}^3\text{.h}^{-1} \times 800 \text{ h} = 16 \text{ } \mu\text{Sv.}}$$

Exemple de calculs (2)

CLASSIFICATION

Soit un service réalisant des scintigraphies au ^{99m}Tc .
(25 examens/manip.semaine⁻¹).

Pour les calculs ont été retenues les hypothèses suivantes :

- 43 semaines travaillées par an,
- l'administration du radiopharmaceutique au patient dure 1 min,
- l'opérateur est à 30 cm du patient durant 2 min,
- les activités administrées sont égales à 700 MBq de ^{99m}Tc par patient en moyenne.

Evaluation la dose efficace et de la dose équivalente aux mains qu'un manipulateur est susceptible d'intégrer sur une année de travail pour cette application

Type d'exposition	Tâche	Calcul pour les applications avec ^{99m}Tc
Externe corps entier	Administration	$3 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \times 700 \text{ MBq} / 1000 \text{ MBq}$ $\times 1 \text{ min} / 60 \times 25 \text{ patients} \times 43 \text{ semaines}$ $= 38 \mu\text{Sv}$
	Soins au patient	$121 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \times 700 \text{ MBq} / 1000 \text{ MBq}$ $\times 2 \text{ min} / 60 \times 25 \text{ patients} \times 43 \text{ semaines}$ $= 3035 \mu\text{Sv}$
Contamination par inhalation	Durant un examen de ventilation pulmonaire	$1400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3} \times 1,2 \times 10^{-11} \text{ Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ $\times 1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \times 800 \text{ h}$ $= 16 \mu\text{Sv}$
Externe extrémités	Préparation + Administration	$(0,1+0,1) \mu\text{Sv} \cdot \text{MBq}^{-1} / 1000 \times 700 \text{ MBq}$ $\times 25 \text{ patients} \times 43 \text{ semaines}$ $= 150 \text{ mSv}$

Exemple de calculs (3)

ZONAGE

Soit une salle de caméra à scintillations dans laquelle, par heure, sont réalisées 2 scintigraphies osseuses (^{99m}Tc , 700 MBq) et une chambre d'hospitalisation (irathérapie) dans laquelle est hospitalisé un patient auquel 3,7 GBq de ^{131}I ont été administrés.

Salle de caméra à scintillations :

A 1 m du patient, le débit d'équivalent de dose est de :

$21 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \times 700 \text{ MBq}/1000 \text{ MBq} = 14,7 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ pour 700 MBq injectés, soit un équivalent de dose de $14,7 \mu\text{Sv}$ intégrée en 1 h pour 2 patients, chacun d'entre eux restant au plus 30 min.

La limite entre les zones surveillée et contrôlée est donc localisée à 1,4 m de la source radioactive (le patient), entre zones contrôlée et spécialement réglementée jaune à 0,77 m du patient. En pratique la zone contrôlée pourra être étendue à l'ensemble de la salle.

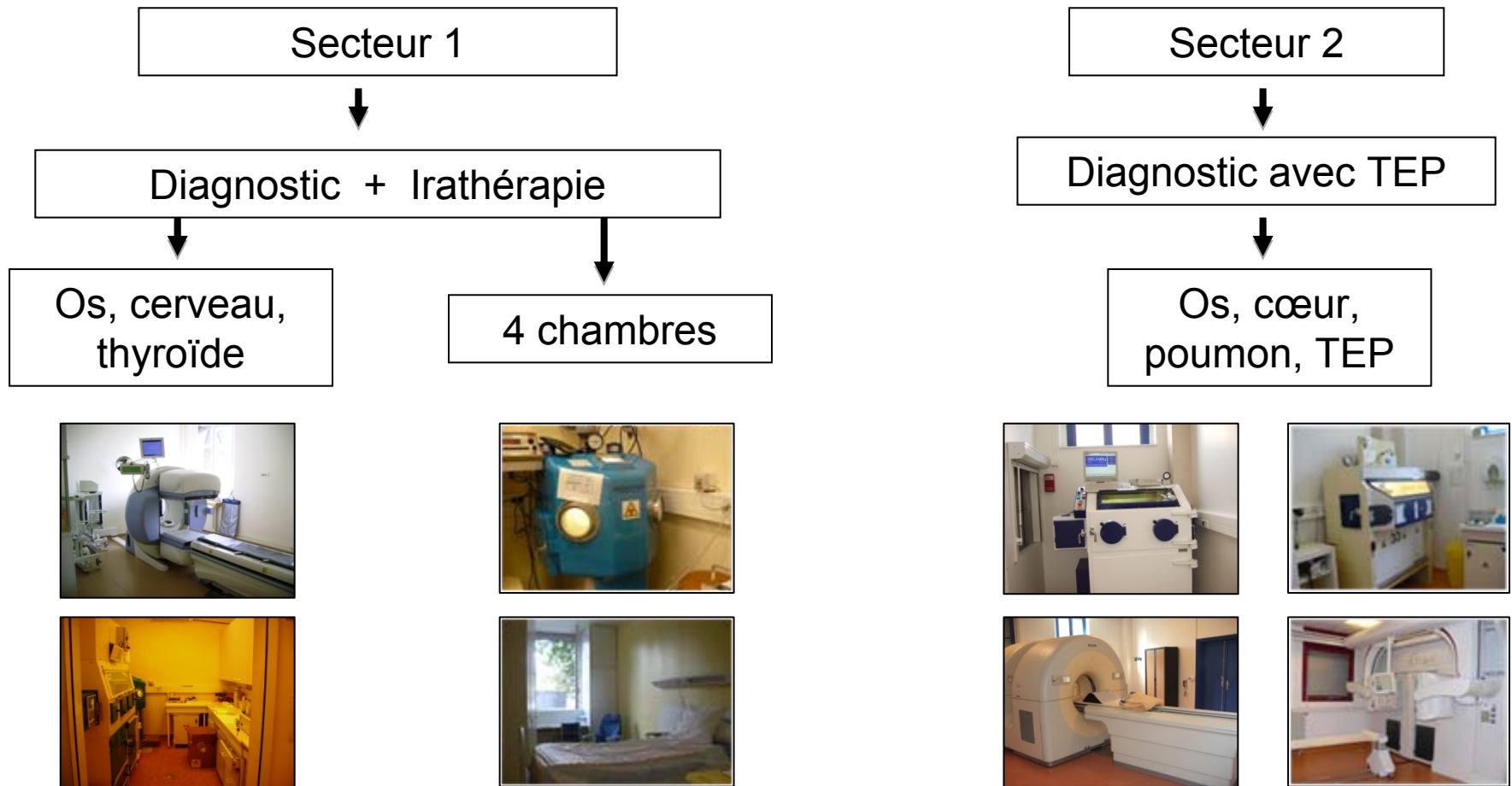
Chambre d'irathérapie :

A 1 m du patient, le débit d'équivalent de dose est de : $175 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ pour 3,7 GBq administrés, soit un équivalent de dose de $175 \mu\text{Sv}$ susceptible d'être intégré en 1 h.

La limite entre zones contrôlée et spécialement réglementée jaune est à 2,65 m du patient. La limite entre zones spécialement réglementées jaune et orange est extrapolée à 0,30 m du patient.

En pratique, la chambre pourra être classée en zone spécialement réglementée jaune, avec une zone orange supplémentaire restreinte au lit du patient.

Le service de médecine nucléaire



Matériel utilisé et méthode (2)

✓ Etude de contamination atmosphérique

■ Préleveurs et filtres

- Débit d'aspiration = 1,5 m³/h
- Durée de prélèvement : 1h30



■ Comptage par spectrométrie gamma

■ Calcul des doses efficaces engagées

$$E = d \times t_{travail} \times C \times h(g)$$

Radioéléments	h(g) (Sv.Bq ⁻¹)
¹³¹ I	2.10 ⁻⁸
^{99m} Tc	1,2.10 ⁻¹¹

Matériel utilisé et méthode (3)

✓ Etude de poste

■ Extrémités et cristallin

- Pastilles TLD (GR200; LiF:Mg,Cu)
- Extrémités : à chaque poste de travail, 1 semaine
- Cristallin : à chaque poste de travail, 1 semaine
- Lecture par le LDI



■ Corps entier

- Dosimètre électronique MGP 2000XB
- Etude à chaque poste de travail
- 1 semaine



■ Zonage

- Chambre d'ionisation Radcal 1800 cm³
- Détection des photons de 33 keV à 1,33 MeV
- Sensibilité : 1 μGy/h



$$R = \sqrt{\frac{De \times C}{Dl - Dc}}$$

R = rayon de la zone (m), De = dose à 1m due à l'exposition externe (μSv/h),
C = coefficient de présence de la source (sans unité), Dl = dose à la limite de
la zone (μSv/h), Dc = dose due à la contamination atmosphérique (μSv/h)

Résultats (1)

- ✓ Contamination atmosphérique
Services de diagnostic

Local	Contamination atmosphérique (Bq/m ³)	Dose efficace (μSv/an)
Salle d'injection	$^{99m}\text{Tc} = 8,19 \cdot 10^{-2}$	$4,7 \cdot 10^{-4}$
Attente chaude	$^{99m}\text{Tc} = 9,48 \cdot 10^{-2}$	-
Caméra n° 1	< LD	
Salle repos cerveau	< LD	
Caméra n° 2	< LD	
Local cuves	$^{131}\text{I} = 28,4$	-
Radiopharmacie	$^{99m}\text{Tc} = 5,19 \cdot 10^{-2}$	$1,49 \cdot 10^{-3}$
Caméra TEP	< LD	
Salle repos TEP	< LD	
Attente chaude	$^{99m}\text{Tc} = 2,4$	-
Salle d'injection	< LD	
Local cuves	< LD	
Radiopharmacie	< LD	
Caméra n° 3	< LD	

Résultats (2)

✓ Contamination atmosphérique Service d'hospitalisation

Local	Contamination atmosphérique (Bq/m ³)	Dose efficace (μSv/h)
Chambre 1	¹³¹ I = 279	6,7
Chambre 2	¹³¹ I = 528	12,6
Chambre 3	¹³¹ I = 293	7
Chambre 4	¹³¹ I = 225	5,4
Couloir	¹³¹ I = 539	13

↳ 14h de travail en zone par an par personne = 0,18 mSv/an/personne

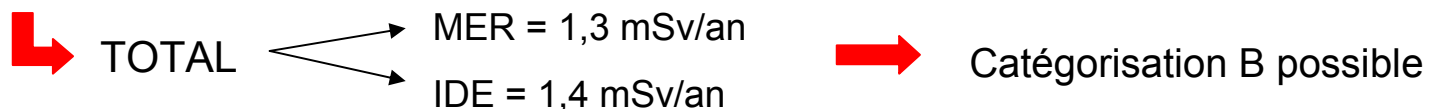
- Contamination atmosphérique en service de diagnostic assez faible
 - ↳ Dose efficace engagée annuelle < μSv
- Taux de contamination non négligeable en hospitalisation
 - ↳ Dose efficace engagée horaire ≈ dizaine de μSv

Résultats (3)

✓ Résultats dosimétriques

■ Corps entier

Poste	Dose efficace hebdomadaire ($\mu\text{Sv}/\text{semaine}$)	Projection à un an (52 semaines) (mSv/an)	Projection à un an pour un MER (mSv/an/MER)
Radiopharmacie + injection Secteur 2	35	1,82	MER = 0,028
			IDE = 1,4
Caméra n° 3	18,5	0,96	0,13
TEP	65	3,38	0,42
Radiopharmacie + injection secteur 1	47	2,44	0,49
Camera n° 1	5	0,26	0,046
Camera n° 2	27	1,40	0,17


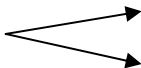



Résultats (4)

✓ Résultats dosimétriques

■ Cristallin

Poste	Dose equivalente (mSv/semaine)	Projection à un an (52 semaines) (mSv/an)	Projection à un an pour un MER (mSv/an/MER)
Radiopharmacie + injection Secteur 2	0,08	4,16	MER = 0,06
			IDE = 3,2
Caméra ° 3	0,16	8,32	0,5
TEP	0,19	9,88	0,6
Radiopharmacie + injection Secteur 1	0,16	8,32	1,7
Caméra ° 1	0,2	10,4	0,9
Caméra ° 2	0,26	13,52	0,8

 **TOTAL**  MER = 4,5 mSv/an
IDE = 3,2 mSv/an  **Catégorisation B possible**

Résultats (5)

✓ Résultats dosimétriques

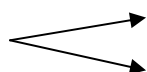
■ Extrémités

➤ valeur dosimétrique du doigt le plus exposé

Poste	Dose équivalente (mSv/semaine)	Projection à un an (52 semaines) (mSv/an)	Projection à un an pour un MER (mSv/an/MER)
Radiopharmacie + injection Secteur 2	2,9	151	MER = 1,7
			IDE = 116
Caméra n° 3	0,68	35	6,8
TEP	12	624	43
Radiopharmacie + injection Secteur 1	20,88	1086	217
Caméra n° 1	0,67	35	1,28



TOTAL



MER = 270 mSv/an

IDE = 116 mSv/an

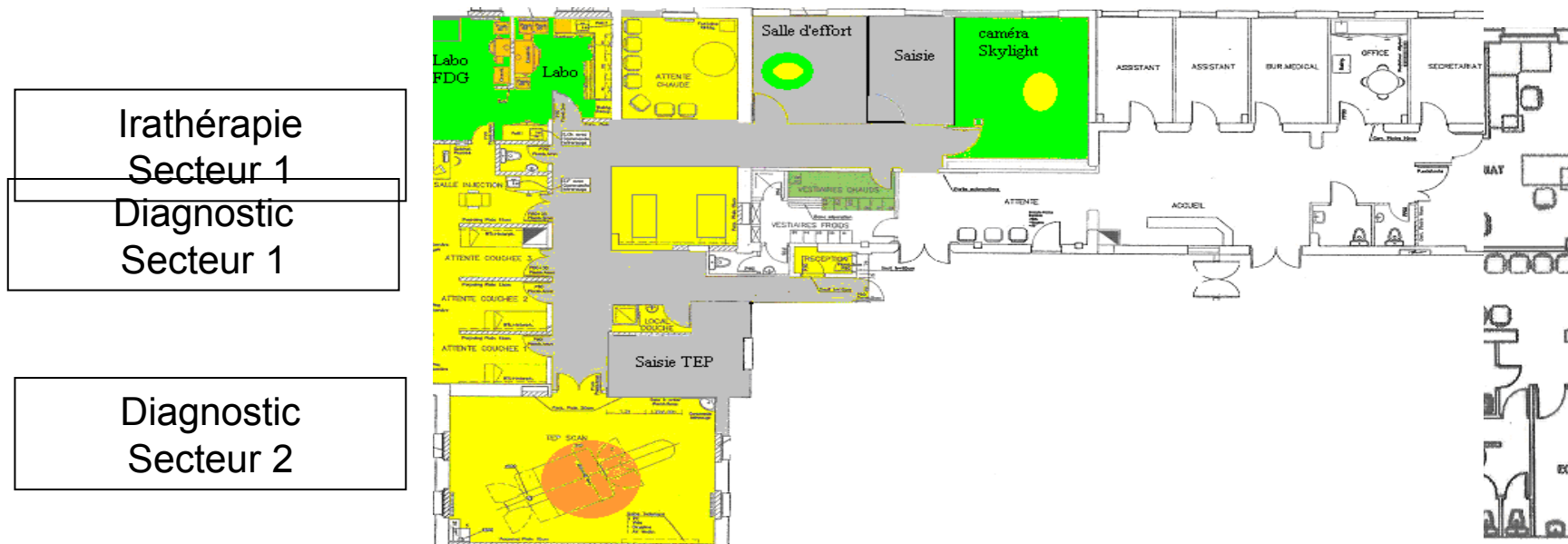


Catégorisation A

Résultats (6)

✓ Zonage

- Zonage actuel : zone contrôlée jaune → Surestimation du risque
- Proposition de zonage :
 - ↪ Basée sur l'heure la plus pénalisante
 - ↪ Contamination atmosphérique non prise en compte en service de diagnostic (car très faible)
 - ↪ Prise en compte de la contamination pour le service d'irathérapie



Conclusion

- Le guide IRSN ne propose qu'une aide méthodologique pour:
 - ✓ classer les travailleurs exposés,
 - ✓ délimiter les zones de travail,
 - ✓ procéder à l'optimisation de la radioprotection.

- Il fournit de plus des rappels et des recommandations sur d'autres points.

- Il est disponible sur le site www.irsn.fr

- Il a vocation à évoluer en fonction:
 - ✓ de la réglementation,
 - ✓ des fiches en projet (scanographie, radiothérapie externe)

Merci de votre attention.