

---

# UTC

Université Technologique de Compiègne

**RADIOPROTECTION**

**Règlementation**

**et**

**mise en application**



# QUELQUES RAPPELS DE BASE

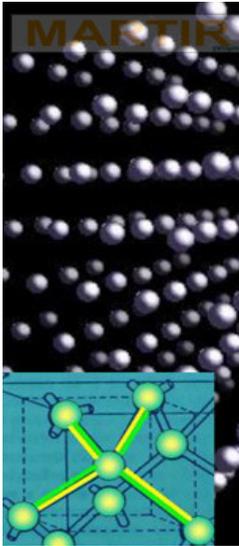




## La radioprotection



« ensemble des règles,  
des procédures  
et des moyens de prévention  
et de surveillance  
visant à empêcher ou à réduire  
les effets nocifs des rayonnements ionisants »  
sur les personnes et l'environnement



# INTERACTION DES RAYONNEMENTS IONISANTS AVEC LA MATIERE

PCR Co



Christophe LAUNAY et Frédéric  
GODART

# Définition

## Rayonnements directement ionisants

- Cas des particules chargées :  
 $e^-$  ( $\beta^-$   $\beta^+$   $\text{Cl}$ ),  $p$ ,  $\alpha$ , ions...

## Rayonnements indirectement ionisants

- Cas des ondes électromagnétiques  
photons X et  $\gamma$

# Les rayonnements directement ionisants

Ces particules ionisent directement les atomes du milieu.

Leur énergie va cependant diminuer le long de leur trajectoire au fur et à mesure des interactions (interaction → phénomène obligatoire → prévisible)

Ces particules ont un parcours fini dans la matière : **elles s'arrêtent.**

En pratique on peut donc s'en protéger facilement en interposant une épaisseur de matériau donné :

$\alpha$  

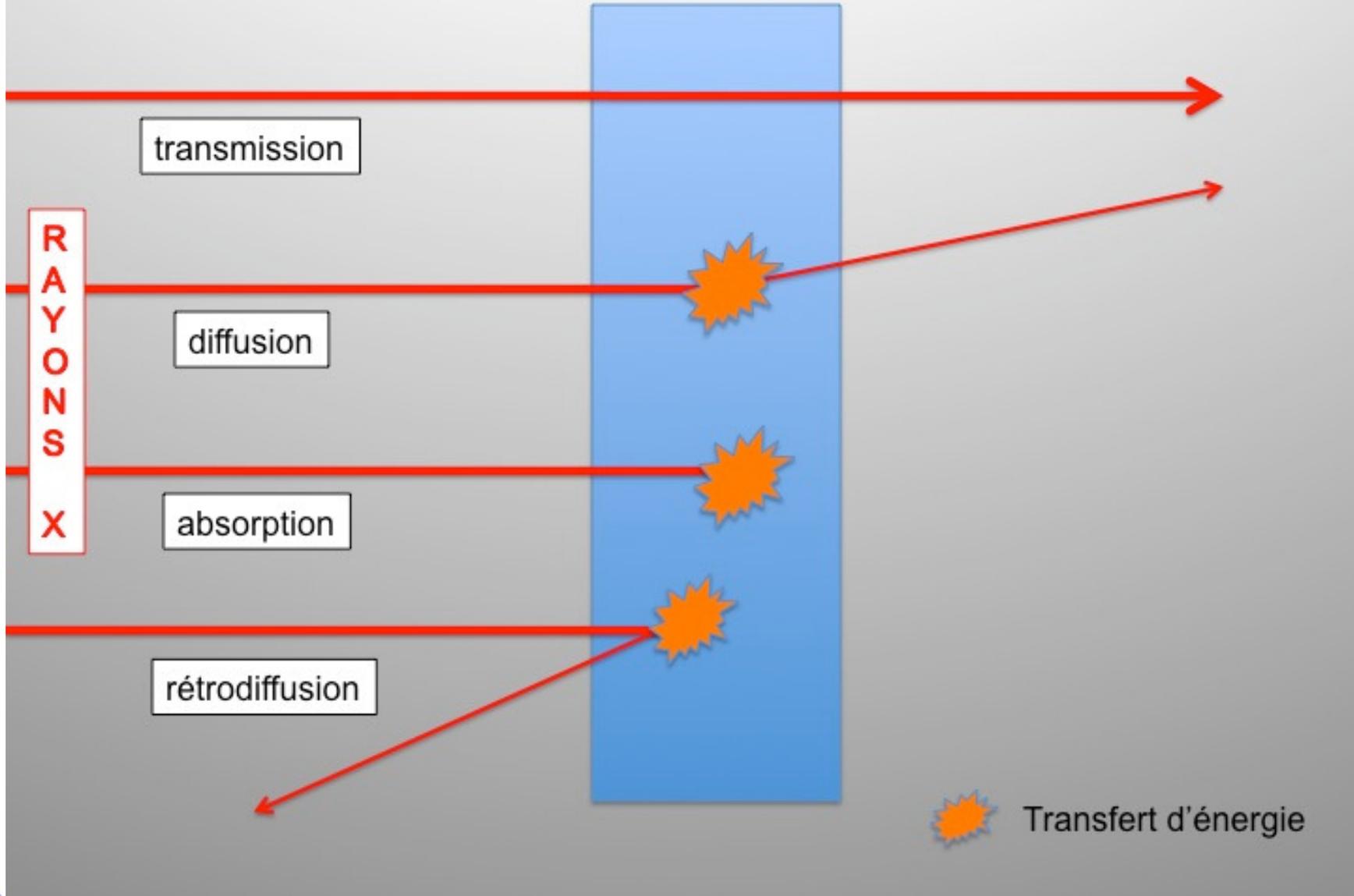
Quelques  $\mu\text{m}$  suffisent (l'épiderme protège suffisamment des contaminations externes de sources  $\alpha$ ).

$\beta$  

Quelques cm suffisent (2 cm de plexiglas suffisent dans la pratique pour se protéger).



# INTERACTIONS AVEC LA MATIERE



# Les rayonnements indirectement ionisants

Dans notre pratique médicale, ce sont les rayons X et  $\gamma$

	Origine	Moyen de production	Secteurs
<b>X</b>	Cortège électronique de l'atome	Tube radiogène Accélérateur linéaire Radionucléide	Radiologie ++ Radiothérapie ++ Médecine nucléaire -
<b><math>\gamma</math></b>	Noyau	Radionucléide	Médecine nucléaire ++

# Les rayonnements indirectement ionisants

Conséquences en radioprotection :

Les rayonnements indirectement ionisants ne s'arrêtent pas.

**Ils s'atténuent** (jusqu'à être négligeables)

Cette atténuation répond à un modèle mathématique exponentiel :

$$N_{(x)} = N_0 e^{-\mu x}$$

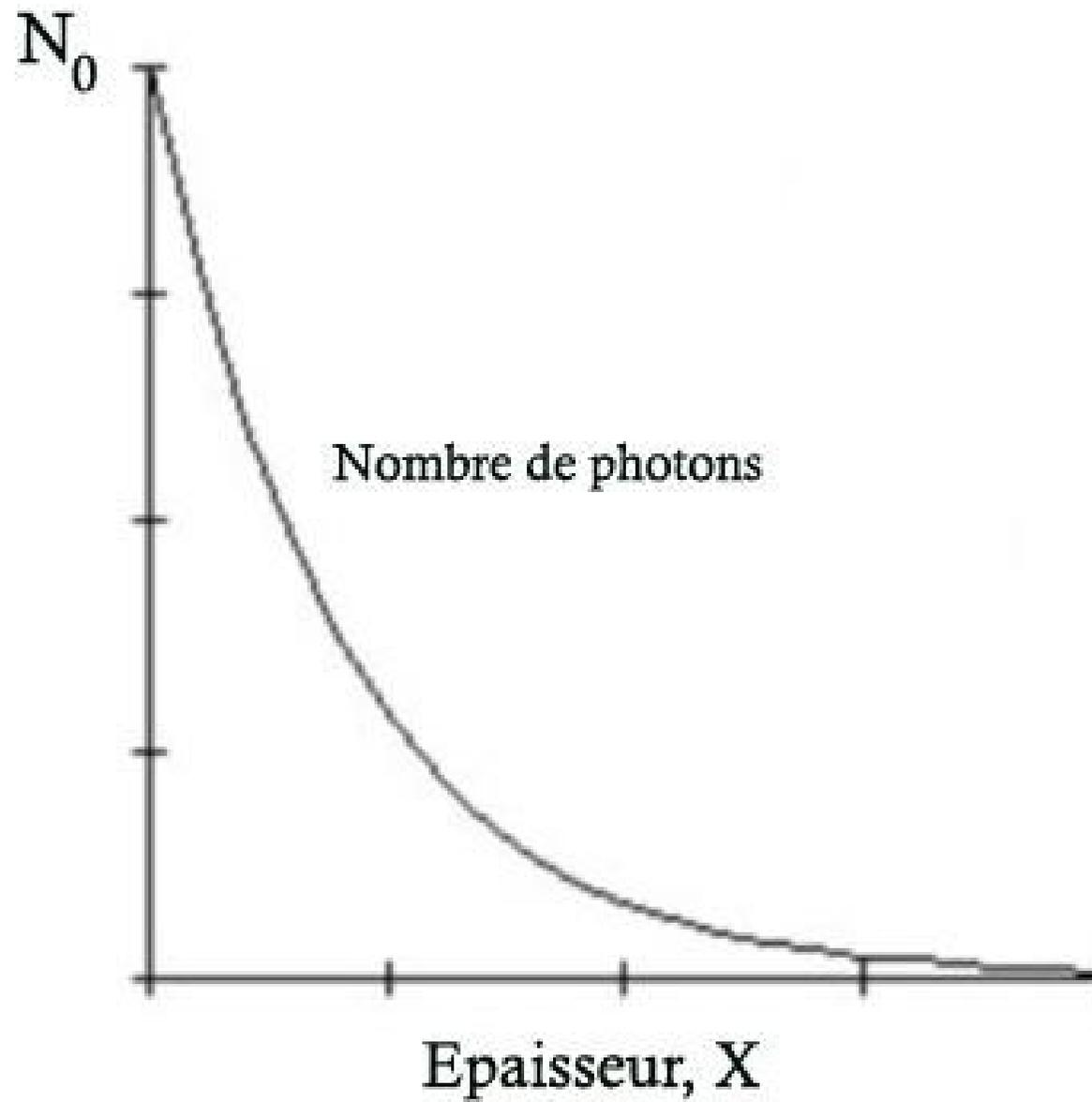
N : Nombre de photons à la distance x

$N_0$  : nombre de photons initiaux

$\mu$  : coefficient d'atténuation linéique en  $\text{cm}^{-1}$

(dépend de l'énergie du rayonnement et du matériau traversé)

x : épaisseur de matériau traversé



# BILAN

**Rayonnement directement ionisant**

Particules chargées :  $\alpha$   $\beta^+$   $\beta^-$   $e^-$   $p$

---

**Collision (Excitation/ionisation)**

**Freinage**

---

**ARRET**

**Rayonnement indirectement ionisant**

Rayonnement électromagnétique :  
Rayons X et  $\gamma$

---

**Effet photoélectrique**

**Effet Compton**

**Effet de production de paire**

---

**ATTENUATION**

# Définitions, grandeurs et unités

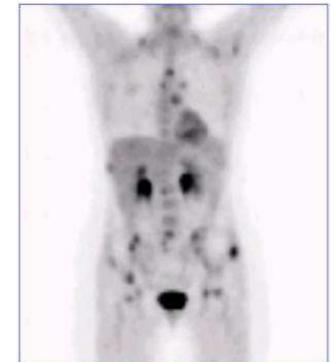
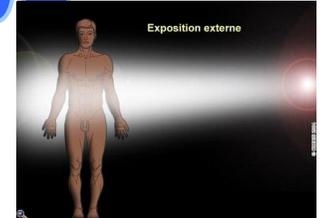
## Exposition

Toute personne soumise à des rayonnements ionisants subit une exposition.

Exposition interne, la source est à l'intérieur de l'organisme

Exposition externe, la source est à l'extérieur

- Globale (homogène)
- Partielle (une ou plusieurs parties exposées)
- Exposition totale = exposition interne et externe



# LES DOSES ET LEURS UNITES

- La Dose Absorbée (Symbole D) caractérise le dépôt local d'énergie des électrons secondaires

$$D = dE_{ab} / dm, \text{ en } \underline{\text{mGy}}$$



- 1 Gy = 1 J absorbé / kg de matière
- La dose absorbée est définie en un point, qui peut être en surface ou en profondeur

# LES DOSES ET LEURS UNITES

- La Dose Equivalente (Symbole H, dose organe) pondère la dose absorbée d'un facteur lié au rayonnement (Symbole  $W_r$ )
- Elle s'exprime en Sievert (Symbole Sv)

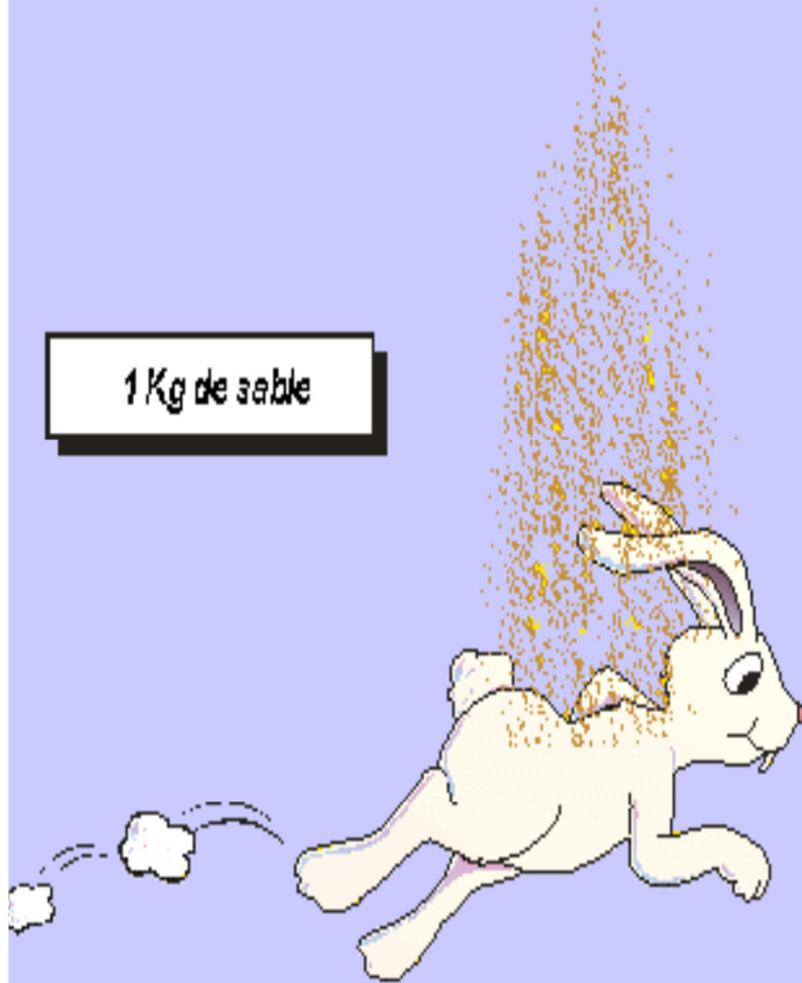
Facteurs  $W_r$  ou  $Q$  liés à la nature du rayonnement, notion de conséquences :

Type de rayons	$W_r$
Rayons X, électrons	1
Protons	5
Neutrons	5 à 20
Rayons alpha, noyaux lourds	20

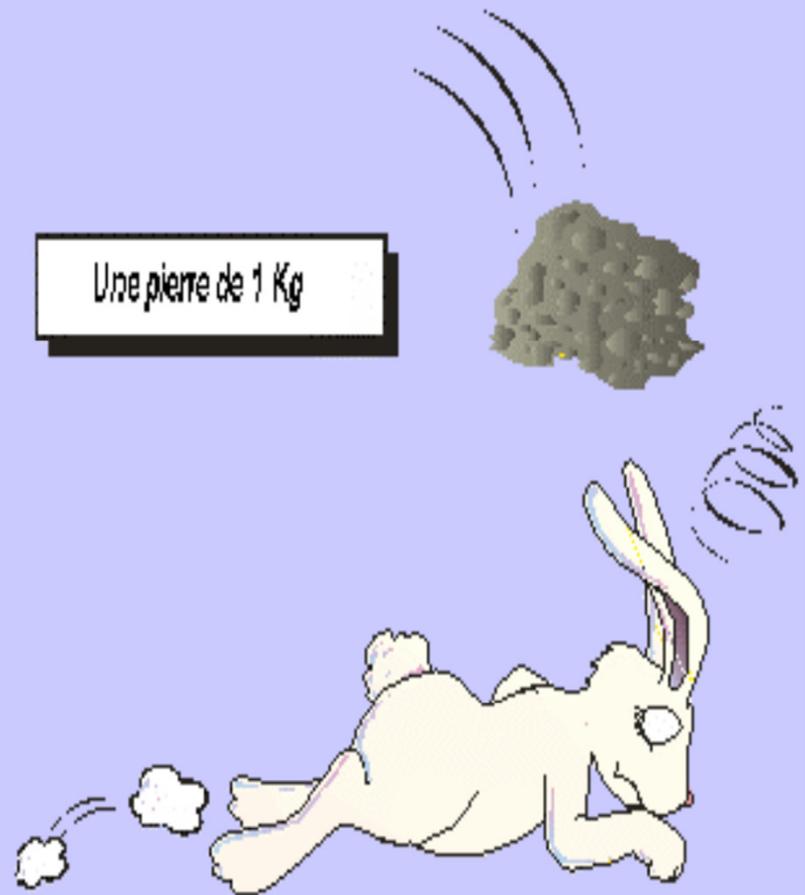
- En radiodiagnostic, dose en Gy = dose en Sv

# La dose équivalente

1 Kg de sable



Une pierre de 1 Kg



# LES DOSES ET LEURS UNITES

- **La Dose Efficace (Symbole E, corps entier)** s'exprime également en SIEVERT (symbole Sv)
- **C'est la somme des doses équivalentes** délivrées à chaque organe, tempérées d'un facteur de radiosensibilité tissulaire (Symbole  $W_r$  ou  $Q$ )

Facteur de radiosensibilité tissulaire des principaux organes :

Organe ou tissu	$W_r$
Gonades	0,2
Melle osseuse, poumons, estomac, colon	0,12
Vessie, sein, foie, oesophage, thyroïde	0,05
Peau, os	0,01

---

# LES DOSES ET LEURS UNITES

- **Le Produit Dose Surface (ou DAP pour Dose Area Product) est l'intégrale de la dose absorbée dans un plan perpendiculaire à l'axe du faisceau**  
**(le PDS est utilisé pour comptabiliser la dose patient)**
- Elle s'exprime en  $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$  (unité européenne)
- Elle prend en compte la taille du champ
- Elle permet de comparer différentes techniques



## Les unités utilisées en radioprotection

Notion / Grandeur mesurée	Unité	Définition
Énergie de Rayonnement (E)	Joule (J)	Unité hors système (HS) : Électronvolt (Ev)
Activité d'un corps radioactif (A)	Becquerel (Bq)	<b>Nombre de désintégration par seconde</b> 1Bq = 1 désintégration par seconde L'activité d'une source radioactive est réduite de moitié au bout d'une période, du quart au bout de 2 périodes, du huitième au bout de 3 périodes ... (HS) Curie (Ci) 1 TBq = 27 Ci
Dose Absorbée (matière) (D)	Gray (Gy)	<b>Énergie absorbée par la matière</b> Dose (Gy) = Énergie (Joule) / Masse (Kg) (HS) Rad (rad) 1 Gy = 100 rad
Dose Équivalente (organisme vivant) (HT)	Sievert (Sv)	<b>Dose équivalente = Dose absorbée x Facteur de pondération pour le rayonnement (FP) (WR)</b> A dose absorbée égale, les effets biologiques sur l'organisme seront différents selon la nature des rayonnements ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ , X) $\rightarrow$ FP $\beta$ , $\gamma$ et X $\rightarrow$ FP = 1 $\alpha \rightarrow$ FP = 20 (HS) Rem (rem) 1 Sv = 100 rem
Dose efficace (ET)	Sievert (Sv)	<b>Évaluation d'une dose corps entier</b> Les effets seront également différents selon les tissus ou organes traversés ( facteur de pondération tissulaire) (WT)

# Risques liés à l'exposition des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants



# CONCEPT DE BASE

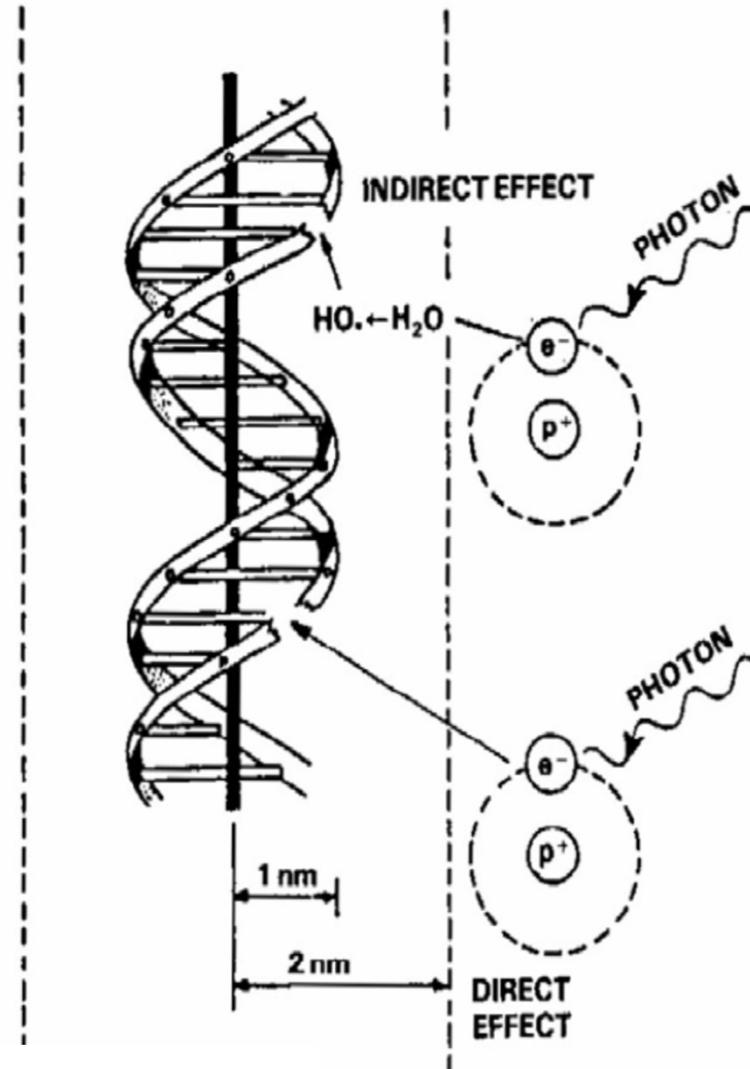
- L'interaction de rayonnements ionisants avec la matière s'effectue de manière très rapide: 10<sup>-13</sup> secondes
- Toute action de radioprotection doit être mise en place avant l'exposition aux R.I
- Il y a toujours un effet sur la cellule qui n'est pas spécifique et qui peut être comparé à d'autres agents pathogènes.

# En chiffre

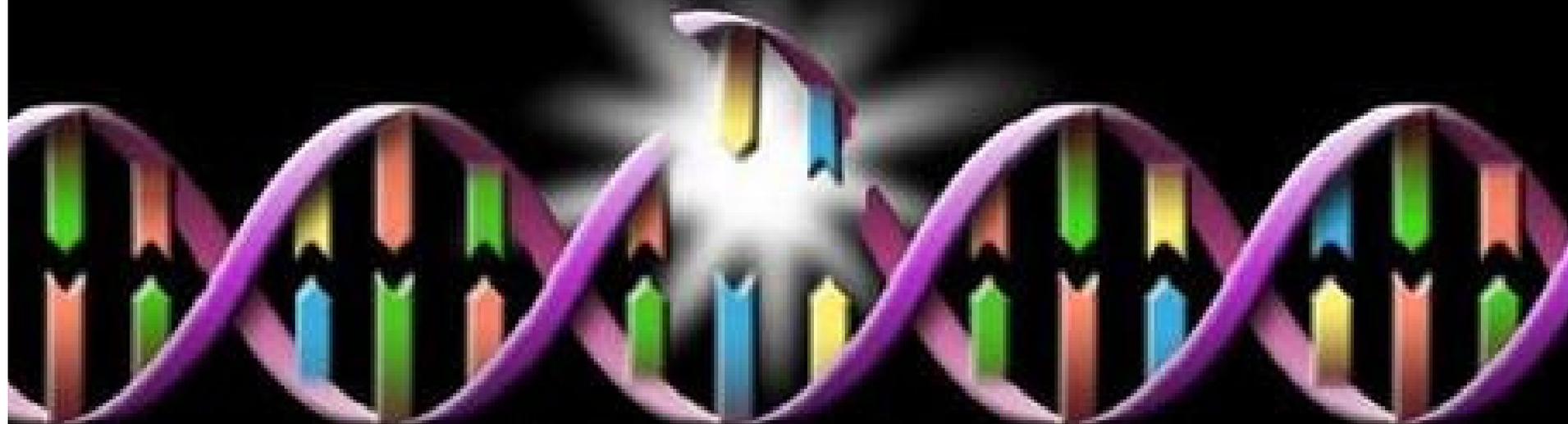
- $10^{15}$  cellules dans l'organisme humain
- $500 \times 10^6$  cellules remplacées chaque jour
- Synthèse de:
  - $500 \times 10^3$  kilomètres d'ADN chaque jour
    - Soit 6 km/seconde
- La probabilité d'erreurs spontanées est indéniable

# Mécanismes d'action

- ACTION Directe:
  - Une molécule est atteinte (ADN) par transfert d'énergie. La molécule expulse cette énergie supplémentaire pour revenir à l'état initial.
- ACTION Indirecte:
  - L'environnement des cellules est altéré, les électrons libres interagissent avec des molécules d'eau, produisant des radicaux libres. C'est le phénomène de la radiolyse.



# Les lésions de l'ADN



**cassure simple brin (réparation probable)**

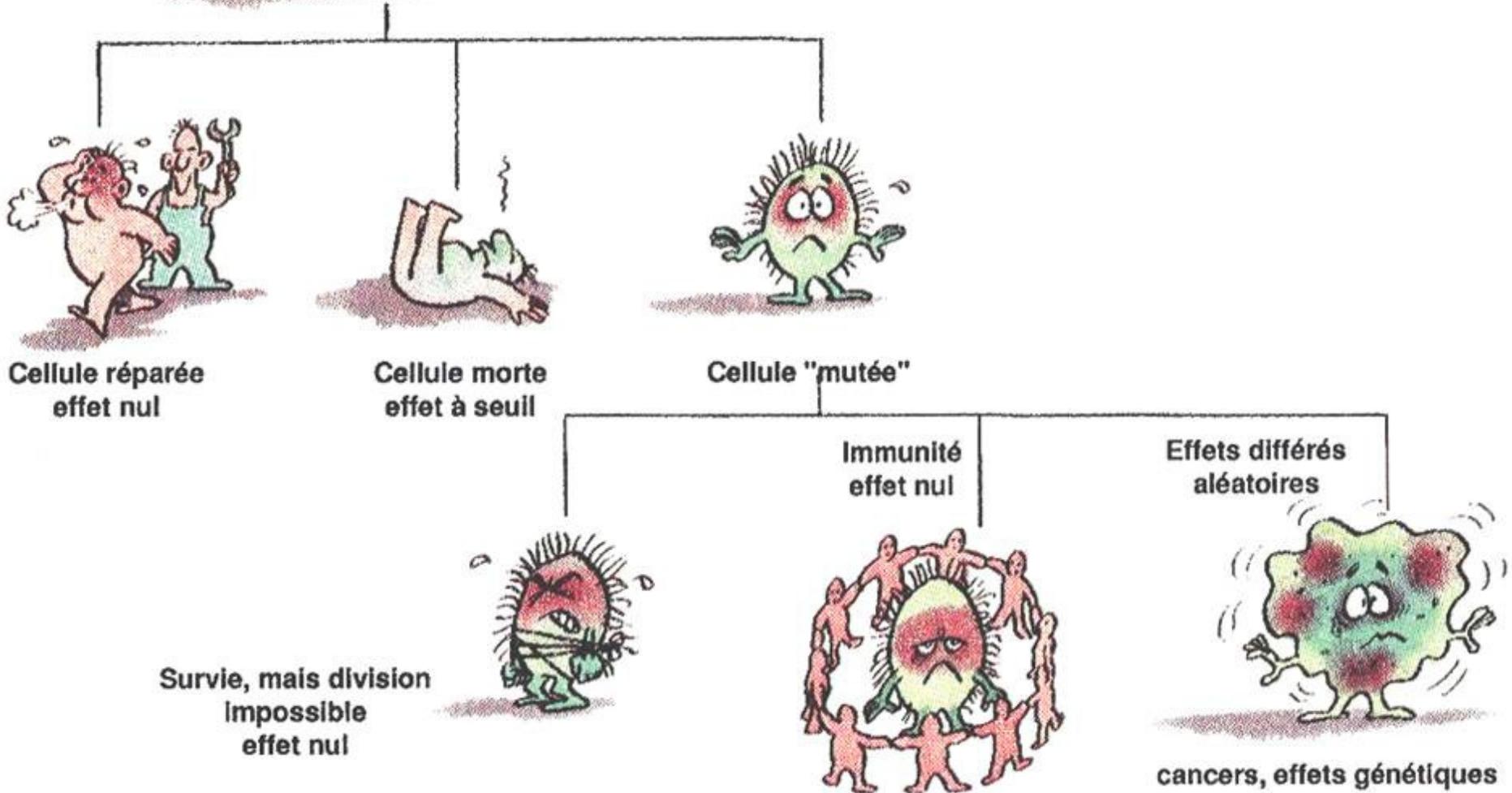


**cassure double brin**

Christophe LAUNAY et Frédéric GODART



# IRRADIATION



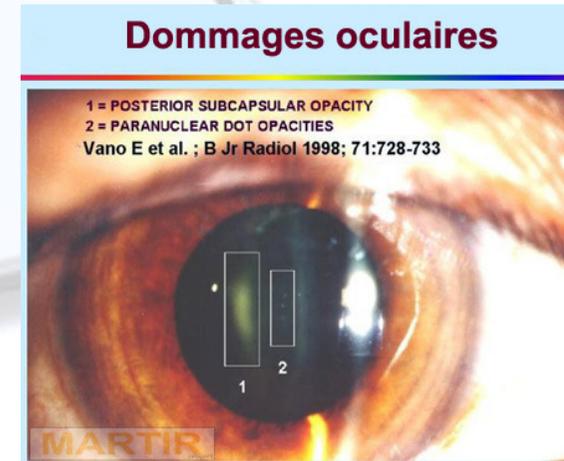
# EFFETS DES R.I



- **LES EFFETS DETERMINISTES**

(à seuil)

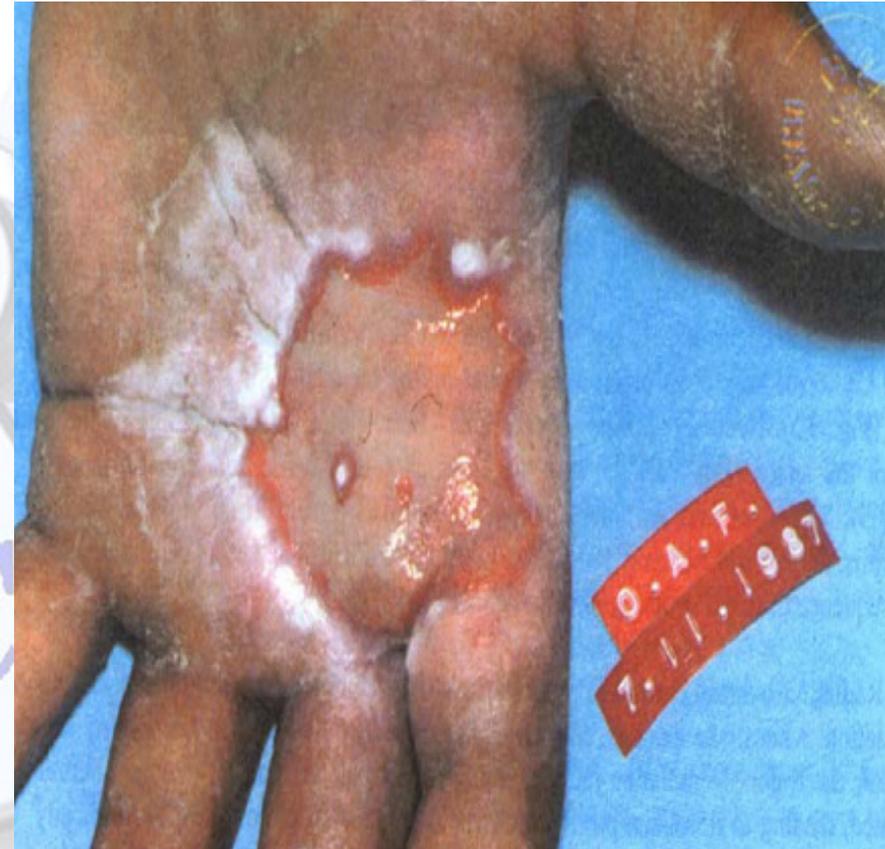
- Il y a existence d'une valeur seuil en dessous de laquelle les effets ne sont pas observables.
- Au delà, la gravité des effets augmente lorsque la dose augmente



# Les effets localisés

- Yeux: le cristallin est très sensible, la mort des cellules germinales donnent une opacité (cataracte)
  - Le seuil de la cataracte est de 10 Gy.
    - » En pratique, pour un travailleur exposé, 300mSv/an sur 50 ans (15Sv) conduit à une cataracte
- Testicules: organes très radiosensibles
  - De 0.3 à 0.5 Gy : stérilité temporaire
  - Dès 5 Gy: stérilité définitive
- Ovaires: moins sensibles
  - À 3 Gy: stérilité temporaire
  - Au delà de 7 Gy: stérilité définitive

# Les effets localisés



# Les effets localisés



**DOSE SEUIL ET DELAI D'APPARITION  
POUR LA PEAU (CIPR 60)**

<b>en Gy</b>	<b>DOSE</b>	<b>DELAJ D'APPARITION</b>
<b>ERYTHEME, DESQUAMATION</b>	<b>3 à 5</b>	<b>1 à 24 heures</b>
<b>EPILATION REVERSIBLE</b>	<b>5</b>	<b>3 à 4 semaines</b>
<b>EPILATION IRREVERSIBLE</b>	<b>20</b>	<b>3 à 4 semaines</b>
<b>DESQUAMATION HUMIDE OU EXSUDATIVE</b>	<b>20</b>	<b>4 semaines</b>
<b>NECROSE</b>	<b>50</b>	<b>3 semaines</b>

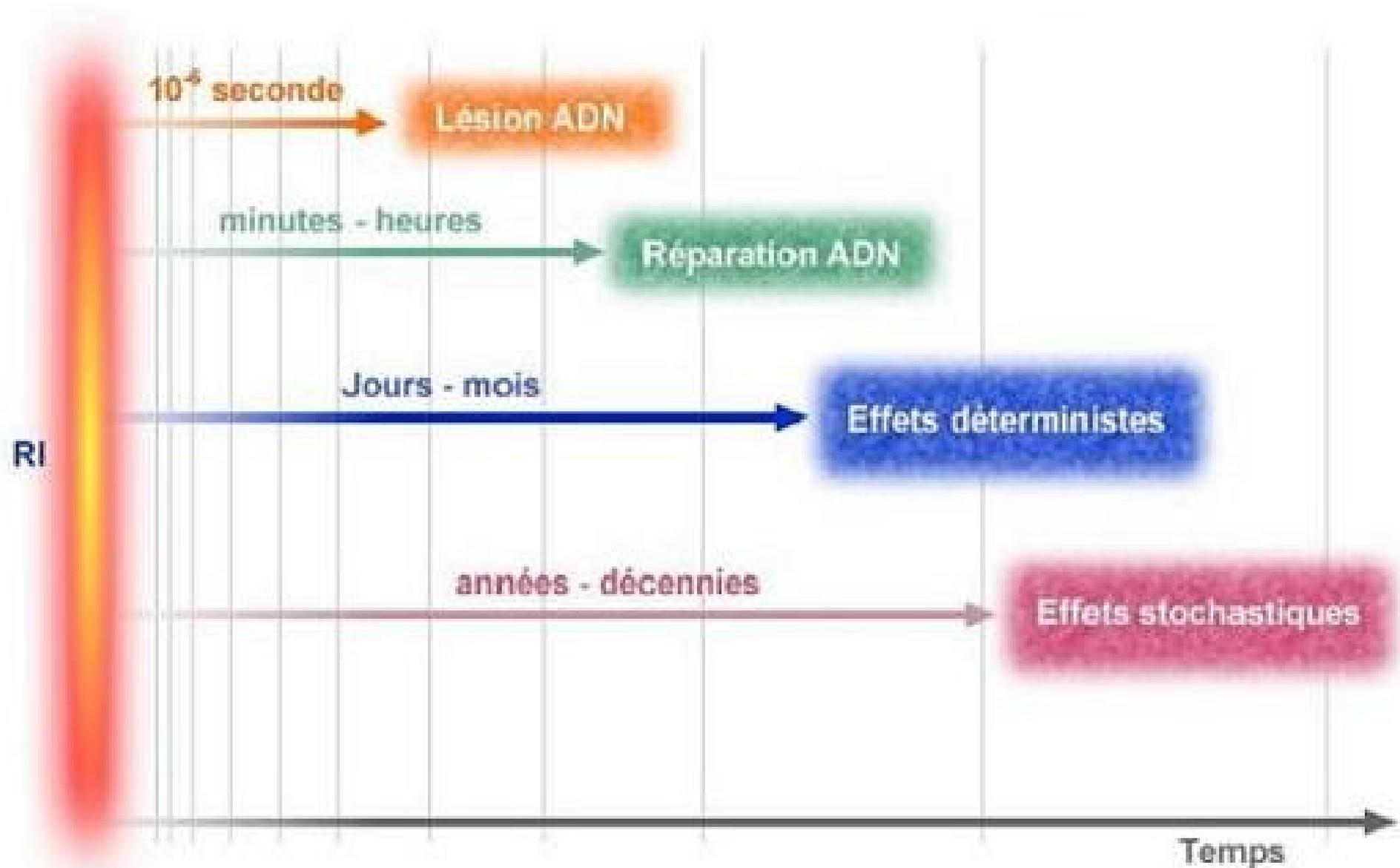
# EFFETS DES R.I

- **LES EFFETS STOCHASTIQUES**

(sans seuil, aléatoires)

- La probabilité d'occurrence de l'effet augmente lorsque la dose augmente
- La probabilité de l'effet est par définition, considéré comme maximum
  - Cancers
  - Effets génétiques

# Chronologie des événements après exposition aux RI



Excès de probabilité  
d'un effet estimé

**Que se  
passe-t-il  
aux  
faibles  
doses ?**

▶ **selon le scientifique ...**

Cas observés

dose "flash"

▶ **choix du législateur...**

Incertitude  
scientifique  
+  
Principe de  
précaution  
=  
Extrapolation linéaire

20 mSv  
sur 1 an

doses professionnelles  
cumulées dans le temps

200 mSv

Niveau d'exposition individuelle (mSv)

Christophe LAUNAY et Frédéric GODART

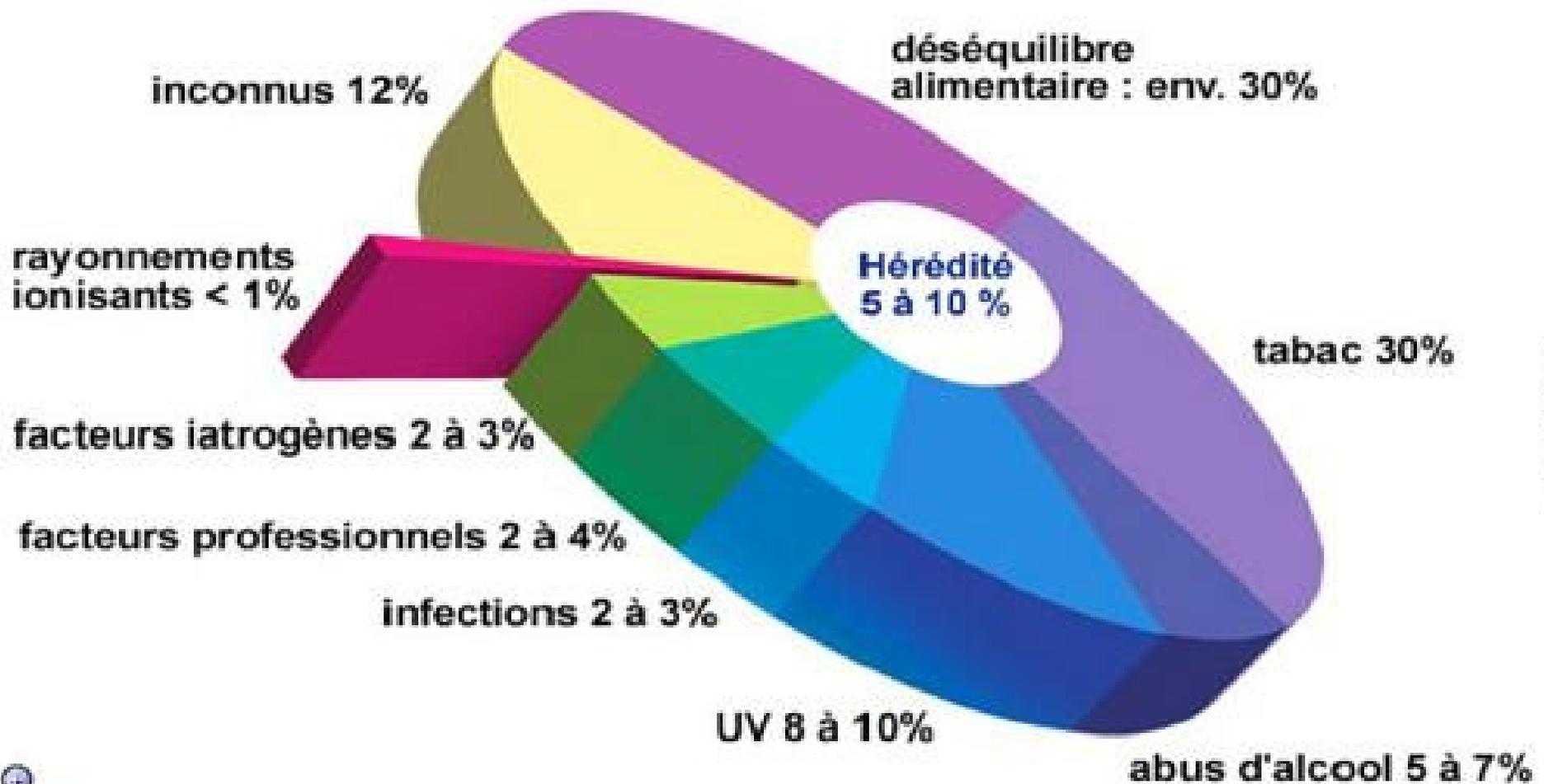
---

# CONCLUSION

- La CIPR retient comme relation dose/effet la plus pénalisante:
  - **La courbe dose/effet linéaire sans seuil**
  - **A TOUTE DOSE CORRESPOND UN EFFET**
  - **L'EFFET EST PROPORTIONNEL A LA DOSE**

# Autres facteurs cancérigènes

## Facteurs cancérigènes environnementaux



---

# COMPARATIFS INTERRESSANTS

PCR Conseil

# Les Rayonnements ionisants- les sources d'exposition

## a) Les rayonnements cosmiques

- Ils sont multipliés par 2 quand l'altitude croît de 1500m :
- à Paris 0,3 mSv / an
- à 1500 m 0,6 mSv / an
- à 3000 m 1,2 mSv / an

## b) Les rayonnements telluriques

- à Paris 0,4 mSv / an
- en Bretagne de 1,8 à 3,5 mSv / an
- à Kerala (Inde) 13 mSv / an
- au Brésil 5 à 10 mSv / an

## c) Les radionucléides présents dans le corps humain

- Leur présence est due à l'ingestion d'aliments en contenant naturellement
- De façon générale, des éléments radioactifs sont présents dans pratiquement tout notre environnement.

# Sources d'exposition telluriques

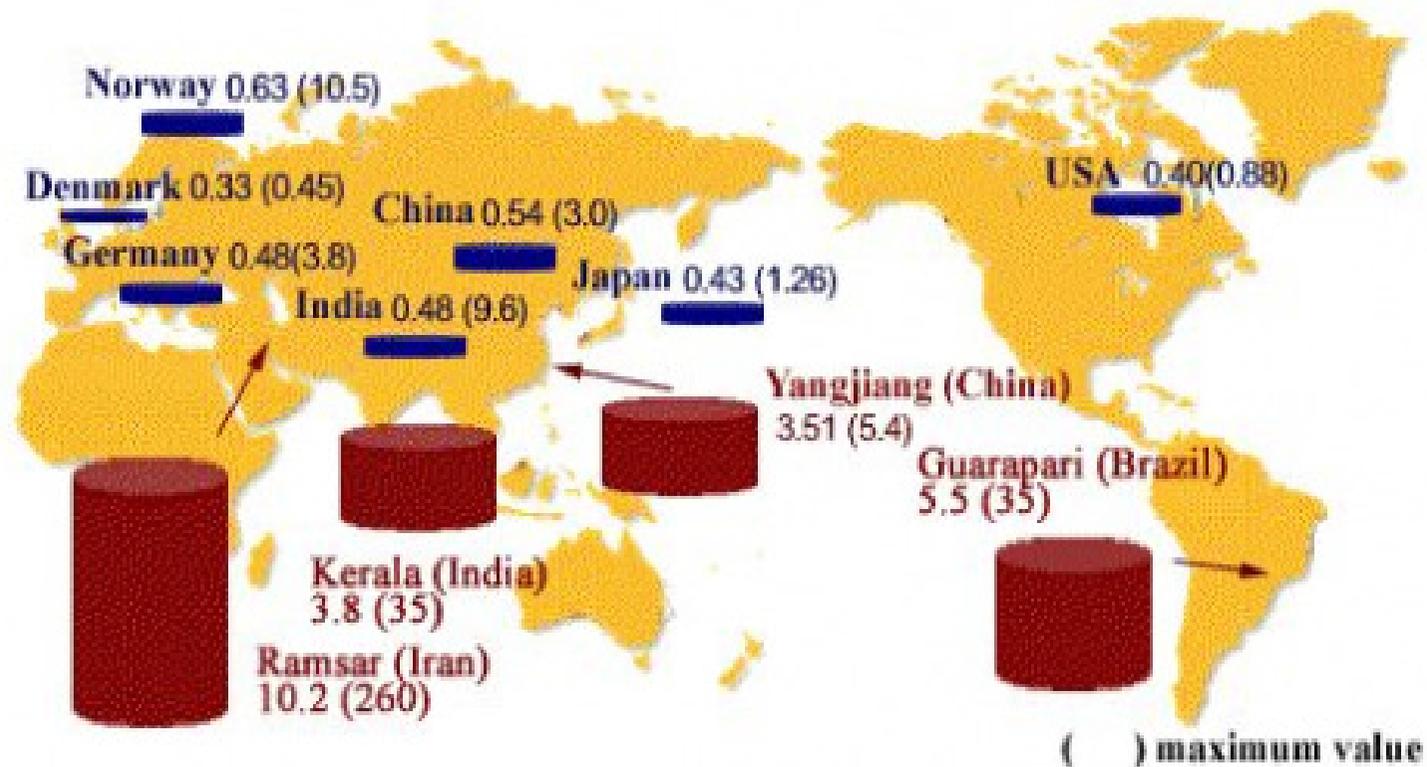
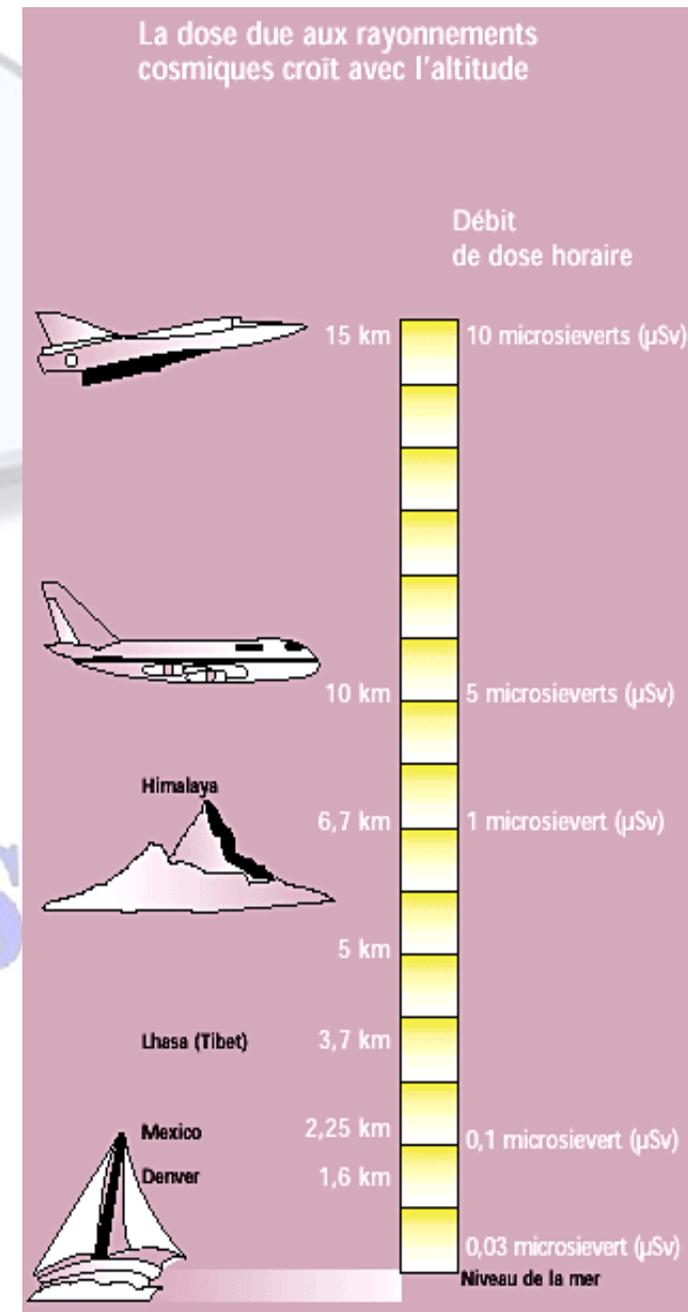


Figure 1. High Background Radiation Areas Around the World.  
Numbers given are in mSv/year.

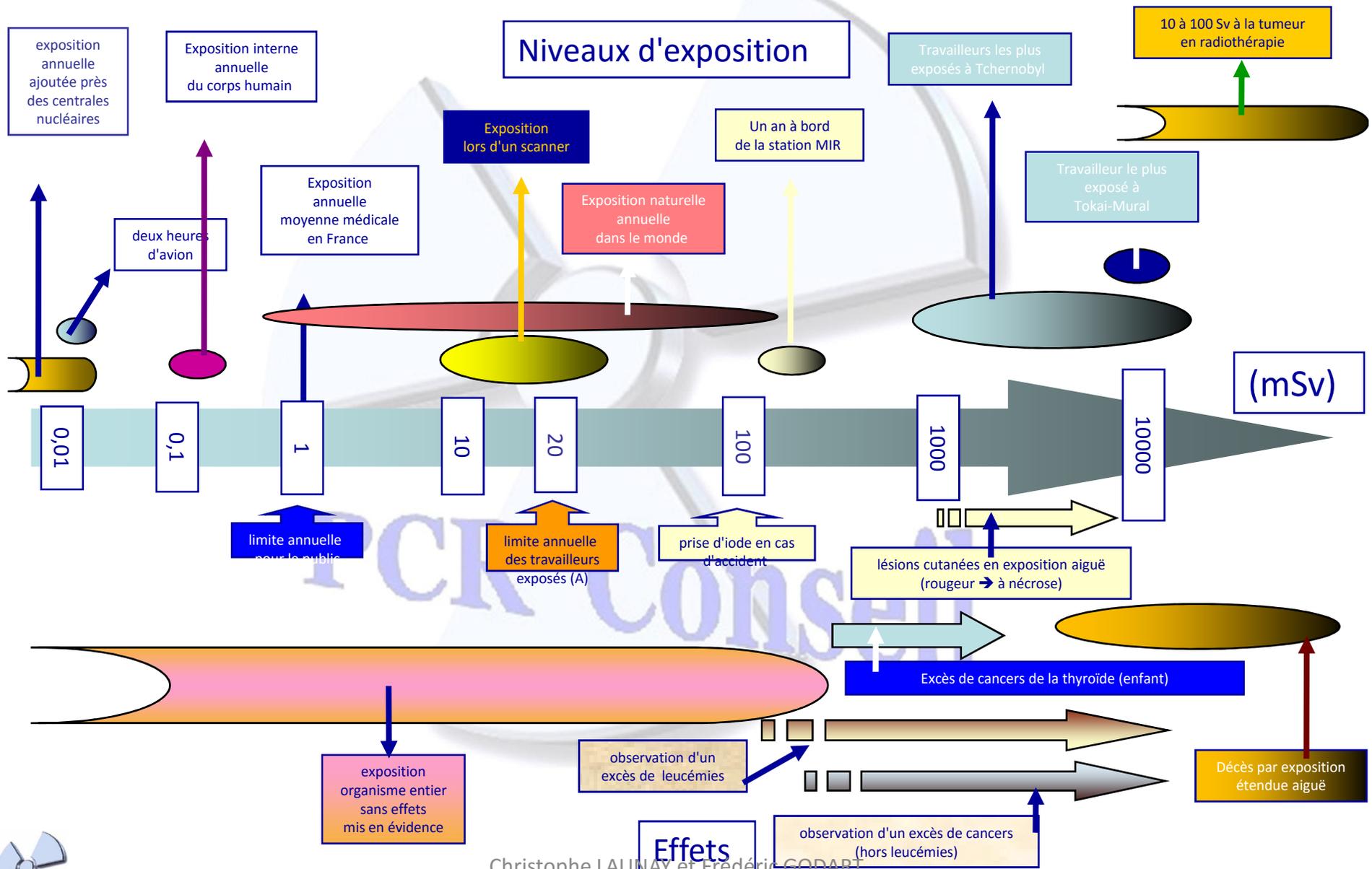
# Sources d'exposition cosmiques

Cette exposition est due aux rayonnements provenant de l'espace, notamment du soleil. Une partie de ce rayonnement arrive jusqu'à nous.

La dose reçue dépendra de l'altitude à laquelle nous nous trouvons .



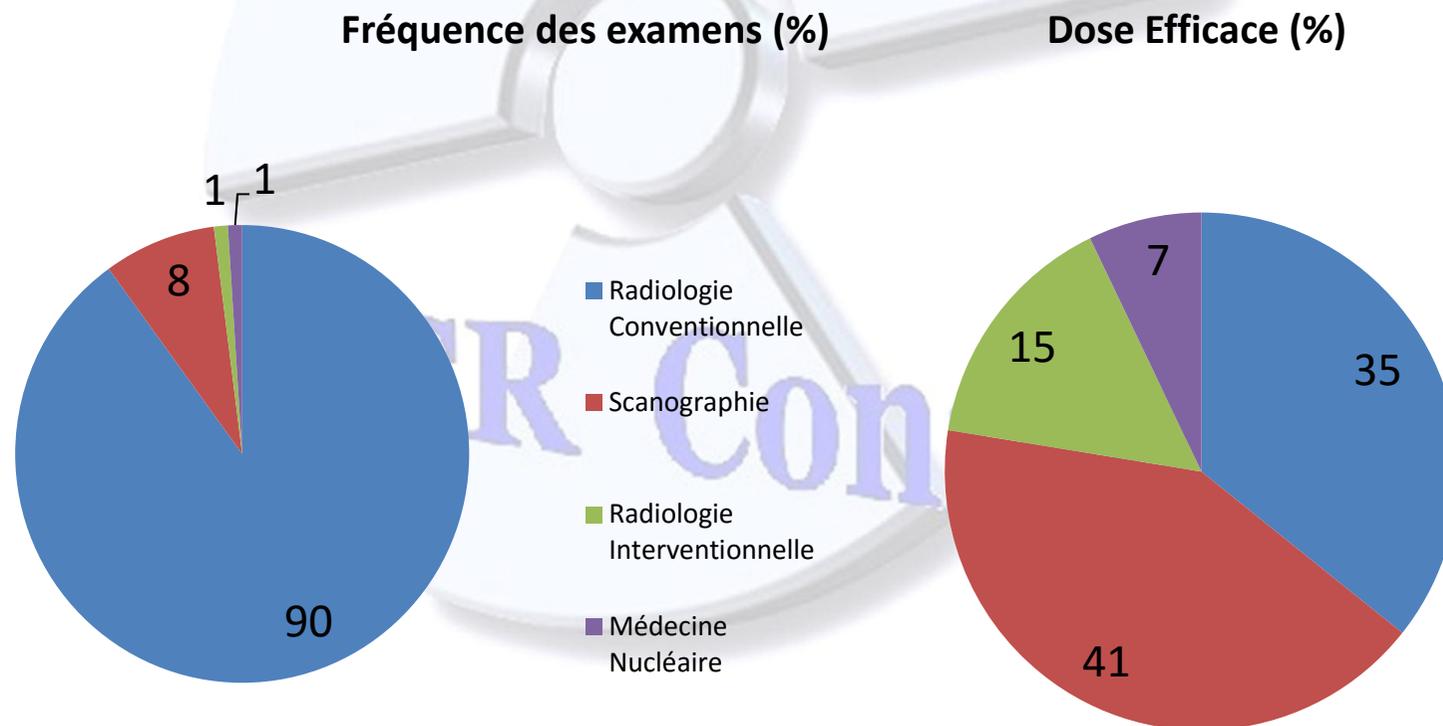
# Effets des rayonnements ionisants sur l'homme

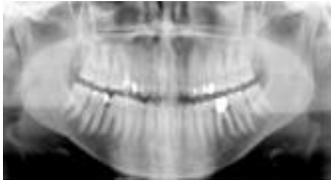


Christophe LAUNAY et Frédéric GODART

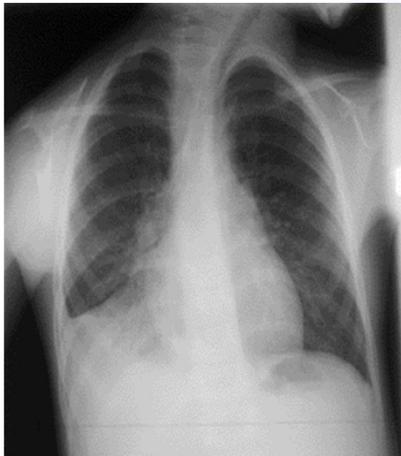
# Les sources d'exposition médicale (imagerie)

En 2004, environ 73 Millions d'actes ont été réalisés en France. (source : IRSN 2004)





Panoramique dentaire =  
**1 jour d'irradiation naturelle**



Radiographie des poumons =  
**3 jours d'irradiation naturelle**



Rachis lombaire =  
**7 mois d'irradiation naturelle**

PCR Conseil

Scanner abdomino-pelvien =  
**5 ans d'irradiation naturelle**



D'après un document de la Société Française de Radioprotection

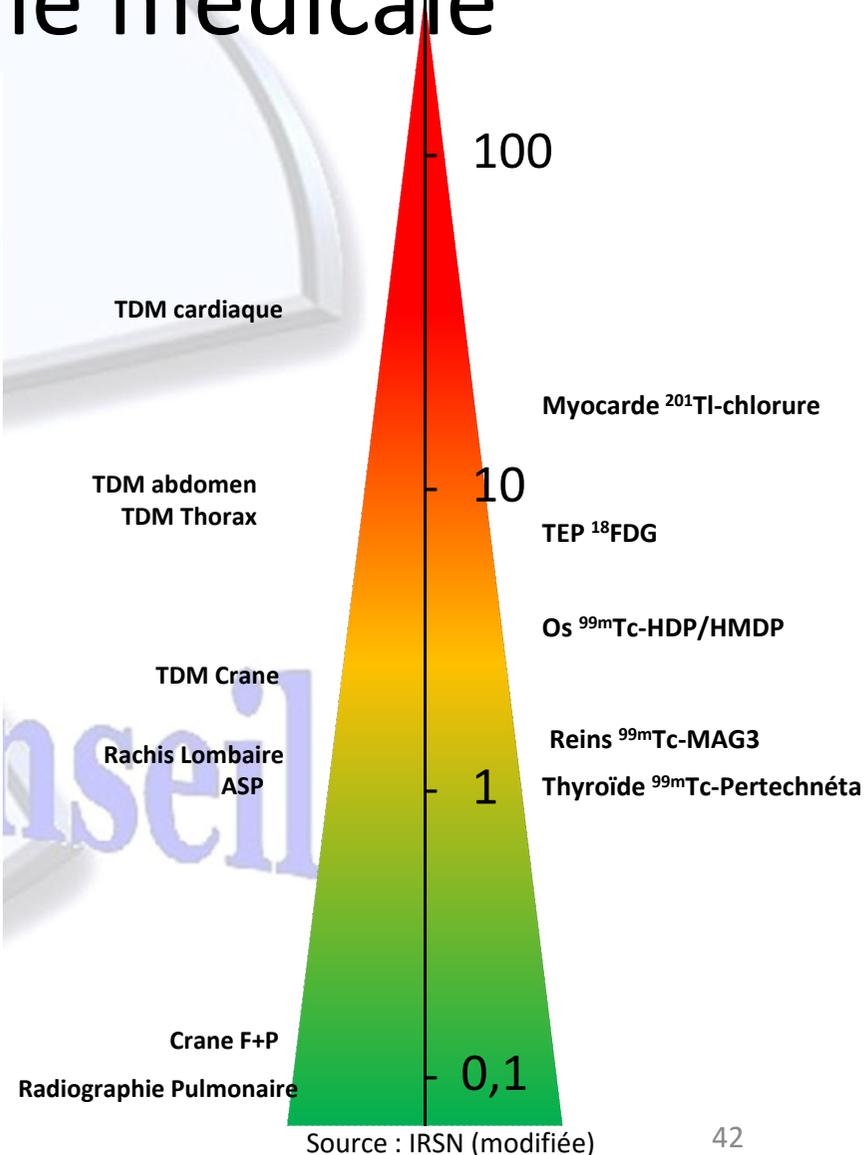
# Ordre de grandeur de la dose efficace (mSv) en imagerie médicale

## Examens radiologiques

	Dose efficace moyenne/an	Nombre équivalent de clichés thoraciques	Durée équivalente d'exposition naturelle
Membres et articulations	< 0,01	< 0,5	< 1,5 jour
Thorax (1 cliché postéro-antérieur)	0,02	1	3 jours
Crâne	0,07	3,5	11 jours
Rachis dorsal	0,7	35	4 mois
Rachis lombaire	1,3	65	7 mois
Hanche	0,3	15	7 semaines
Bassin	0,7	35	4 mois
Abdomen sans préparation	1	50	6 mois
Urographie intraveineuse	2,5	125	14 mois
Transit gastro-duodénal	3	150	16 mois
Lavement baryté	7	350	3,2 ans
Scanographie crânienne	2,3	115	1 <an
Scanographie thoracique	8	400	3,6 ans
Scanner abdomino-pelvien	10	500	4,5 ans

## Scintigraphie

Ventilation pulmonaire (Xe-133)	0,3	15	7 semaines
Perfusion pulmonaire (Tc-99m)	1	50	6 mois
Rein (Tc-99m)	1	50	6 mois
Thyroïde (Tc-99m)	1	50	6 mois
Os (Tc-99m)	4	200	1,8 an
Examen cardiaque dynamique (Tc-99m)	6	300	2,7 ans
Tomographie par émission de positons de la tête (F-18 FDG)	5	250	2,3 ans

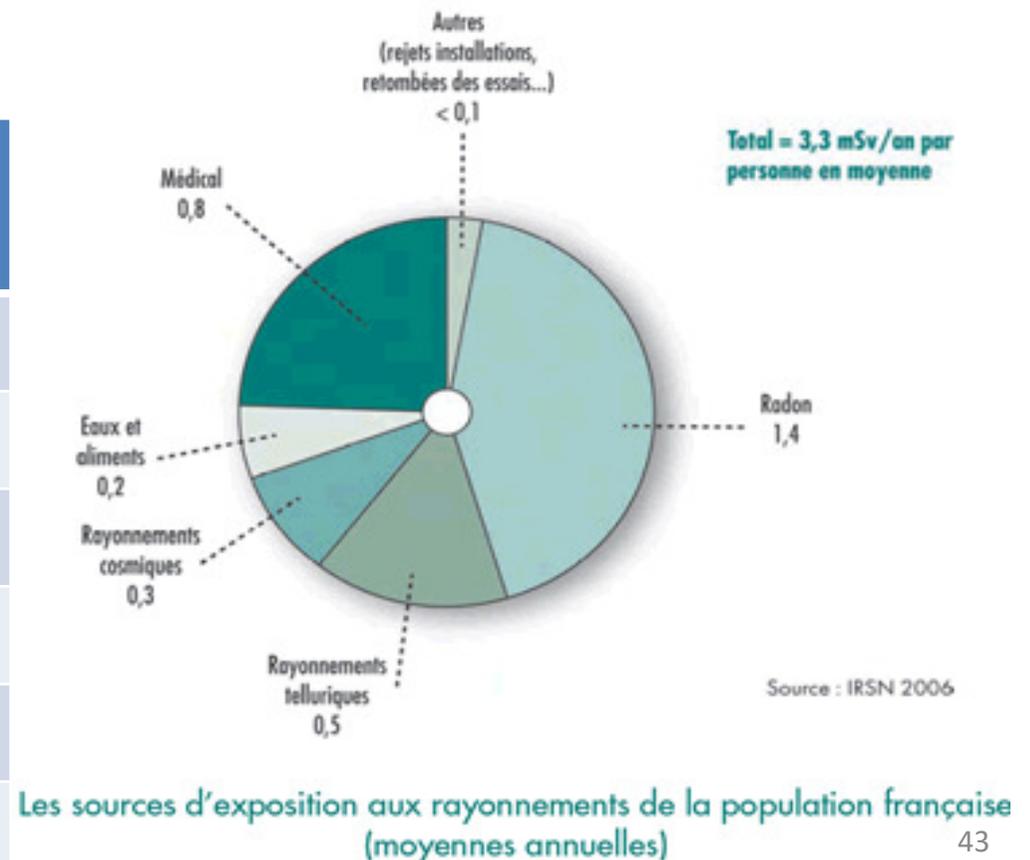


# Les sources d'exposition

L'exposition aux rayonnements ionisants est un phénomène naturel quotidien.

Chaque année en moyenne, nous sommes exposés en France à une dose globale de 3,3 mSv par individu.

Sources	Dose moyenne annuelle par personne (mSv/an)	% de l'exposition annuelle par personne
Médical	0,8	24
Autres (rejets INB, ...)	>0,1	3
<b>RADON</b>	1,4	43
Rayonnements telluriques	0,5	15
Rayonnements cosmiques	0,3	9
Eaux et aliments	0,2	6



---

# REGLEMENTATION

PCR Conseil

# C.I.P.R

## REGLEMENTATION DE LA RADIOPROTECTION PUBLIC, PATIENTS, TRAVAILLEURS

### DIRECTIVES EUROPEENES

#### Ordonnance du 28 mars 2001

relative à la transposition de directives communautaires  
dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants

ASN

IRSN

Loi du 13 juin 2006 (loi TSN)

Décret 22 février 2002

#### Code de la Santé Publique

L1333-1 à L1333-17

L1336-5 à L1336-9

#### Protection du PUBLIC

(principes)

CSP R1333-1 à R1333-54

Et décrets du 4 avril 2002, 7 novembre 2007

#### Protection des PATIENTS

CSP R1333-55 à R1333-74

Et décrets du 24 mars 2004, 7 novembre 2007

#### Code du Travail

L4451-1

L4451-2

#### Protection des TRAVAILLEURS

CT R4451-1 à R4457-14

Décrets du 31 mars 2003,  
5 novembre 2007 et 7 mars 2008

#### INTERVENTION

CSP R1333-75 à R1333-94

Décrets du 31 mars 2003  
Et 7 novembre 2007



# ASN

## ORGANISATION

- **L'ASN a changé de statut le 13 novembre 2006**, à l'issue de la première réunion du collège des commissaires, conformément à la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire.
- Elle est **dirigée par un collège de 5 commissaires** qui définit la politique générale de l'ASN en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection.
- Cette autorité est **totalelement indépendante de tout ministère** et rend compte au parlement



# ASN

## SES MISSIONS

- Les missions de l'ASN s'articulent autour de trois métiers « historiques » de l'ASN :
- **La réglementation** : l'ASN est chargée de contribuer à l'élaboration de la réglementation, en donnant son avis au Gouvernement sur les projets de décrets et d'arrêtés ministériels ou en prenant des décisions réglementaires à caractère technique ;
- **Le contrôle** : l'ASN est chargée de vérifier le respect des règles et des prescriptions auxquelles sont soumises les installations ou activités qu'elle contrôle; Elle délivre les autorisation.
- **L'information du public**: l'ASN est chargée de participer à l'information du public, y compris en cas de situation d'urgence.



# IRSN

## CREATION

- L'IRSN a été créé en février 2002 par l'article 5 de [la loi n° 2001 – 398 du 9 mai 2001](#), et par le [décret d'application du 22 février 2002](#).

## STATUT

- L'IRSN est un **établissement public à caractère industriel et commercial** placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de l'Environnement, de la Santé, de l'Industrie, de la Recherche et de la Défense.

## Expertise et recherche

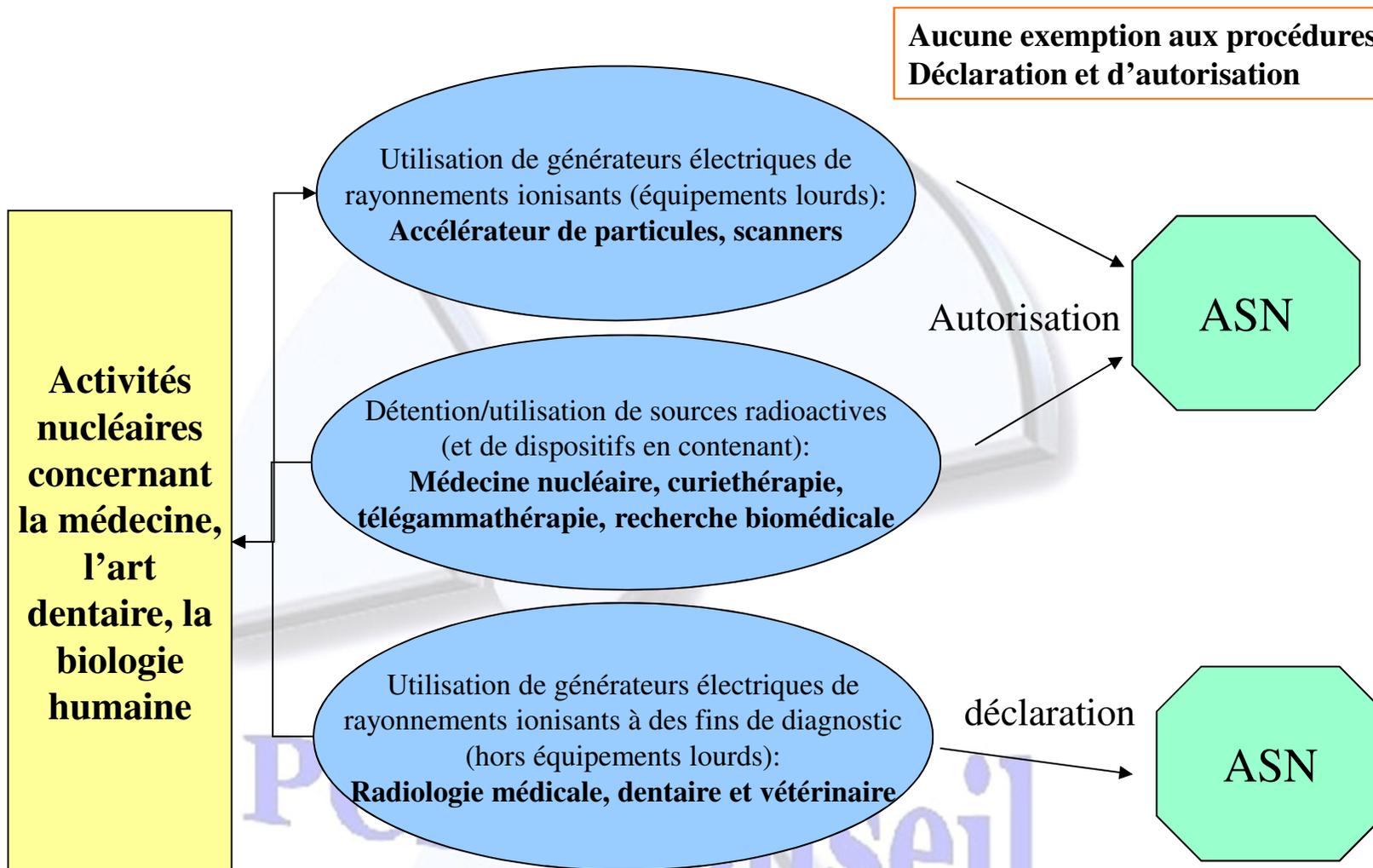
- L'IRSN est l'expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques.

## Domaines d'activités

- Environnement et intervention
- **Radioprotection de l'homme**
- **Prévention des accidents majeurs**
- **Sûreté des réacteurs**, des usines, des laboratoires, des transports et des déchets
- **Expertise nucléaire de défense**

## Quatre axes de développement

- Refonder sa dynamique de recherche en concertation avec ses grands partenaires
- Optimiser ses missions d'appui aux pouvoirs publics
- Ouvrir son expertise aux attentes de la société
- Développer la dimension européenne et mondiale



**Aucune exemption aux procédures de Déclaration et d'autorisation**

**3 acteurs :** Responsable de l'installation  
 Chef d'établissement  
 Personne compétente en radioprotection

Article R.162-53 du code de la S.S. « les praticiens et établissements utilisant à des fins thérapeutiques ou de diagnostic des appareils générateurs de(s) rayonnements ionisants [...] ne peuvent procéder à des examens ou dispenser des soins aux assurés sociaux que si les appareils et installations ont fait préalablement l'objet de la déclaration ou de l'autorisation mentionnée aux articles R.1333-22 et R.1333-24 du code de la santé publique. Seuls peuvent être remboursés ou pris en charge les examens radiologiques et les traitements de radiothérapie exécutés au moyen d'appareils et d'installations déclarées ou autorisées dans les conditions prévues à l'alinéa précédent »

# RADIOPROTECTION DES PATIENTS

## JUSTIFICATION ET OPTIMISATION

- **Analyse de « l'avantage médical direct suffisant »** et aucune autre technique équivalente moins irradiante ou non irradiante (R.1333-56)
- Interdiction de la radioscopie sans intensification d'image car non justifiée
- **Relations prescripteur-médecin** réalisant l'acte (c'est celui qui réalise l'acte qui a le dernier mot en cas de désaccord (R.1333-57))
- **Principe ALARA** « détourné : Appliquer la dose nécessaire et suffisante pour obtenir l'information ou le traitement recherché et non la plus faible possible (R.1333-59 et 64)
- Optimisation selon **technique et patient** (femme enceinte, enfants...)
- Choix de l'**équipement**, Dispositif de **mesure de dose** (décret n°2004-547 du 15/06/04, R.5211-22)
- Information dosimétrique pour le **CR d'acte** (arrêté du 22/09/06, R.1333-66)
- **PSRPM** (formation qualifiante arrêté du 7/02/05) et plan de radiophysique médicale (arrêté du 19/11/04, R.1333-60) : dose au patient, qualité des D M
- **Maintenance et contrôle de qualité** (R.1333-59, R.5211-5, R.5212-25 à 35) « ensemble des opérations destinées à évaluer le maintien des performances revendiquées par le fabricant » contrôles internes- externes selon décisions AFSSAPS (mammo, ostéo, radiol.)

# RADIOPROTECTION DES PATIENTS

- **Formation RP des patients**

**Concerne tous les** professionnels pratiquant des actes de radiodiagnostic formation : médecin, radiologues, manipulateurs, IBODE...) en radioprotection des patients.

**Formation théorique et pratique spécifique** sur les risques liés à l'exposition aux RI tous les **10 ans** (arrêté du 18/05/04, R.1333-74)

- **Procédures, guides de bonnes conduites**

**Justification d'une exposition** aux RI à des fins médicales basée sur les recommandations nationales d'experts et de professionnels et protocoles (R.1333-56, R.1333-69 R.1333-70) :

- guide de bon usage des examens d'imagerie médicale (SFR)

- guide des procédures radiologiques : critères de qualité et d'optimisation des doses (SFR)

- **Optimisation des pratiques (NRD)** d'imagerie médicale basée sur les Niveaux de **Références Diagnostiques** (arrêté du 12/02/04, R.1333-68)

- **indicateurs dosimétriques** pour les examens les plus courants ou les plus irradiants permettant une meilleure connaissance des doses reçues par les patients

- **Évaluation dosimétrique** (1 fois/an) pour 2 examens courants à choisir parmi ceux pour lesquels les NRD ont été établis ⇒ **actions correctives si valeur moyenne de l'évaluation > NRD** en l'absence de justification technique ou médicale

- **envoi des résultats des évaluations à l'IRSN** [repm@irsn.fr](mailto:repm@irsn.fr)

---

# CONTRÔLES OBLIGATOIRES

En amont de ces contrôles, avant l'utilisation, les installations doivent répondre à la norme d'implantation (NF C15-160 de mars 2011).

- CONTRÔLES QUALITE
- CONTRÔLES TECHNIQUES D'AMBIANCE
- CONTRÔLES TECHNIQUES DE RADIOPROTECTION EXT
  - (CONTROLEUR AGREE PAR ASN) ou IRSN
- CONTRÔLES TECHNIQUES DE RADIOPROTECTION INT
  - (PCR)
- CONTRÔLES DES APPAREILS DE MESURE

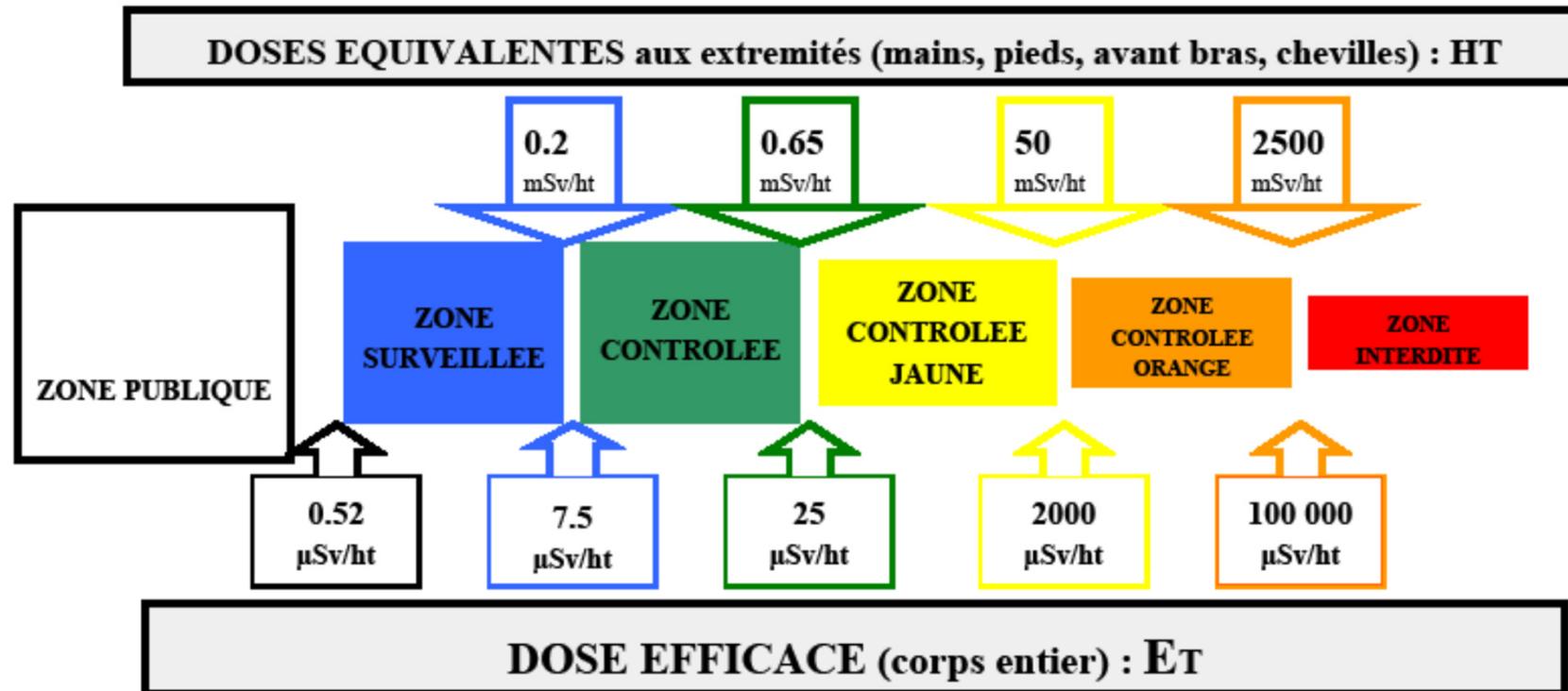
# Classement par catégorie

Doses efficaces et equivalentes susceptibles d'être reçues sur une période de 12 mois consécutifs

<b>CORPS ENTIER (Et)</b>	<b>0</b> mSv/12mois	<b>Domaine du PUBLIC ou des travailleurs non exposés</b>	<b>1</b> mSv/12mois	<b>catégorie B</b>	<b>6</b> mSv/12mois	<b>catégorie A</b>	<b>20</b> mSv/12mois
<b>EXTREMITÉS (Ht)</b>	<b>0</b> mSv/12mois		<b>50</b> mSv/12mois		<b>150</b> mSv/12mois		<b>500</b> mSv/12mois
<b>PEAU (Ht)</b>	<b>0</b> mSv/12mois		<b>50</b> mSv/12mois		<b>150</b> mSv/12mois		<b>500</b> mSv/12mois
<b>CRISTALLINS (Ht)</b>	<b>0</b> mSv/12mois		<b>15</b> mSv/12mois		<b>45</b> mSv/12mois		<b>150</b> mSv/12mois

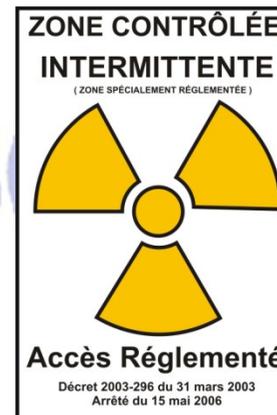
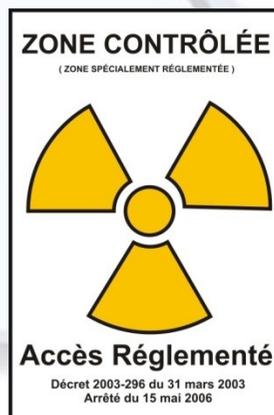
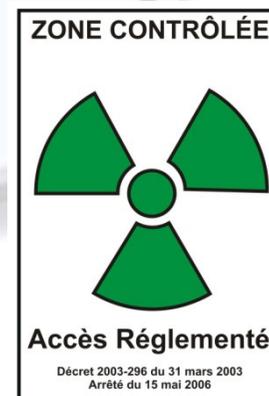
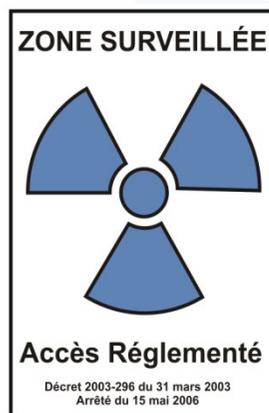
# Evaluation des risques dosimétriques ou ZONAGE

Délimitation des zones réglementées (ZR) et spécialement réglementées (ZSR), dans le cas d'installations fixes



Les valeurs de doses (ET et HT) correspondent à des doses intégrées sur la période considérée (l'heure de travail par exemple)

# LE CODE DU TRAVAIL (décret 2008-244) et L'ARRETE DU 15 MAI 2006



## CONSIGNES D'INTERVENTION EN ZONE CONTRÔLÉE JAUNE OU VERTE INTERMITTENTE

Vous travaillez en **ZONE CONTRÔLÉE JAUNE Intermittente**  
Ou **ZONE CONTRÔLÉE VERTE Intermittente**

Cela signifie que :

La salle de bloc est classée en ZONE CONTRÔLÉE quand l'amplificateur de brillance est en fonctionnement dans la salle (voyant orange actif au dessus du pupitre), dans ce cas, seuls les travailleurs portant un dosimètre passif et un dosimètre actif, des protections individuelles à équivalent de plomb suffisant et ayant reçu l'enseignement nécessaire à l'exercice de leur mission sont autorisés d'entrer dans la salle

La salle de bloc est classée ZONE SURVEILLÉE quand l'amplificateur de brillance est présent dans la salle et que le voyant orange est éteint.

La salle de bloc est classée en ZONE PUBLIQUE quand il y a absence d'amplificateur de bloc. Dans ce cas, tout travailleur de l'établissement, ayant reçu, compris et élargé ces consignes peut entrer y travailler.

	Voyant orange	Amplificateur De brillance	Peuvent entrer	Conditions
<b>ZONE CONTRÔLÉE JAUNE ou VERTE</b>	<b>Allumé</b>	<b>Présent</b>	Tous les travailleurs du bloc opératoire indispensables à l'intervention	Port des dosimètres passif et actif
<b>ZONE SURVEILLÉE</b>	<b>Eteint</b>	<b>Présent</b>	Tous les travailleurs du bloc opératoire	Port du dosimètre passif
<b>ZONE PUBLIQUE</b>	<b>Eteint</b>	<b>Absent</b>	Tous les travailleurs du bloc opératoire	Avoir reçu et signé les consignes de travail de la salle

Règlement d'une

## Zone Contrôlée Jaune Intermittente



(Zone spécialement réglementée)

### Appareil de bloc opératoire

- Le local dans lequel est apposée la présente affiche constitue une Zone Spécialement réglementée Jaune Intermittente pour des raisons de protection contre les dangers des rayonnements ionisants. La couleur de la zone contrôlée est fonction de la dose qui est susceptible d'être reçue par unité de temps de travail.
- Aucune personne ne doit intervenir dans cette zone, durant l'émission de rayonnements ionisants sans protection individuelle d'épaisseur et de structure suffisante pour atténuer les rayonnements ionisants.
- Cette salle est dotée d'un système visuel et/ou auditif permettant d'apprécier le type d'examen (radiologique ou non) qui est pratiqué à l'intérieur.
- En dehors de toute émission de rayonnement ionisant, appareil non opérationnel, cette pièce est une salle réglementée, dite ZONE SURVEILLÉE ; en l'absence de l'amplificateur cette salle devient ZONE PUBLIQUE (non réglementée). Il n'en demeure pas moins qu'elle reste cependant limitée d'accès aux travailleurs sous la responsabilité du chef d'établissement. Durant l'émission de rayonnements ionisants, la salle est automatiquement classée **ZONE SPECIALEMENT REGLEMENTEE JAUNE**; le règlement qui y est alors appliqué est celui de la zone spécialement réglementée jaune.
- Toute personne intervenant dans cette zone pendant l'utilisation des sources radiogènes (Rayons X) est classée à minima en catégorie B, sinon en catégorie A selon l'analyse de poste de travail et l'évaluation dosimétrique annuelle.

### PORT DU DOSIMETRE

- Le port du dosimètre **passif et actif** n'est obligatoire que quand cette salle est classée ZONE CONTRÔLÉE JAUNE soit, lorsque l'examen requière un amplificateur de brillance (émetteur de rayons X). les dosimètres se portent à hauteur du thorax, sous les protections individuelles. Dans certains cas, un dosimètre poignet ou dosimètre bague peut être mis en place en plus du dosimètre poitrine.

### CONSIGNES GENERALES

- Chaque jour, avant le début des clichés, vérifier le bon fonctionnement des dispositifs de sécurité
- Toujours porter les protections individuelles (tablier, cache thyroïde, gants, lunettes) pendant la prise des séquences radioscopiques
- Éviter l'encombrement des locaux

### MESURES D'URGENCES

- En cas d'incident, couper l'alimentation du générateur
- Débrancher et sortir l'amplificateur de brillance pour le faire vérifier avant toute nouvelle mise en route
- Prévenir rapidement le personnel qualifié (Personne Compétente en Radioprotection et le médecin du travail)

Personne Compétente en Radioprotection <small>Chargée de veiller à l'application du règlement en zone contrôlée</small>		Nom : M LAUNAY Christophe Tél : poste 5329
Médecin du travail	Nom Docteur BLANCHI ADRESSE 02 43 74 04 04	
Autorité de Sécurité Nucléaire N° URGENCES RADIOLOGIQUES 0800 804 135		Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire Tel : 06 07 31 56 63 (cadre d'astreinte IRSN)

**Décret n° 2008-244 du 7 mars 2008-CODE DU TRAVAIL**  
**Arrêté du 15 mai 2006**

---

# LE MEDECIN DU TRAVAIL



---

# Le Médecin du Travail

## **Art R. 4451-115**

Le médecin du travail collabore à l'action de la PCR.

## **Art R.4451-116**

Le médecin du travail apporte son concours à l'employeur pour établir la fiche d'exposition.

## **Art R.4451-117**

Participe à l'information des travailleurs sur les risques sanitaires et les facteurs de risques aggravants. Il participe également à l'élaboration de la formation à la sécurité.

## **Art R.4451-118**

Il peut aider (avis) le chef d'établissement pour le choix des équipements de protection individuels.

# Le Médecin du Travail

## **Art R. 4451-82**

Nul ne peut être affecté à un poste exposé à des RI, s'il n'a pas, au préalable bénéficié d'un examen médical permettant au médecin de santé au travail de se prononcer sur l'aptitude au poste de travail proposé par l'employeur. La fiche d'aptitude médicale atteste qu'il ne présente pas de contre-indication médicale à ces travaux. La fiche indique la date de l'étude de poste.

## **Art R.4451-83**

Le travailleur ou l'employeur peut contester la fiche d'aptitude (15 jours).

# Le Médecin du Travail

## **Art R. 4451-84**

Les travailleurs de catégorie A ou B sont soumis à une surveillance médicale renforcée. Examen médical, 1 fois par an avec éventuellement examens complémentaires.

## **Art R.4451-85**

Le médecin du travail est destinataire des résultats de toutes les mesures de contrôle.

## **Art R.4451-86**

Après tout dépassement des limites de doses, un bilan dosimétrique et de ses effets est établi par le MT

---

# Le Médecin du Travail

## **Art R.4451-88**

Le médecin du travail constitue un dossier médical spécifique comprenant : Un double de la fiche d'exposition, Le suivi dosimétrique et Les résultats des examens complémentaires.

## **Art R.4451-89**

Ce dossier est communiqué sur demande au médecin inspecteur du travail.

## **Art R.4451-90**

Le dossier est conservé au moins 50 ans après la fin de la période d'exposition.

	<b>FICHE D'EXPOSITION</b>	<b>PCR Conseil</b>
		VI 11 mars 2009

FICHE D'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS EXPOSES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS  
2008-244 du code du travail) DOMAINE MEDICAL

N° de dossier :		Catégorie A (6 à 20 mSv/an)	<b>«CATEGORIE»</b>
Date d'établissement de la fiche :	«DATE»	Catégorie B (1 à 6 mSv/an)	
		Non exposé (< 1 mSv/an)	

Signature de l'intéressé :	Signature du chef d'établissement :

Nom «<NOM»	Prénom «<PRENOM»
Fonction «<FONCTION»	Date d'embauche :
Nature du contrat de travail : <input type="checkbox"/> CDI <input type="checkbox"/> CDD <input type="checkbox"/> Intérimaire <input type="checkbox"/> non salarié	
Horaires de travail : <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Particulier : Précisez (nuit, week-end) : <input type="checkbox"/> Temps plein <input type="checkbox"/> temps partiel	
Nature du travail effectué :	
Travail en : <input type="checkbox"/> Zone non réglementée <input type="checkbox"/> Zone surveillée <input type="checkbox"/> Zone contrôlée	

**Lieu et périodes d'exposition :**

	Périodes d'exposition		
	Jamais	Rarement	Fréquent
<b>Radiodiagnostic médical et bloc opératoire</b>			
En dehors de la salle pendant l'émission de rayonnements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A distance de l'appareil derrière un paravent <input type="checkbox"/> fixe <input type="checkbox"/> mobile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A distance de l'appareil avec <input type="checkbox"/> tablier plombé <input type="checkbox"/> protège thyroïde <input type="checkbox"/> gants <input type="checkbox"/> lunette plombée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A proximité de l'appareil avec : <input type="checkbox"/> tablier plombé <input type="checkbox"/> protège thyroïde <input type="checkbox"/> gants <input type="checkbox"/> lunette plombée <input type="checkbox"/> protection collective	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A proximité de l'appareil avec les mains dans le faisceau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Radiodiagnostic dentaire</b>			
En dehors de la salle pendant l'émission de rayonnements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A distance de l'appareil dans la salle avec <input type="checkbox"/> tablier plombé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A proximité de l'appareil avec <input type="checkbox"/> tablier plombé <input type="checkbox"/> avec les mains dans le faisceau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Doses prévisionnelles annuelles**

Et(corps entier)= «H10 \_\_\_\_\_corps\_entier» mSv/an

H (doigts)=«Hp007\_doigts» mSv/an

H (membres)= «Hp007\_membres» mSv/an

H (cristallins)= «Hp3\_cristallin» mSv/an



	<b>FICHE D'EXPOSITION</b>	<b>PCR Conseil</b>
		VI 11 mars 2009

«<NOM» «<PRENOM»

**Caractéristique des sources**

<input type="checkbox"/>	Rayonnement X (générateur électrique) et particulaire (accélérateur de particules)
<input type="checkbox"/>	Sources scellée Préciser nature :«EXPOSITION_RAYTS»
<input type="checkbox"/>	Source non scellée Préciser nature :

**Nuisances radiologiques**

	Bou e-	X	γ	Neutron	Proton
Exposition externe	<input type="checkbox"/>				
Exposition interne et contamination	<input type="checkbox"/>				

**Nature du suivi dosimétrique**

Suivi exposition externe :	Passif : <input type="checkbox"/> Mensuel <input type="checkbox"/> Trimestriel   / <input type="checkbox"/> Poitrine <input type="checkbox"/> Poignet
	Dosimètre actif : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Suivi exposition interne :	<input type="checkbox"/> Sans objet <input type="checkbox"/> Anthroporadiométrie <input type="checkbox"/> Radiotoxicologie urinaire
Visite médicale «<visite_medicale»	
Nom du médecin et adresse	«<MEDECIN_DU_TRAVAIL»
Nom de la Personne Compétente en Rdaioprotection et adresse :	
«<PCR»	

**Equipements de protection individuelle pouvant être portés pendant les interventions**

Tablier de radioprotection <input type="checkbox"/>	Gants latex <input type="checkbox"/>	Protection autre <input type="checkbox"/>
Protège thyroïde plombé <input type="checkbox"/>	Lunettes plombées <input type="checkbox"/>	Couverture <input type="checkbox"/>
Veste et jupe <input type="checkbox"/>	Gants plombés <input type="checkbox"/>	Pagne <input type="checkbox"/>

**Autres nuisances**

ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL	IDENTIFICATION DU RISQUE		EVALUATION DU RISQUE		
Emissions de gaz/vapeurs/poussières	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif
Ambiances thermiques (chaud/froid)	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif
Bruit	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif
Eclairage des postes de travail / passages	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif
Agents biologiques/infectieux	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif
Substances dangereuses, risques chimiques	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif
Energie (électricité, gaz, hydraulique,...)	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif
Equipement de travail (machines, cuves, bassins,...)	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif
Port de charge, gestes répétitifs / postures contraignantes	<input type="checkbox"/> Sans objet	<input type="checkbox"/> Identifié	<input type="checkbox"/> Faible	<input type="checkbox"/> Moyen	<input type="checkbox"/> Significatif

**Autres**

# CARTE DE SUIVI MEDICAL

Le MT remet une carte individuelle de suivi médical à tous les travailleurs (cat A et B) (art. R. 4454-10 ; arrêté du 30/12/2004)

**INSTRUCTIONS POUR LE MÉDECIN DU TRAVAIL**

- Chaque travailleur doit disposer d'une carte individuelle de suivi médical et d'une seule.
- La délivrance de cette carte implique l'existence préalable d'un dossier individuel.
- Le Médecin du Travail complète et signe les volets 1, 2, y compris la catégorie.
- Le titulaire de la carte signe les volets 1 et 2.
- Le Médecin du Travail détache le volet 2 et le transmet sans délai sous enveloppe à :

**I R S N - SISERI**  
**BP n° 40035 - 78116 LE VÉSINET CEDEX**

La carte individuelle de suivi médical doit être réactualisée chaque année par le Médecin du Travail.  
 En cas de changement d'entreprise, le titulaire garde la carte et la présente au Médecin du Travail de la nouvelle entreprise.

Volet 2

Le soussigné certifie qu'il ne dispose d'aucune autre carte et qu'il a reçu les informations prévues par la réglementation sur :

- Les risques résultant de l'exposition externe et interne aux rayonnements ionisants ;
- Les moyens mis en œuvre pour s'en prémunir ;
- Les méthodes de travail offrant les meilleures garanties de sécurité ;
- La surveillance médicale réglementaire à laquelle il doit se soumettre dans l'intérêt de sa propre santé.

Date : \_\_\_\_\_

Signature du Titulaire de la carte : \_\_\_\_\_

Volet 1

NUMÉRO D'ORDRE NATIONAL : N° XXXXXX

**CARTE PROFESSIONNELLE  
-SUIVI MÉDICAL-**

**CATÉGORIE**

Les données figurant sur cette carte sont destinées à votre Médecin du Travail et à l'IRSN ; seules celles du volet adressé à l'IRSN feront l'objet d'un traitement informatisé.  
 (Dispositions conformes à la loi du 6 janvier 1978 modifiée relative à l'informatique et aux libertés).

Volet 1

NOM : \_\_\_\_\_

NOM DE JEUNE FILLE : \_\_\_\_\_

PRÉNOMS : \_\_\_\_\_  
(en abrégé)

N° DE S.S. + clé : \_\_\_\_\_

EMPLOI : \_\_\_\_\_

CARTE DÉLIVRÉE LE : \_\_\_\_\_

PAR LE DR : \_\_\_\_\_

MÉDECIN DU TRAVAIL DE : \_\_\_\_\_  
(nom de l'entreprise, adresse, téléphone)

Photo d'identité

Cachez :

Signature du Médecin du Travail

Volet 1

Fixer ici la ou les fiches annexes de validations

**VALIDATIONS OBLIGATOIRES**

DATES	SIGNATURE DU MÉDECIN DU TRAVAIL ET CACHET
Du _____	
Au _____	
Du _____	
Au _____	
Du _____	
Au _____	
Du _____	
Au _____	
Du _____	
Au _____	
Du _____	
Au _____	

Volet 1

CATÉGORIE  N° XXXXXX

NOM : \_\_\_\_\_

NOM DE JEUNE FILLE : \_\_\_\_\_

PRÉNOMS : \_\_\_\_\_  
(en abrégé)

N° DE S.S. + clé : \_\_\_\_\_

EMPLOI : \_\_\_\_\_

SIGNATURE DU TITULAIRE : \_\_\_\_\_  
offrant qu'il ne dispose d'aucune autre carte de suivi médical

CARTE DÉLIVRÉE LE : \_\_\_\_\_

PAR LE DR : \_\_\_\_\_

MÉDECIN DU TRAVAIL DE : \_\_\_\_\_  
(nom de l'entreprise, adresse, téléphone)

Signature du Médecin du Travail Cachez :

Volet 2

## TABLEAU N°6

### Affections provoquées par les rayonnements ionisants

*Date de création : 4 janvier 1931*

*Dernière mise à jour : 26 juin 1984*

DÉSIGNATION DES MALADIES	DÉLAI de prise en charge	LISTE INDICATIVE des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation aiguë.	30 jours	Tous travaux exposant à l'action des rayons X ou des substances radioactives naturelles ou artificielles, ou à toute autre source d'émission corpusculaire, notamment :
Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation chronique.	1 an	Extraction et traitement des minerais radioactifs ;
Blépharite ou conjonctivite.	7 jours	Préparation des substances radioactives ;
Kératite.	1 an	Préparation de produits chimiques et pharmaceutiques radioactifs;

Cataracte.	10 ans	
Radiodermites aiguës.	60 jours	Préparation et application de produits luminescents radifères ;
Radiodermites chroniques.	10 ans	Recherches ou mesures sur les substances radioactives et les rayons X dans les laboratoires ;
Radio-épithélite aiguë des muqueuses.	60 jours	
Radiolésions chroniques des muqueuses.	5 ans	Fabrication d'appareils pour radiothérapie et d'appareils à rayons X ;
Radionécrose osseuse.	30 ans	Travaux exposant les travailleurs au rayonnement dans les hôpitaux, les sanatoriums, les cliniques, les dispensaires, les cabinets médicaux, les cabinets dentaires et radiologiques, dans les maisons de santé et les centres anticancéreux ;
Leucémies.	30 ans	
Cancer broncho-pulmonaire primitif par inhalation.	30 ans	Travaux dans toutes les industries ou commerces utilisant les rayons X, les substances radioactives, les substances ou dispositifs émettant les rayonnements indiqués ci-dessus.
Sarcome osseux.	50 ans	

---

# LE POINT SUR LES EQUIPEMENTS

# DE RADIOPROTECTION

PCR Conseil





# PROTECTIONS COLLECTIVES



- LES PARAVENTS  
PLOMBES mobiles ou  
fixes

- Les MURS

- Bas volets plombés

- Jupes plombés

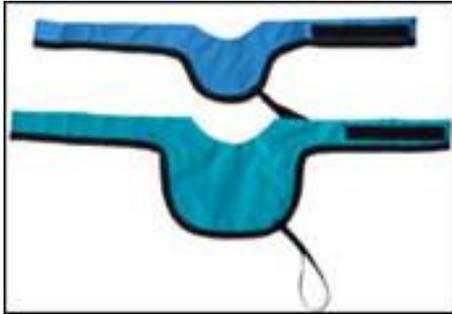


# LES PROTECTIONS INDIVIDUELLES



- LES TABLIERS PLOMBES
  - 0.35 ou 0.5mm de plomb
  - Intégral ou ½ chasuble
  - Choix selon le poste de travail
  - Respect de la limite de dose annuelle et de la charge supplémentaire de l'équipement

# LES PROTECTIONS INDIVIDUELLES



- Cache thyroïde



- Gants plombés ou atténuateurs



- Lunettes plombées

- À porter lors de toute exposition proche du patient, exposant les extrémités et de façon prolongée.



# Principe de l'atténuation des RX par un écran

Epaisseur (mm Pb)	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
75 kV	1/ 10	1/ 100	1/ 1000	1/ 10000		
100 kV		1/ 10		1/ 100		1/ 1000

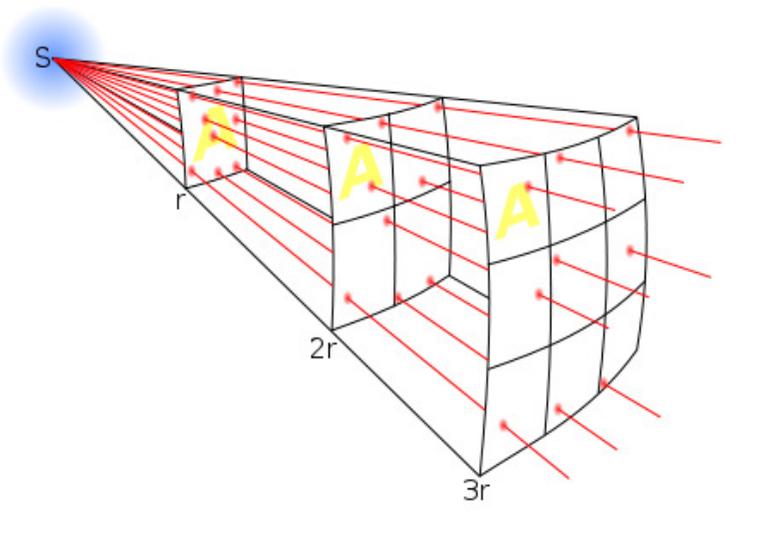
---

# Procédures générales de radioprotection aux différents postes de travail

# 3 facteurs principaux à la radioprotection

- **DISTANCE**

**Se tenir le plus loin** possible du diffuseur (loi de l'inverse carré de la distance)



- **TEMPS**

Diminuer le temps d'exposition

- **ECRAN**

Porter les EPI ou se protéger derrière les EPC

# PROCEDURES GENERALES

- **Se tenir le plus loin** possible du diffuseur (loi de l'inverse carré de la distance)
- Se **protéger** au maximum derrière le **protections collectives**
- Porter des **équipements de protection individuels adaptés** au poste de travail
- **Réduire** au maximum le **temps d'exposition**
- Suivre régulièrement une **formation** sur la radioprotection des travailleurs (et du patient pour le personnel concerné)

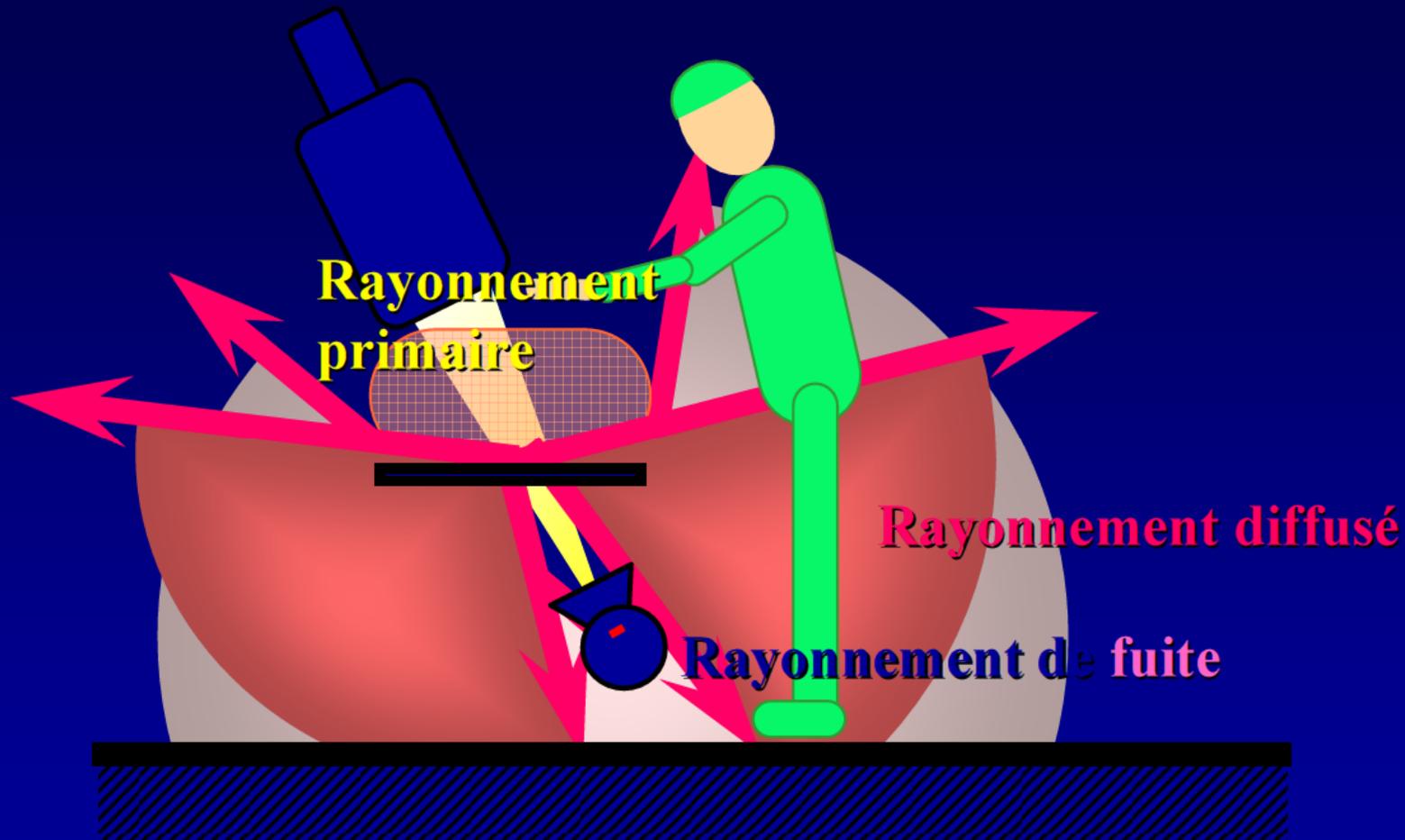


---

# COMMENT REDUIRE LA DOSE AU TRAVAILLEUR

PCR Conseil

# Sources d'irradiation des opérateurs



**FACTEURS QUI  
AFFETCENT LA  
DOSE RECUE PAR  
LE PERSONNEL**

 **TAILLE (hauteur)**

 **POSITION RELATIVE  
PAR RAPPORT AU PATIENT**

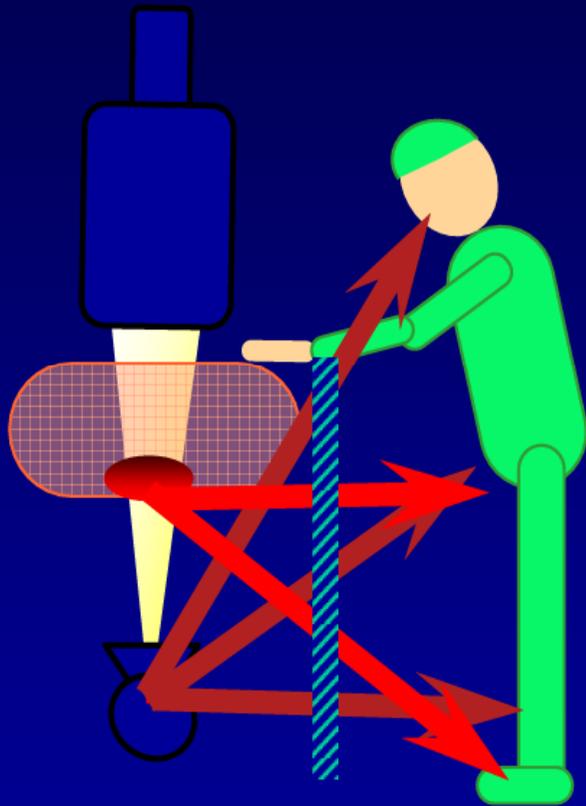
 **VOLUME IRRADIE DU PATIENT**

 **POSITION DU TUBE**

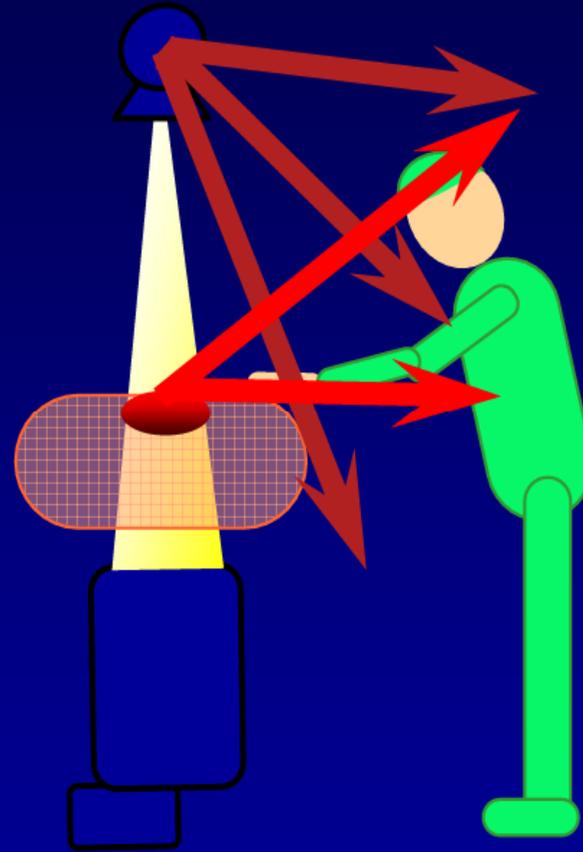
 **kV, mA, temps d'exposition (nombre et  
caractéristiques des pulses)**

 **UTILISATION EFFECTIVE DES  
SYSTEMES MOBILES DE  
PROTECTION**

# Disposition du matériel tube dessous / dessus

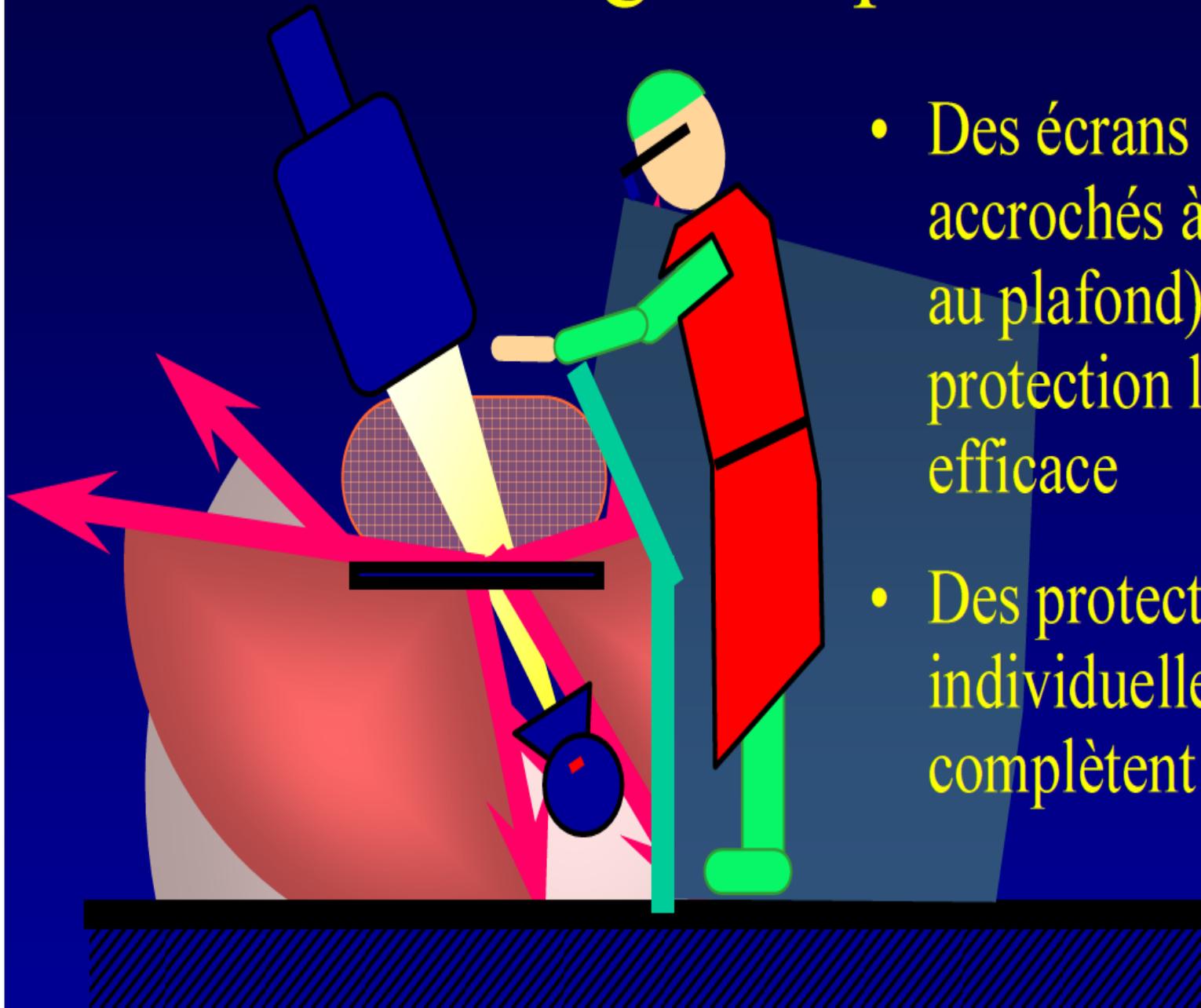


- Protections plus aisées



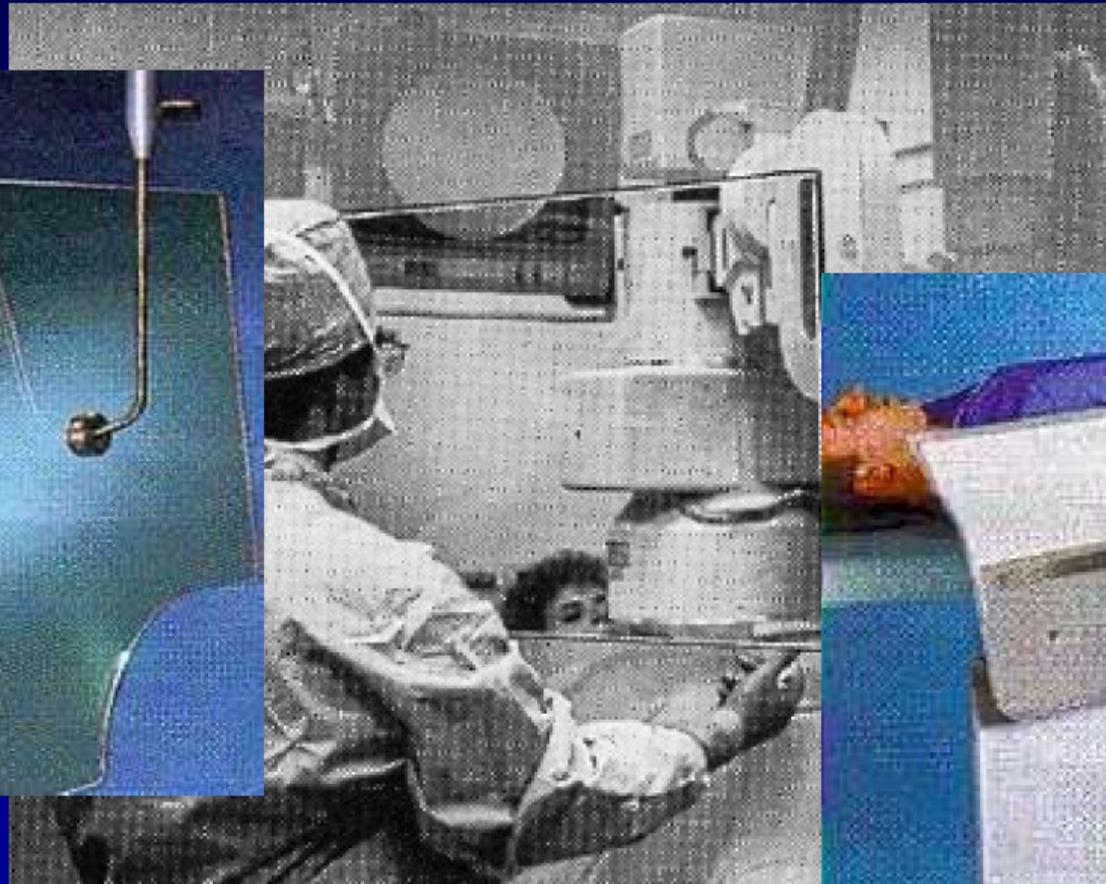
- Risque accru aux yeux et aux mains

# Protéger l'opérateur



- Des écrans plombés accrochés à la table (et au plafond) assurent la protection la plus efficace
- Des protections individuelles la complètent

# Ecrans et Paravents



↓  $1/10\ 000 \Rightarrow 1\text{ mm Pb à }70\text{ kV,}$   
 $2\text{ à }3\text{ mm Pb de }90\text{ à }150\text{ kV}$

# VARIATION DU DEBIT PAR RAPPORT A LA DISTANCE

100 kV  
1 mA

11x11 cm



mGy/h à 0,5 m

mGy/h à 1 m

3,2

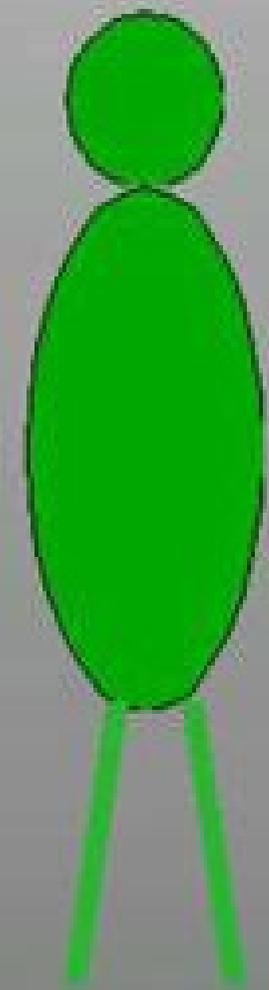
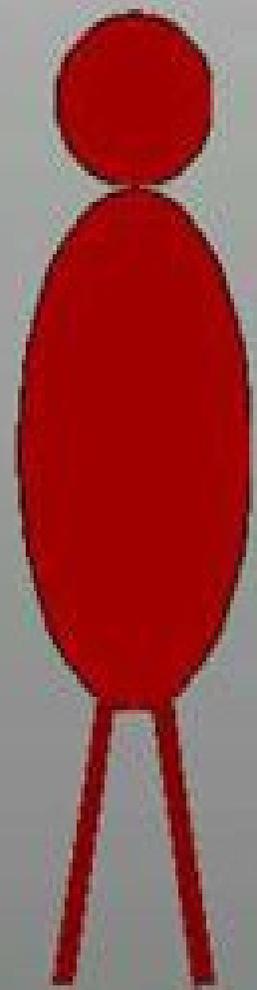
0,8

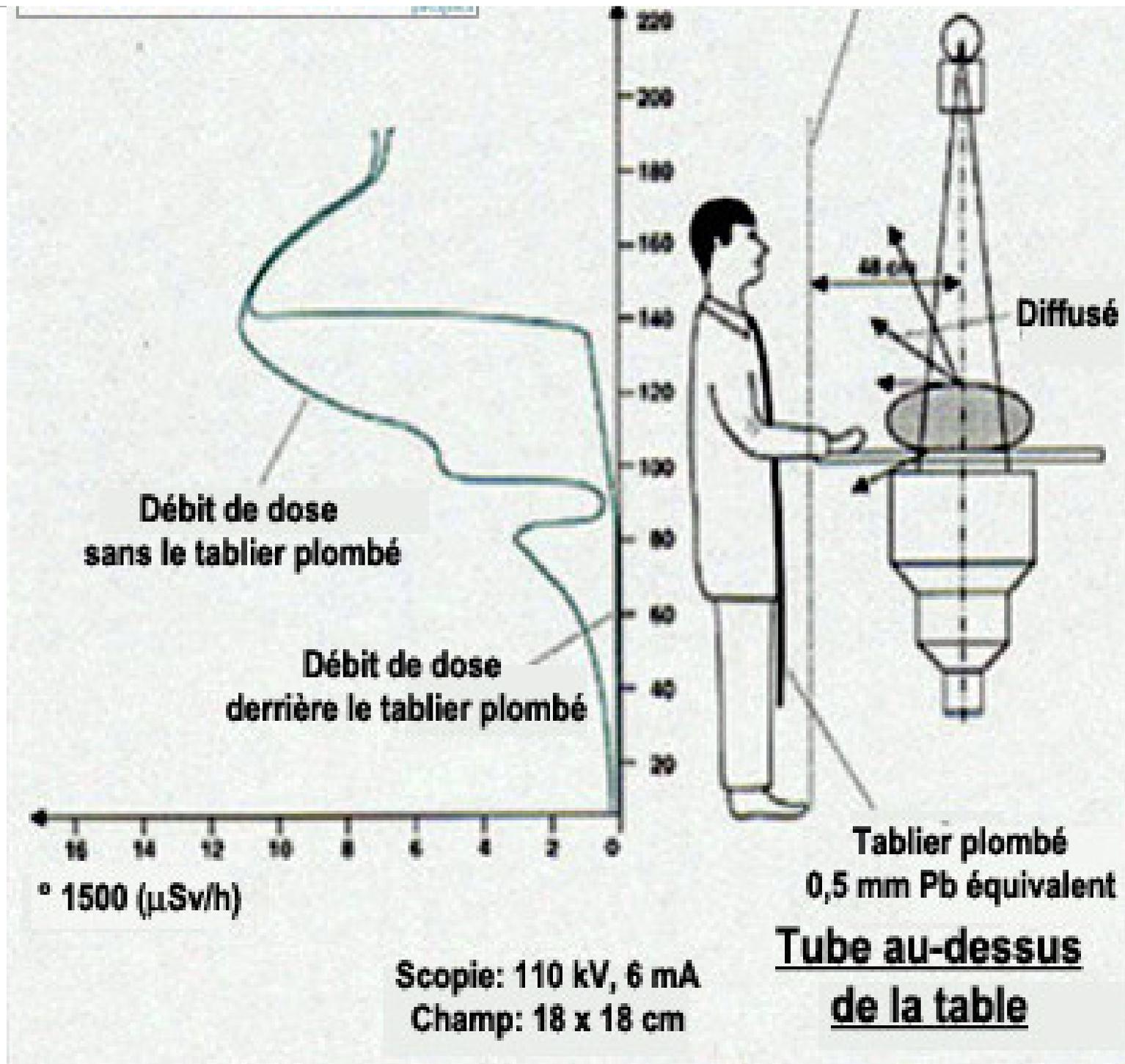
2,4

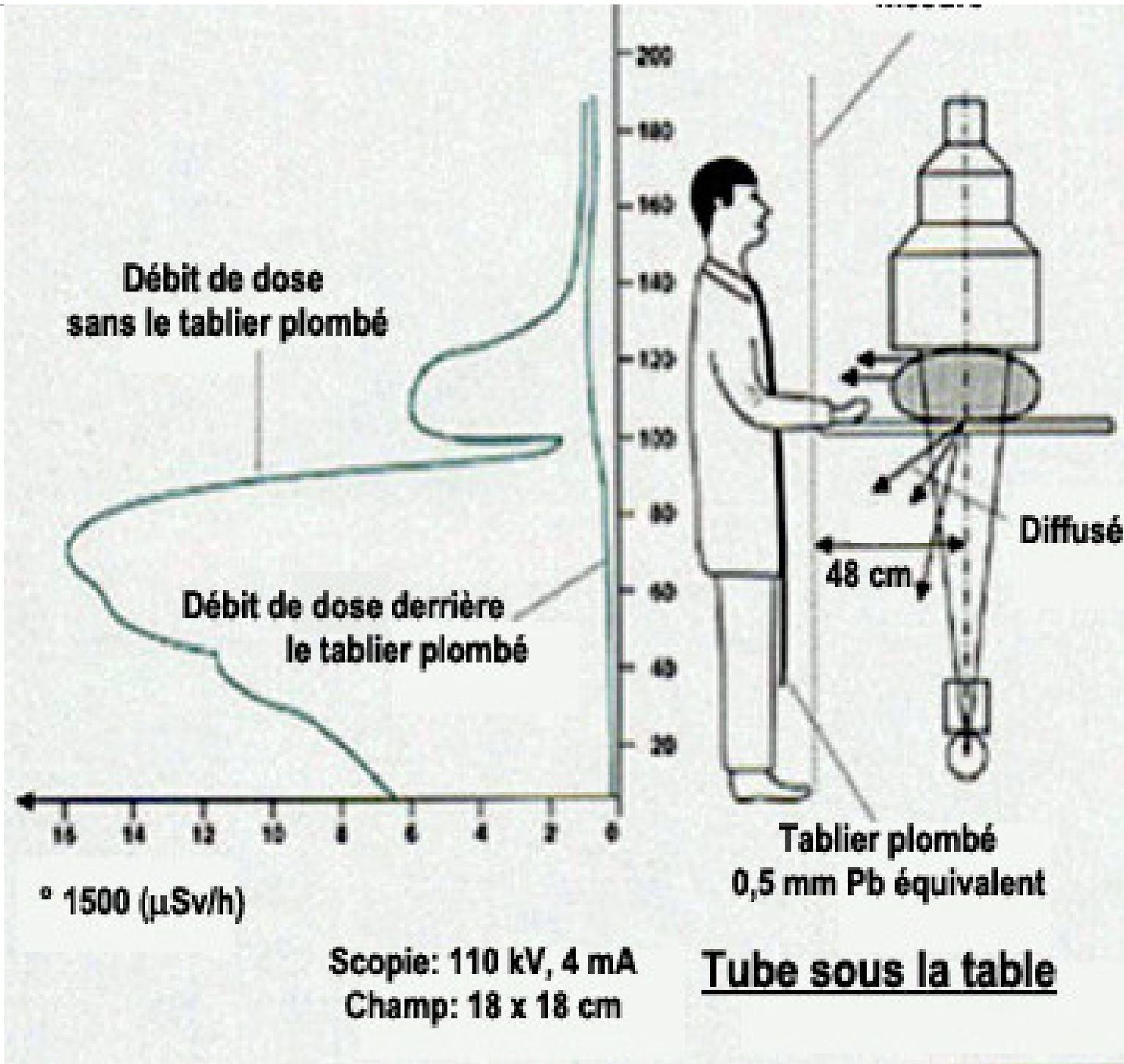
0,6

1,2

0,3







---

# SUIVI DOSIMÉTRIQUE PASSIF ET OPÉRATIONNEL

# Dosimétrie individuelle

## Art. R. 4451-62

« Chaque travailleur appelé à exécuter une opération en zone surveillée, en zone contrôlée ... fait l'objet d'un suivi dosimétrique adapté au mode d'exposition :

1. Lorsque l'exposition est externe, le suivi dosimétrique est assuré par des mesures individuelles, appelées dosimétrie passive ;
2. Lorsque l'exposition est interne, le suivi dosimétrique est assuré par des mesures d'anthroporadiométrie ou des analyses de radio-toxicologie... »

# Dosimétrie passive individuelle corps entier

Seuil d'enregistrement des dosimètres :

- Dosifilms : 200 $\mu$ Sv
- OSL / RPL / TLD : 50  $\mu$ Sv
- Bagues TLD : 300  $\mu$ Sv

Doit être porté à la poitrine **sous les équipements de protection individuelle** (impératif).

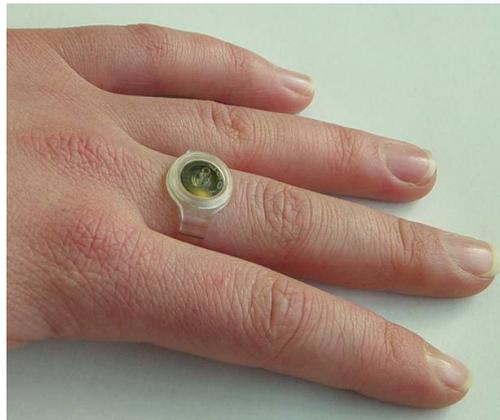
Catégorie A : Périodicité mensuelle.

Catégorie B : Périodicité Trimestrielle.

# Les équipements de mesure de dose individuels



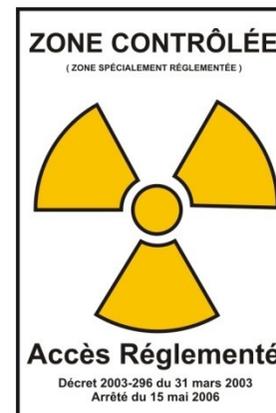
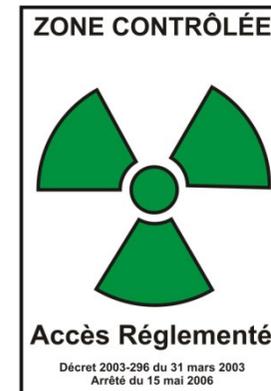
- La dosimétrie passive
  - Mensuelle ou trimestrielle
  - Seuil de détection
  - Corps entier, poignet, Bagues (doigts)...



# Dosimétrie opérationnelle

## Art. R. 4451-67

Tout travailleur appelé à exécuter une opération en zone contrôlée ... fait l'objet, du fait de l'exposition externe, d'un suivi par dosimétrie opérationnelle.



# Dosimétrie opérationnelle

Doit être porté à la poitrine (au niveau du pantalon accepté) sous les éventuels équipements de protection individuelle (impératifs).

Attention : La dose indiquée peut varier avec la dose réellement reçue (réponse angulaire du détecteur).

Il faut le considérer comme un outil d'optimisation des pratiques et un dispositif d'alerte.

Ne remplace en rien le suivi dosimétrique passif.

# Les équipements de mesure de dose individuels



- La dosimétrie opérationnelle (ou active)
  - Donne une mesure de dose en temps réel
  - Possibilité de définir un seuil différent selon le poste de travail
  - Attribution par code personnel
  - Centralisation des données
  - Gestion par la PCR

# Estimation de la dose sur 12 mois

Suivi médical renforcé



6 à 20 mSv

A

Mensuel

1 à 6 mSv

B

Trimestriel

> 1 mSv

Non classé

Trimestriel

## Dosimétrie passive individuelle



Intervention en zone radiologique

Zone Surveillée



Zone Contrôlée



Zone spécialement réglementée



## Dosimétrie opérationnelle



# Effets potentiellement néfastes de l'exposition aux rayonnements ionisants sur l'embryon, cas de la femme enceinte



---

**L'exposition d'une femme enceinte (ou susceptible de l'être) engendre très souvent une forte inquiétude**

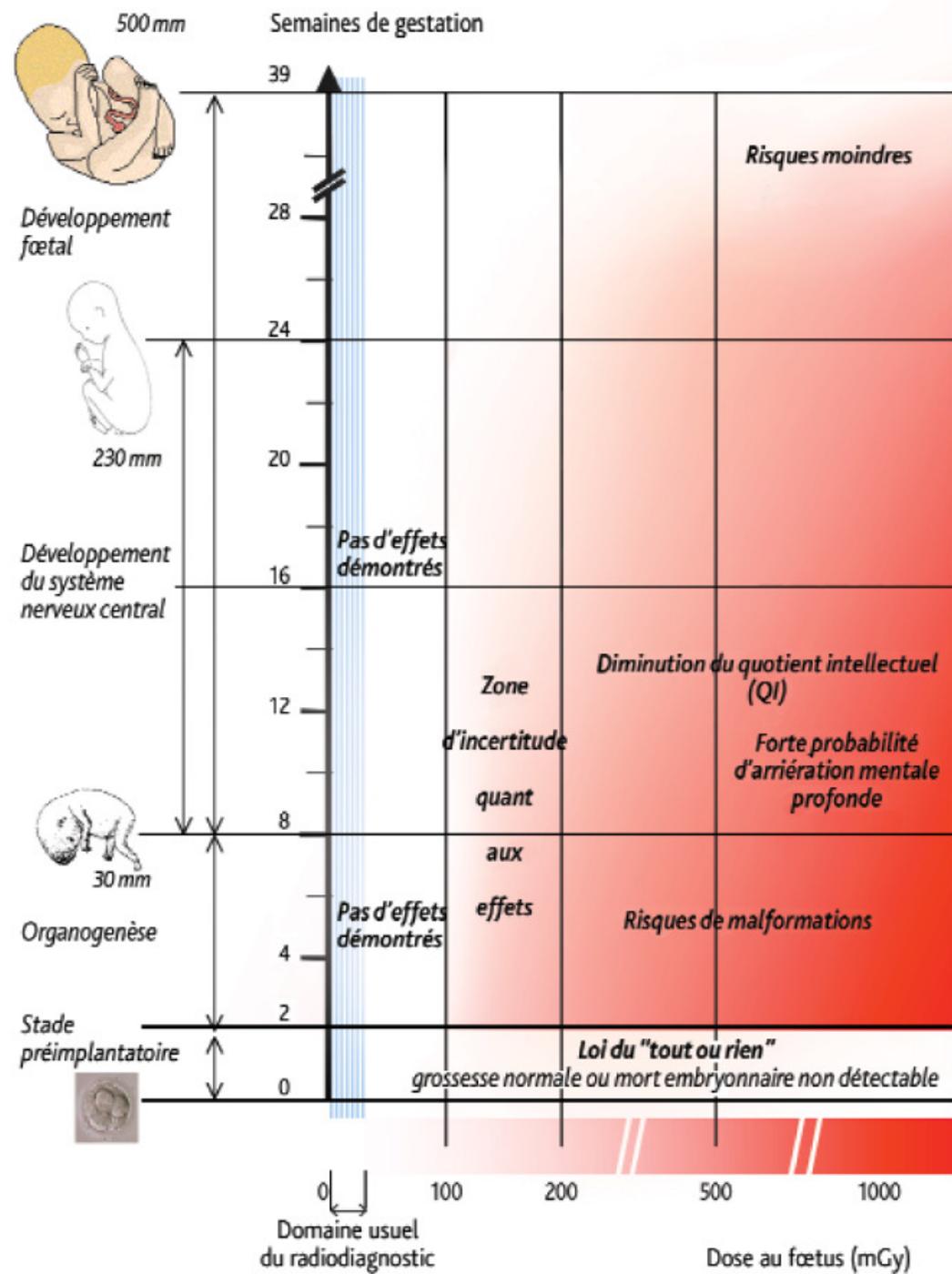


**Cela peut mener à des conduites inadaptées comme une interruption thérapeutique de grossesse pour des expositions en réalité sans risque pour le fœtus.**

# LIMITE D'EXPOSITION POUR LE FEMME ENCEINTE

- Une femme enceinte soumise aux rayonnements ionisants subit la limite de dose du fœtus soit 1mSv sur la période entre la déclaration et l'accouchement (1mSv = limite de dose du public sur 12 mois)
- Le plus difficile pour l'employeur étant de pouvoir calculer la dose foetale





- 
- La littérature et différentes études **ne rapportent aucune malformation au-dessous de 200 mGy** et aucun effet cancérigène au-dessous de 300 mGy
  - **L'ITG** n'est pas proposée pour une dose reçue par le foetus inférieure à **200 mGy**
  - Elle est **discutée au delà de 200 mGy**

**Exemples  
d'évaluation  
dosimétrique et  
d'évaluation des  
risques  
dosimétriques**





# SALLE DE BLOC OPERATOIRE

PCR Conseil



## DETERMINATION DE LA DECROISSANCE DES RISQUES DOSIMETRIQUES

### A PARTIR D'UNE DOSE EFFICACE EN 1 HEURE DE TRAVAIL

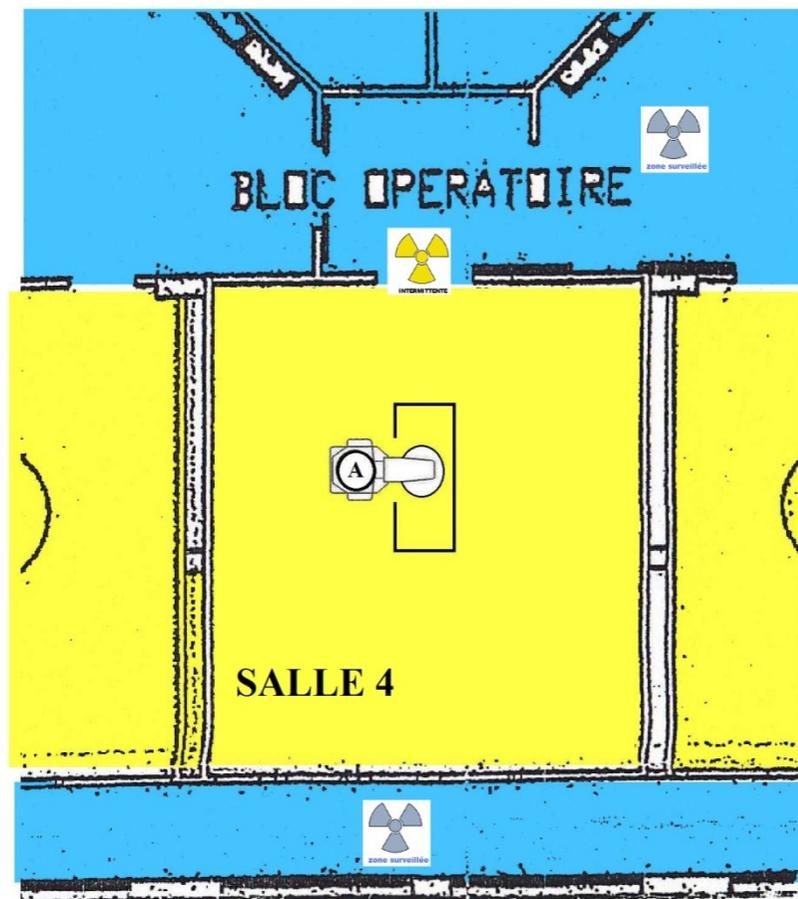
## **BV PULSERA**

**avec DI**

ZONE	ARRETE ZONAGE	DOSE/ H Travail	DISTANCE DU DIFF	ZONE x JUSQU'À en cm	en mètre
ZONE SURVEILLEE	0,52	127,54	100	1 566,08	15,66
ZONE CONTROLEE VERTE	7,5	127,54	100	412,37	4,12
ZONE CONTROLEE JAUNE	25	127,54	100	225,86	2,26
ZONE CONTROLEE ORANGE	2000	127,54	100	25,25	0,25
ZONE INTERDITE	100000	127,54	100	3,57	0,04



PLAN ZONAGE (selon l'évaluation des risques dosimétriques)



DETERMINATION DE LA DECROISSANCE DES RISQUES DOSIMÉTRIQUES  
A PARTIR D'UNE DOSE EFFICACE EN 1 HEURE DE TRAVAIL

ZONAGE DES RISQUES (horizontal)

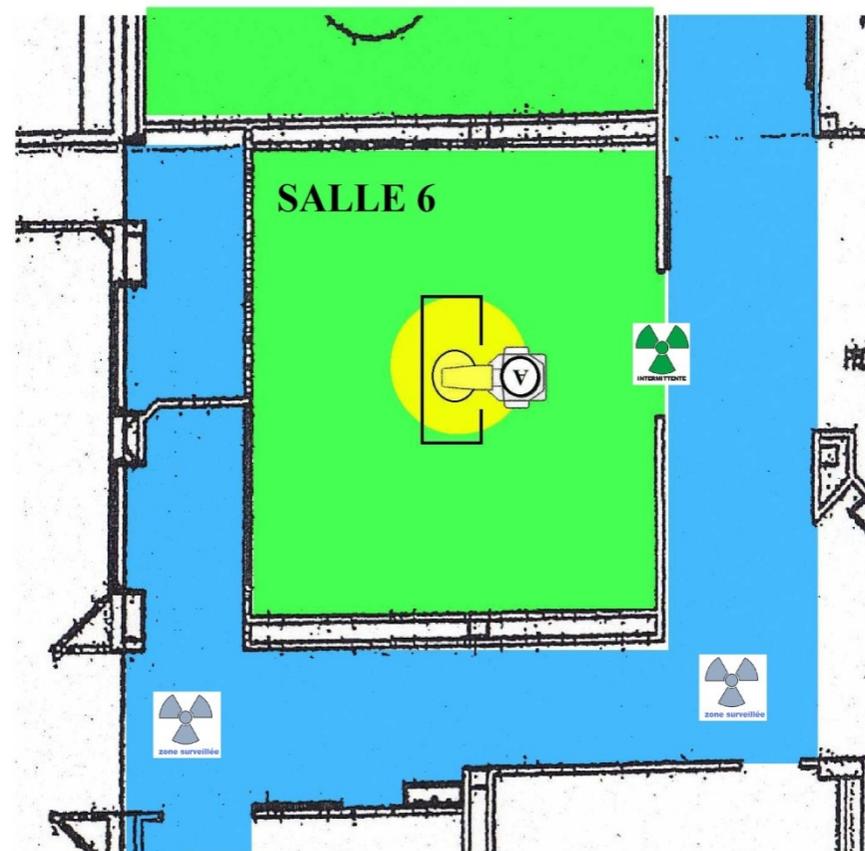
ZONE	ARRIÈRE-PENSÉE	PROXIMITÉ	DOSE EFFICACE (mSv)	DOSE EFFICACE (mSv)	DOSE EFFICACE (mSv)
ZONE SURVEILLÉE	0,50	127,54	100	1,565,08	15,06
ZONE CONFINÉE INTERDITE	7,5	127,54	100	412,37	4,12
ZONE CONFINÉE JAUNE	25	127,54	100	225,86	2,26
ZONE CONFINÉE ORANGE	2000	127,54	100	25,25	0,25
ZONE INTERDITE	10000	127,54	100	3,27	0,04

Cette salle devient ZONE PUBLIQUE à l'arrêt du générateur.

Toute modification apportée à ce plan sur l'implantation ou l'ajonction de matériel sans en avvertir la société réalisatrice de ce plan dégagerait automatiquement la responsabilité de cette dernière

L'utilisateur s'engage à ce qu'il n'y ait jamais simultanément deux patients dans la salle

PLAN ZONAGE (selon l'évaluation des risques dosimétriques)



DETERMINATION DE LA DECROISSANCE DES RISQUES DOSIMÉTRIQUES  
A PARTIR D'UNE DOSE EFFICACE EN 1 HEURE DE TRAVAIL

ZONAGE DES RISQUES (horizontal)

ZONE	ARRIÈRE-PENSÉE	PROXIMITÉ	DOSE EFFICACE (mSv)	DOSE EFFICACE (mSv)	DOSE EFFICACE (mSv)
ZONE SURVEILLÉE	0,50	16,52	100	563,72	5,64
ZONE CONFINÉE INTERDITE	7,5	16,52	100	145,44	1,45
ZONE CONFINÉE JAUNE	25	16,52	100	81,20	0,81
ZONE CONFINÉE ORANGE	2000	16,52	100	9,89	0,09
ZONE INTERDITE	10000	16,52	100	1,25	0,01

Cette salle devient ZONE PUBLIQUE à l'arrêt du générateur.

L'utilisateur s'engage à ce qu'il n'y ait jamais simultanément deux patients dans la salle

# Arrêté du 15 mai 2006

Appareils mobiles : zone d'opération, à sa périphérie le débit d'équivalent de dose reste  $<0,0025\text{mSv/h}$

ZONE SURVEILLEE	ZONE CONTROLEE	ZONE CONTROLEE	ZONE SPECIALEMENT REGLEMENTEE	ZONE INTERDITE
				
INTERMITTENTE	INTERMITTENTE	INTERMITTENTE	INTERMITTENTE	

Mise en place de signalétiques pendant toute la durée de l'opération

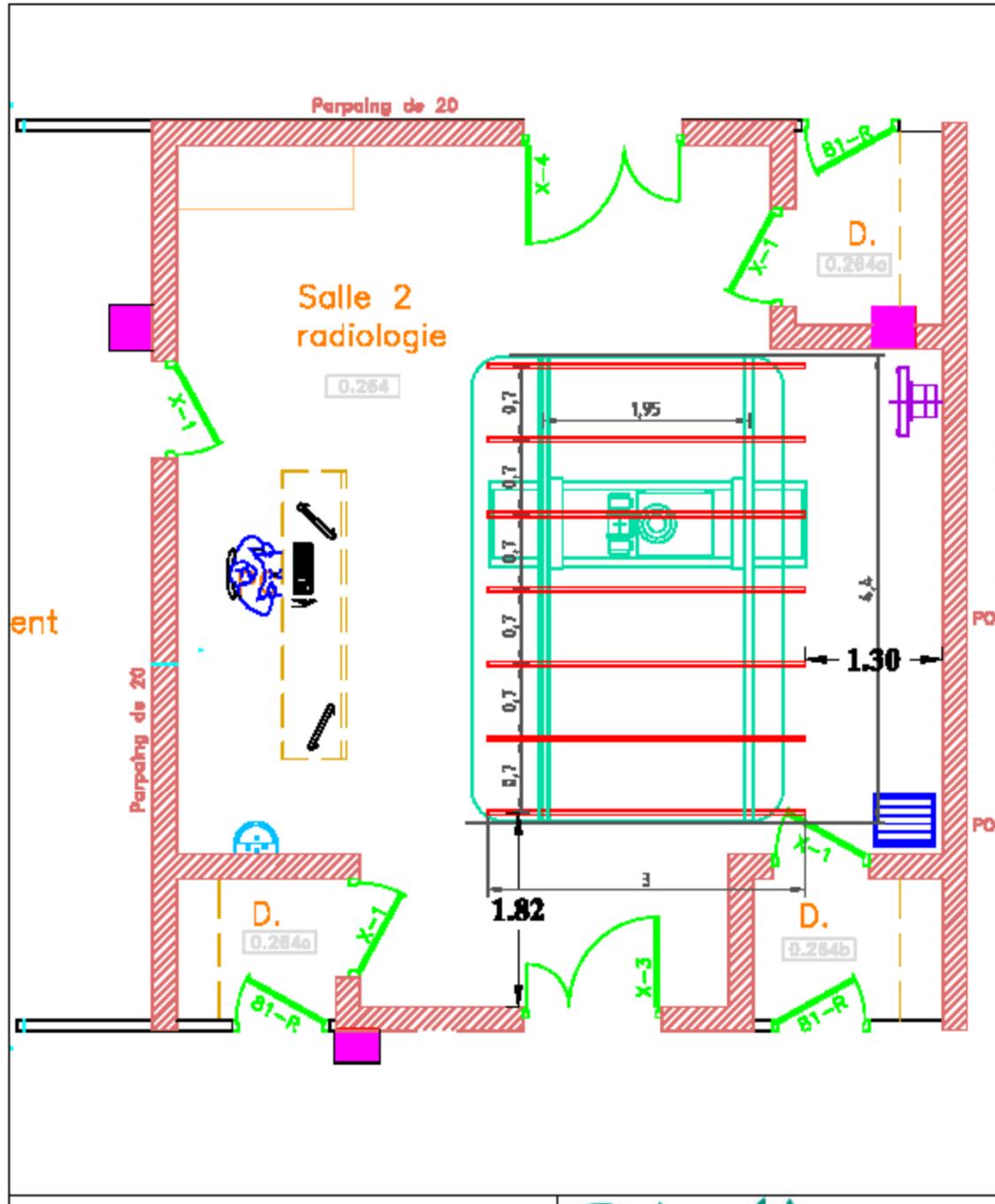


---

# RADIOLOGIE

PCR Conseil





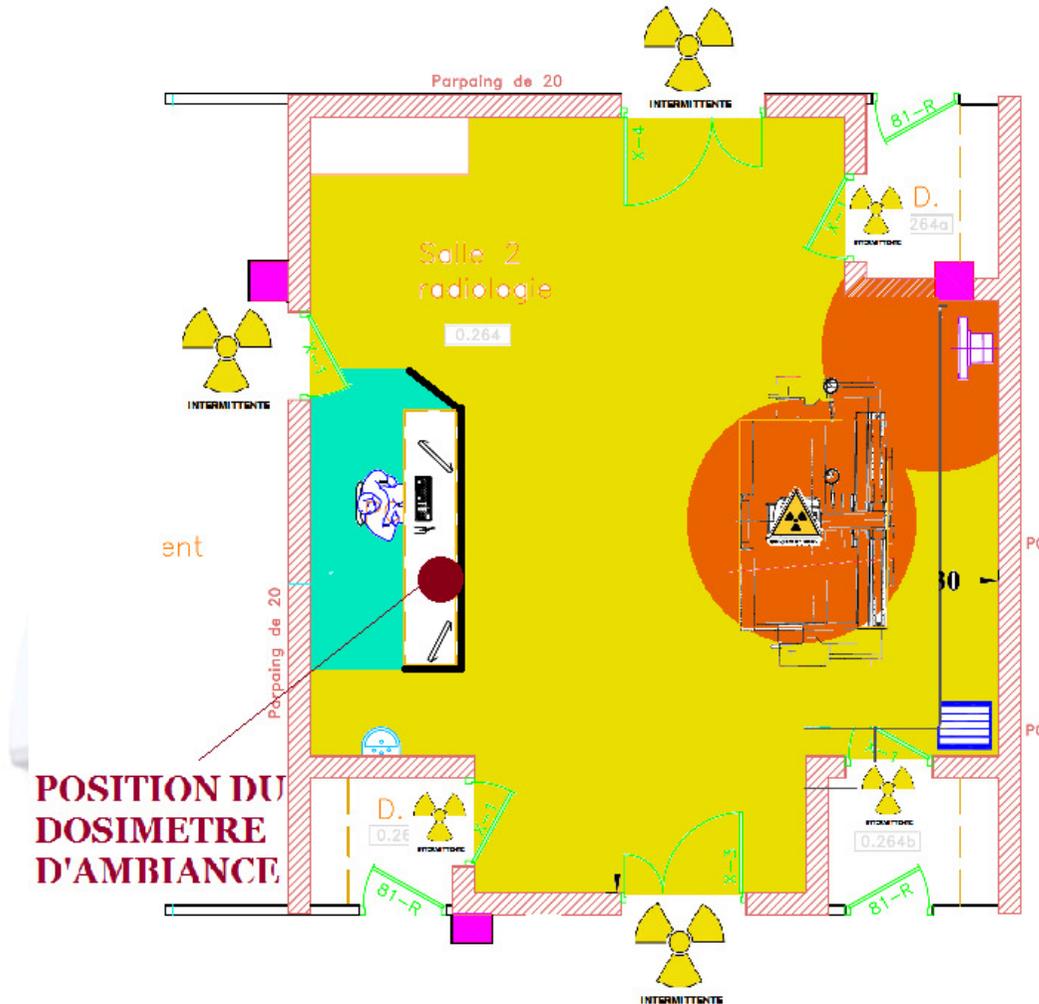
## DETERMINATION DE LA DECROISSANCE DES RISQUES DOSIMETRIQUES

### A PARTIR D'UNE DOSE EFFICACE EN 1 HEURE DE TRAVAIL

## SALLE 3 HOP SD

avec DI

ZONE	ARRETE ZONE	DOSE/ H Travail	DISTANCE DU DIFF	ZONE x JUSQU'À en cm	en mètre
ZONE SURVEILLEE	0,52	228,80	100	2 097,62	20,98
ZONE CONTROLEE VERTE	7,5	228,80	100	552,33	5,52
ZONE CONTROLEE JAUNE	25	228,80	100	302,52	3,03
ZONE CONTROLEE ORANGE	2000	228,80	100	33,82	0,34
ZONE INTERDITE	100000	228,80	100	4,78	0,05

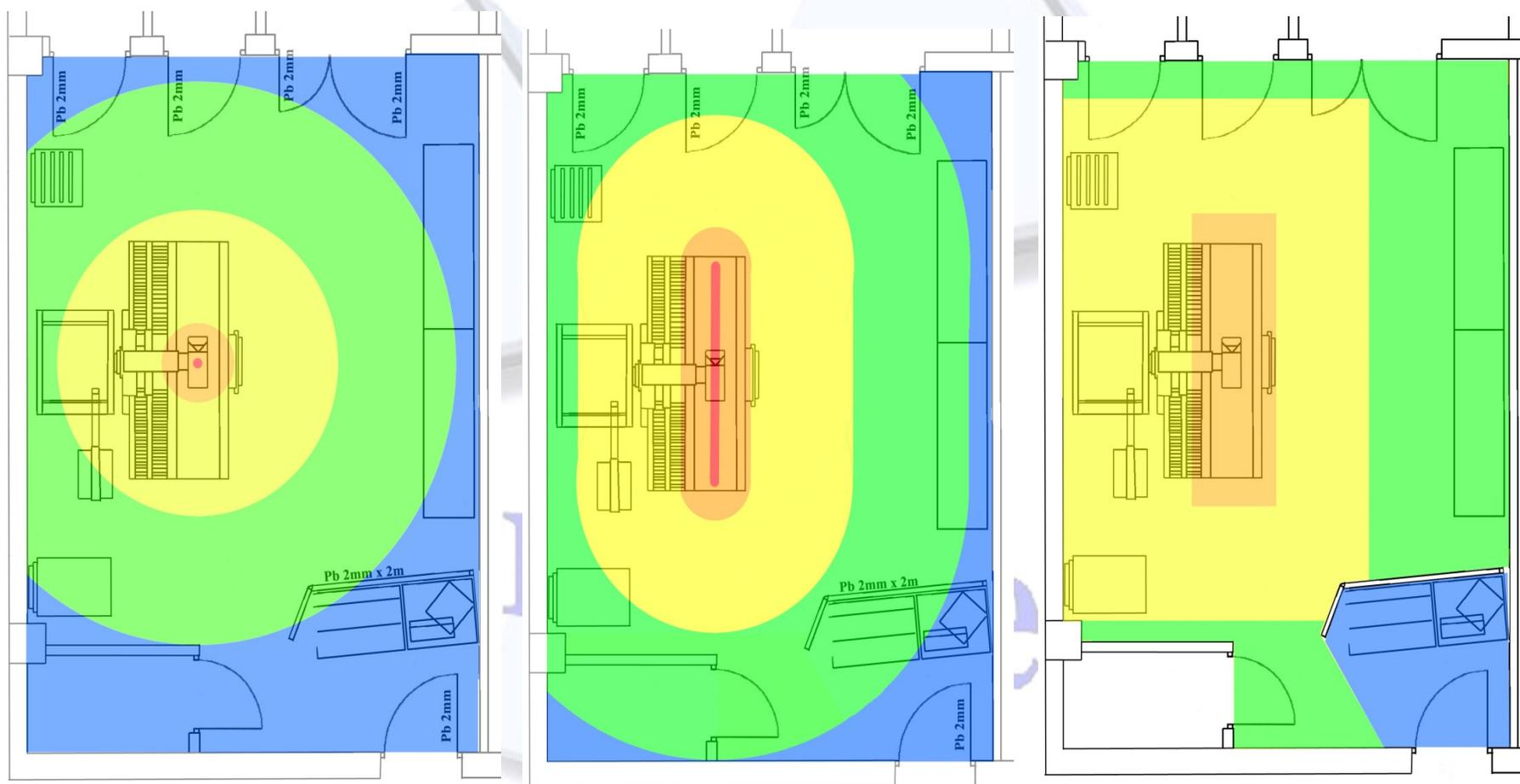


Une **ZONE CONTRÔLÉE ORANGE** (ou **SPECIALLEMENT RÉGLEMENTÉE**) s'étend du diffuseur jusque 0,39m, pour laisser place à une **ZONE CONTRÔLÉE JAUNE** jusque 3,49m autour du diffuseur.  
 cette **ZONE CONTRÔLÉE JAUNE** (ou spécialement réglementée) sera étendue à la salle entière et sera intermittente.  
 Une **ZONE SURVEILLÉE** sera préservée derrière le paravent plombé.  
 En dehors de toute exposition, générateur sous tension, la salle entière sera en **ZONE SURVEILLÉE**.  
 A l'arrêt du générateur, cette salle devient **ZONE PUBLIQUE**.

# Exemple de dose travailleur en service de radiodiagnostic

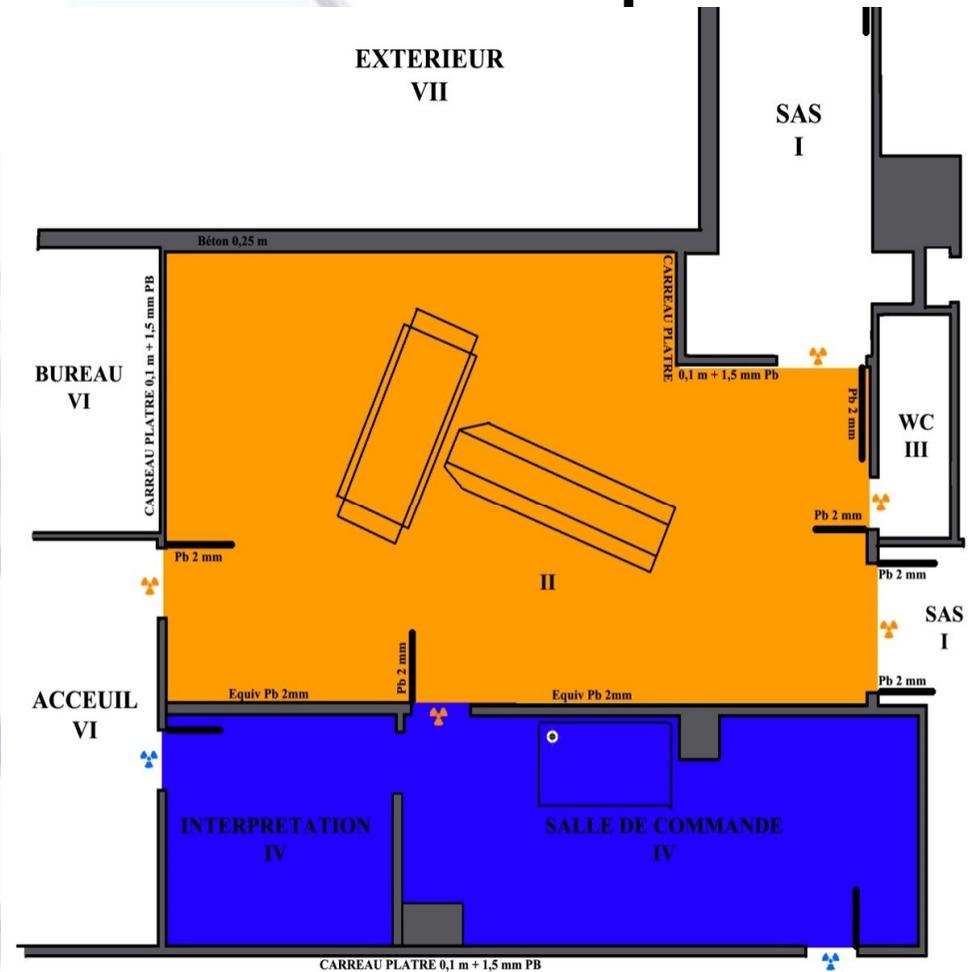
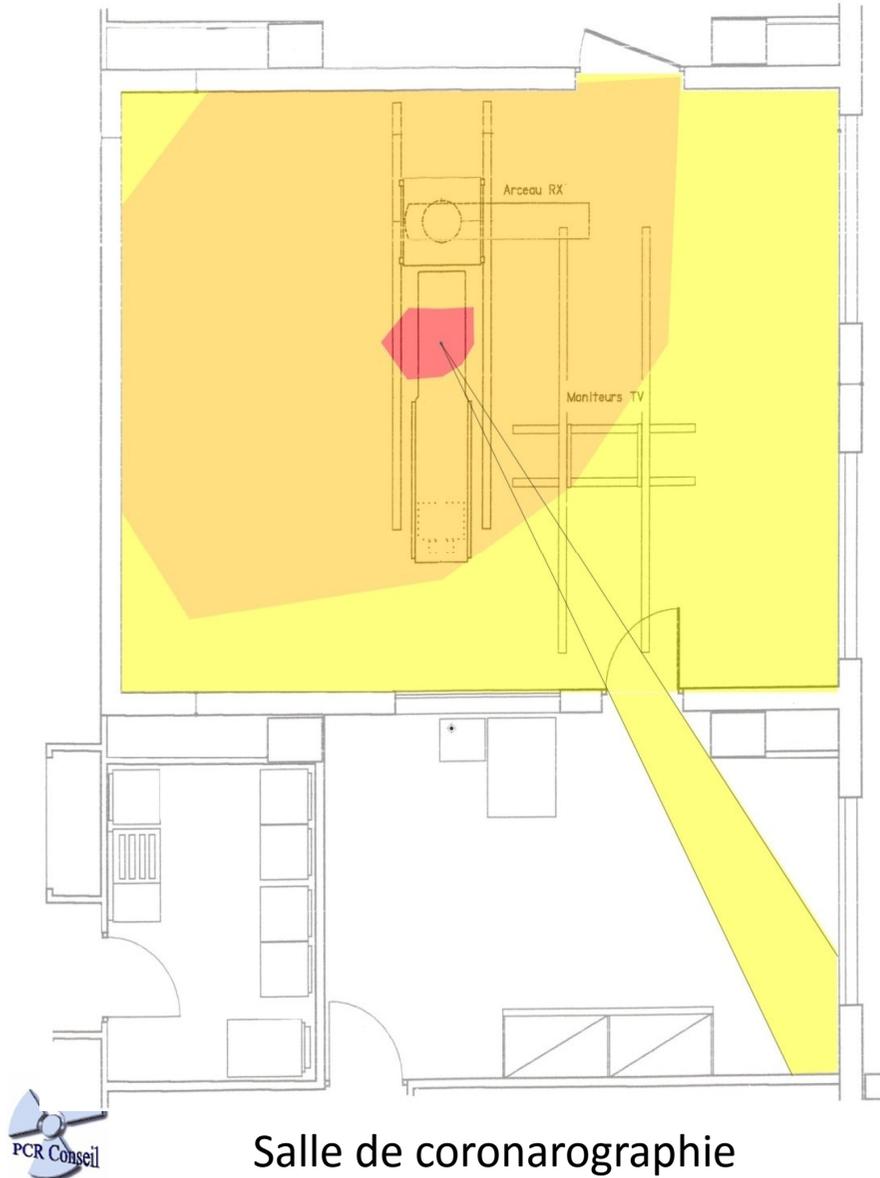
- Pour les **manipulateur d'électroradiologie médicale** la dose prévisionnelle annuelle est la somme des doses calculées pour chaque poste de travail par salle et pour chaque salle avec un facteur de pondération défini.
- L'évaluation sur les postes de travail près du diffuseur avec protection individuelle est définie avec un tablier de 0,5mm de plomb, le tablier en BISMUTH 0,35mm équivalent de plomb étant réservé aux "radiographies au lit":
- **Soit  $E_t = 0.27 \text{ mSv/an}$  (corps entier)** pour 220j de travail par an et 7h de travail quotidien.
- **$H_t = 14.96 \text{ mSv/an}$  (extrémités)**

# Arrêté du 15 mai 2006 : exemples



Zonage salle 7 service de radiologie HMB

# Arrêté du 15 mai 2006 : exemples

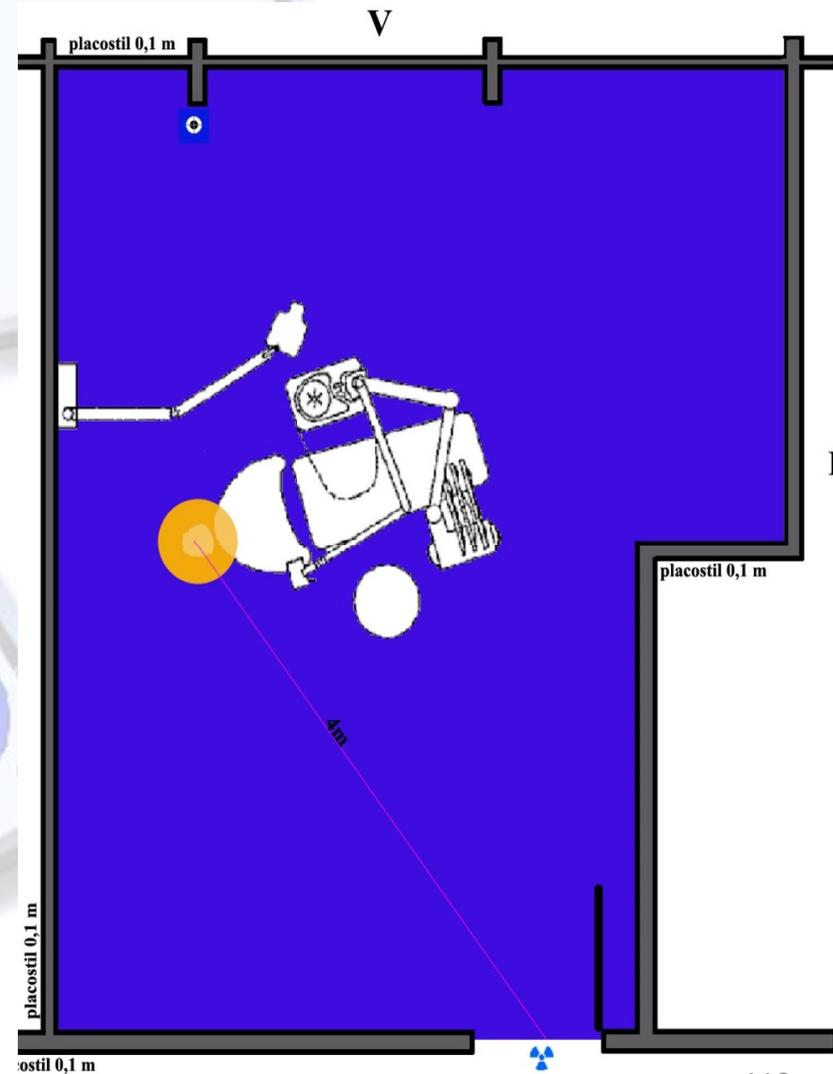


Tomodensitométrie

# Arrêté du 15 mai 2006 : exemples



**BOX  
DENTAIRE**



# Etudes dosimétriques de postes de travail

Source : CHU REIMS

## Chirurgie endo-vasculaire

Estimation des doses collectives annuelles (en mSv) : 600 actes

		Estimation basse	Estimation haute	Limites annuelles réglementaires
Chirurgien	Sans protection	10,2	39,6	20
	Avec chasuble (0,5 mm Pb)	<1,2	<4	
Anesthésistes / IADE / IBODE	Sans protection	4,8	19,20	20
	Avec chasuble (0,35 mm Pb)	<0,5	<2	
Manipulateurs	Sans protection	6,6	25,2	20
	Avec chasuble (0,35 mm Pb)	<1	<3	

Source : CHU REIMS

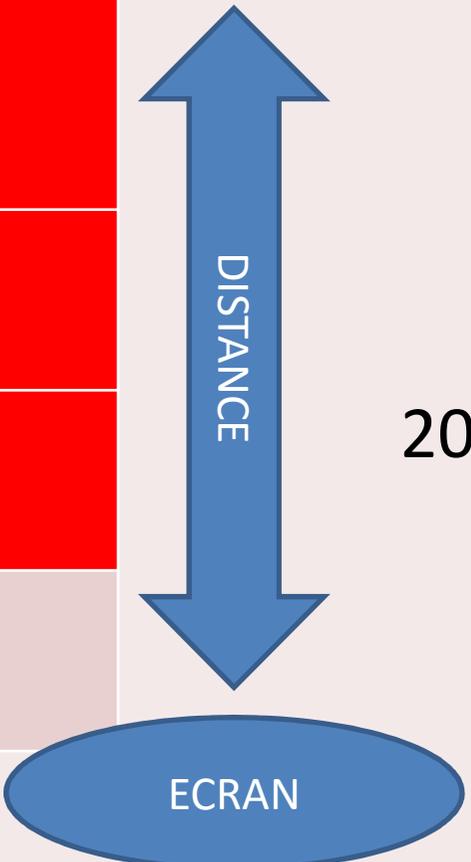
## Chirurgien endo-vasculaire Estimation des doses collectives annuelles (en mSv) : 600 actes

		Estimation basse	Estimation haute	Limites annuelles réglementaires
Poitrine	Sans protection	10,2	39,6	20
	Avec chasuble eq 0,5 mm Pb	<1,2	<4	
Cristallin	Sans protection	9,6	37,2	150
	Avec vitre eq 0,5 mm Pb	<1	<4	
Main Droite	Sans protection	84	324	500
	Gants (eq Pb 0,28 mm) dans le faisceau primaire	63	240	
	Gants (eq 0,28 mm) dans le diffusé	21	80	
Main Gauche	Sans protection	60	240	500
	Gants (eq Pb 0,28 mm) dans le faisceau primaire	45	180	
	Gants (eq 0,28 mm) dans le diffusé	15	60	
Genoux	Sans protection	111	443	500
	Avec bas volet (0,5 mm Pb)	<6	<25	112

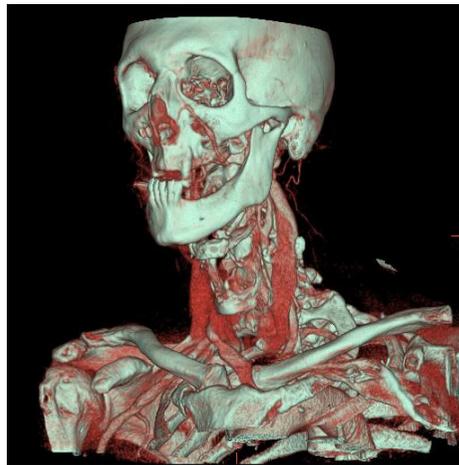
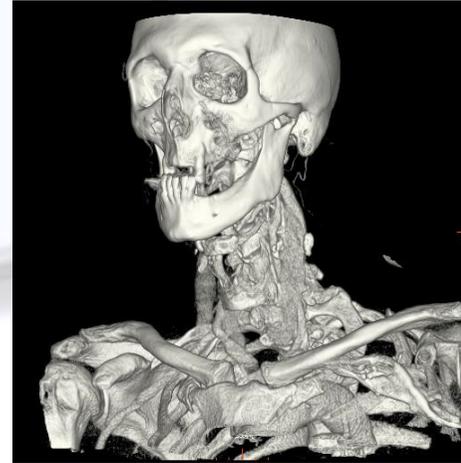
Source : PCR Conseil

## Radiologie conventionnelle

Evaluation dosimétrique en mSv (44 patients/j , activité standard)

	Dose annuelle	Limites annuelles réglementaires
Contre le diffuseur (patient)	398	
0,6 m du patient	91	
1 m du patient	19	
2 m du patient	6	
Derrière paravent	0,1	

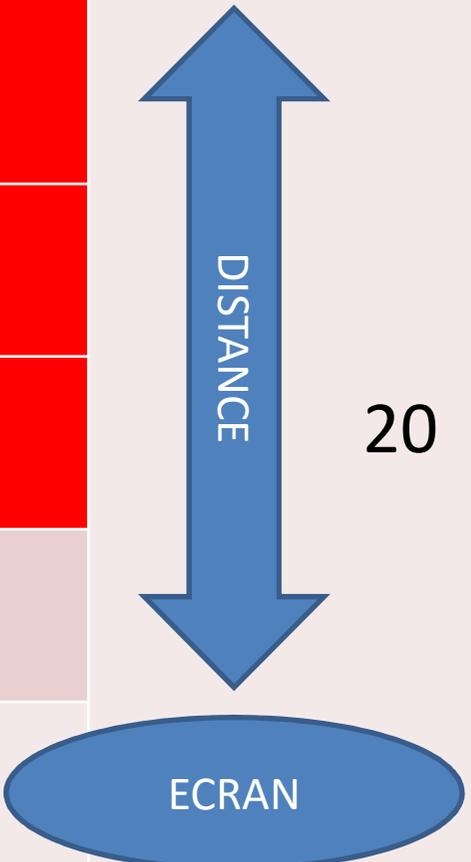
# Tomomensitomètre (TDM ou SCANNER)

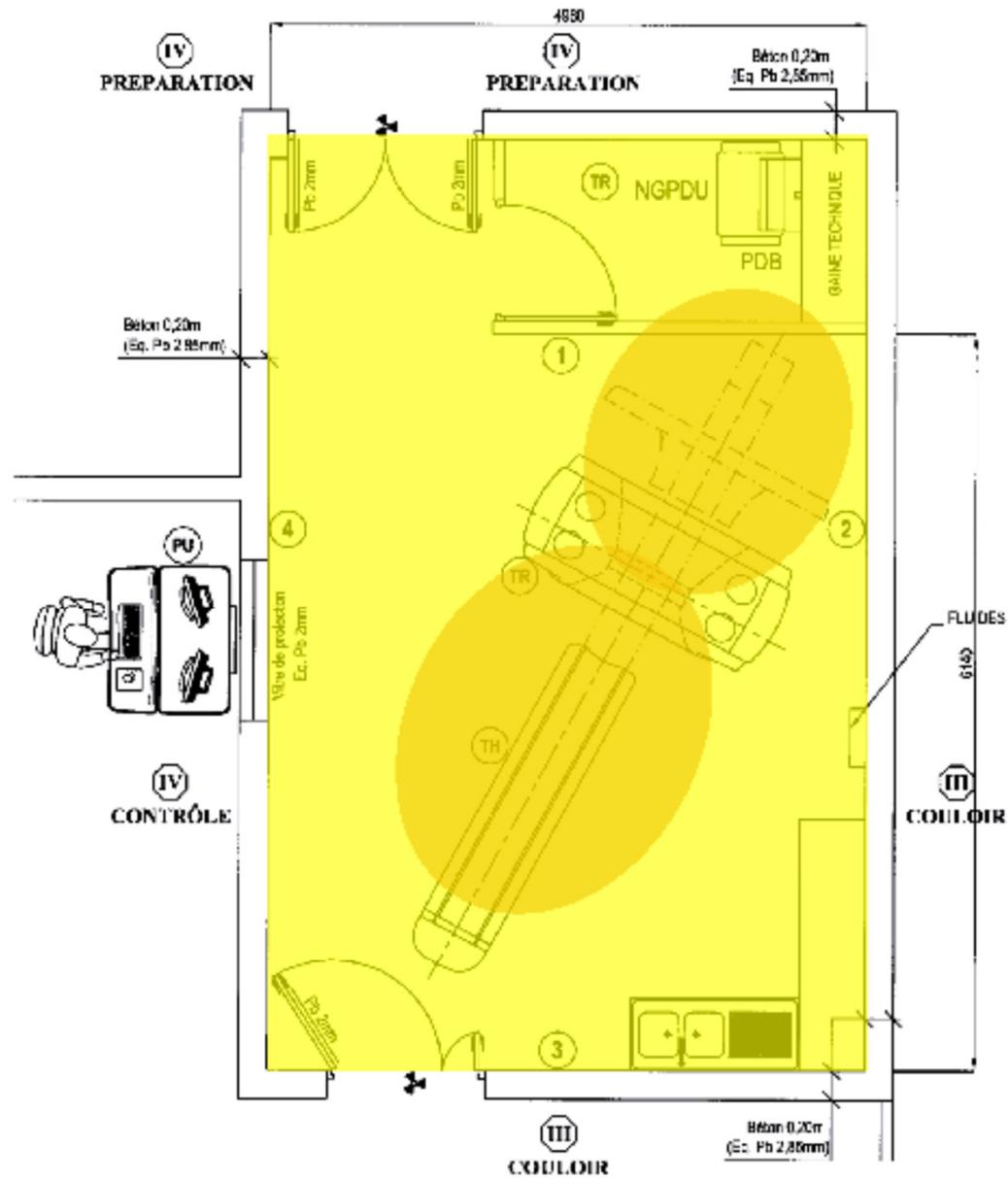


Source : PCR Conseil

### Tomodensitométrie

Evaluation dosimétrique en mSv (64 patients/j, activité standard)

	Dose annuelle	Limites annuelles réglementaires
0,3 m du patient	3654	
1 m du patient	535	
2 m du patient	142	
4 m du patient	13	
Derrière fenêtre pupitre	0,14	



✦ Emplacement du téfle ZONE CONTROLÉE

---

# Médecine nucléaire

- Le patient est la source de rayonnements
- Il est mobile, le débit de dose dépendra du radioélément utilisé à des fins diagnostique ou thérapeutique
- Un circuit a été défini afin de contrôler les ZONES « chaudes et froides »
- L'évacuation des déchets est maîtrisée (urines, sang, ...)
- Les laboratoires et ZONES D'INJECTIONS sont hermétiques, plombées et limitées d'accès

---

# Médecine nucléaire

- **Gestion des effluents & déchets radioactifs pour la protection de l'environnement**
- Quelle soit thérapeutique ou diagnostic la médecine nucléaire génère bon nombre de déchets radioactifs
- Ils sont stockés dans des locaux appropriés pour décroissance (pendant au moins 10 périodes soit 80 jours pour  $I_{131}$  par exemple)
- **Ils sont évacués soit :**
  - - par un organisme agréé (ex : *ANDRA*)
  - - dans le circuit dechet normal, quand le débit de dose l'autorise
- Les effluents reliés à des cuves de stockages et maintenus en décroissance avant d'être évacués (quand le débit de dose l'autorise)

## RADIOPROTECTION

### Thérapeutique : Radiothérapie métabolique

Administration d'un isotope à visé thérapeutique *ex : I<sup>131</sup>* pour le traitement de la thyroïde

Iode 131 *Période 8 j émetteur gamma et beta*

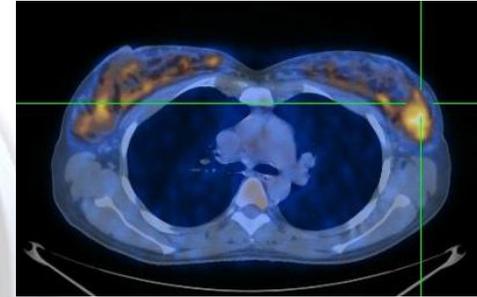
- La dose efficace générée est principalement consécutive à l'émission  $\beta^-$  de l'iode
- A la thérapeutique est souvent couplé une scintigraphie
- Ce traitement reste exceptionnel pour les femmes enceintes, compte tenu de la dose administrée

# RADIOPROTECTION

## Autre imagerie diagnostic en médecine nucléaire

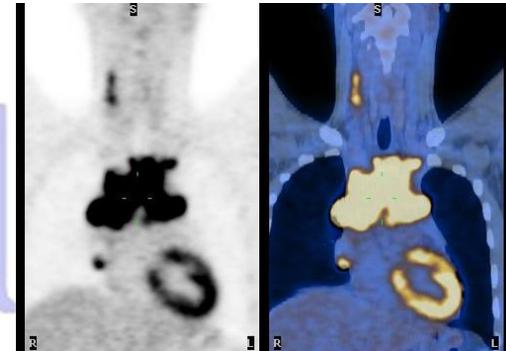
### **TEP** : Tomographie par **É**mission de **P**ositron

- Technique alliant le scanner couplé à la scintigraphie
- Isotope Fluor 18 Période 110 min émetteur  $\beta$  max. 640 Kev



Traceur 18 FDG

Dose prescrite au patient est fonction du poids



---



# APPLICATIONS INDUSTRIELLES

---

# UTILISATION DE SOURCES SCELLÉES ET DE GÉNÉRATEURS DE RAYONNEMENTS

Jauges radioactives

Gammagraphes

Les analyseurs

Stérilisation de produits alimentaires

Stérilisation de produits pharmaceutiques

Conservation du patrimoine culturel

Amélioration de produits de la vie courante

Contrôle des bagages..

Etc...

---

# SOURCES SCELLEES INDUSTRIELLES



# CABINE AUTOPROTEGEE A SOURCE SCELLEES



# CABINE AUTOPROTEGEE A GENERATEUR X

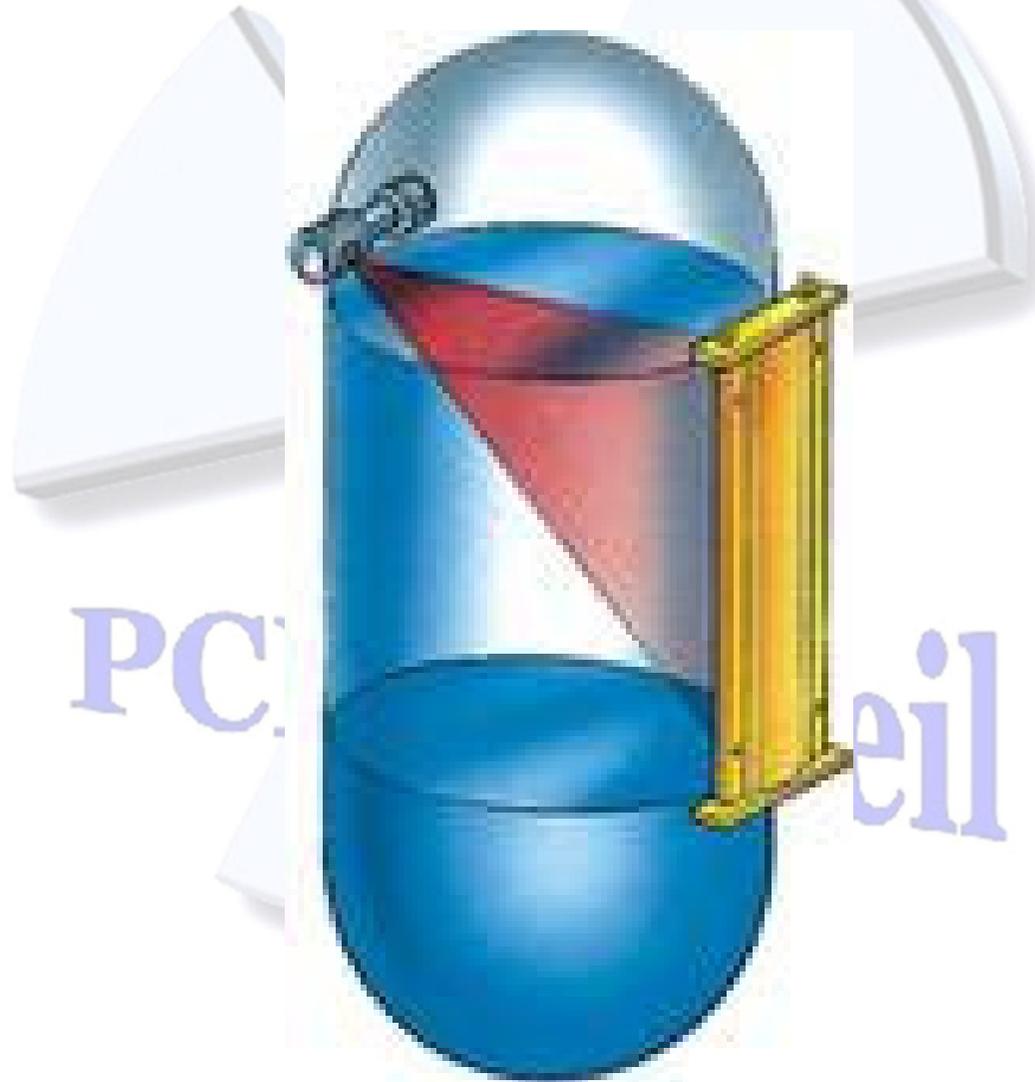


# JAUGE DE DENSITE

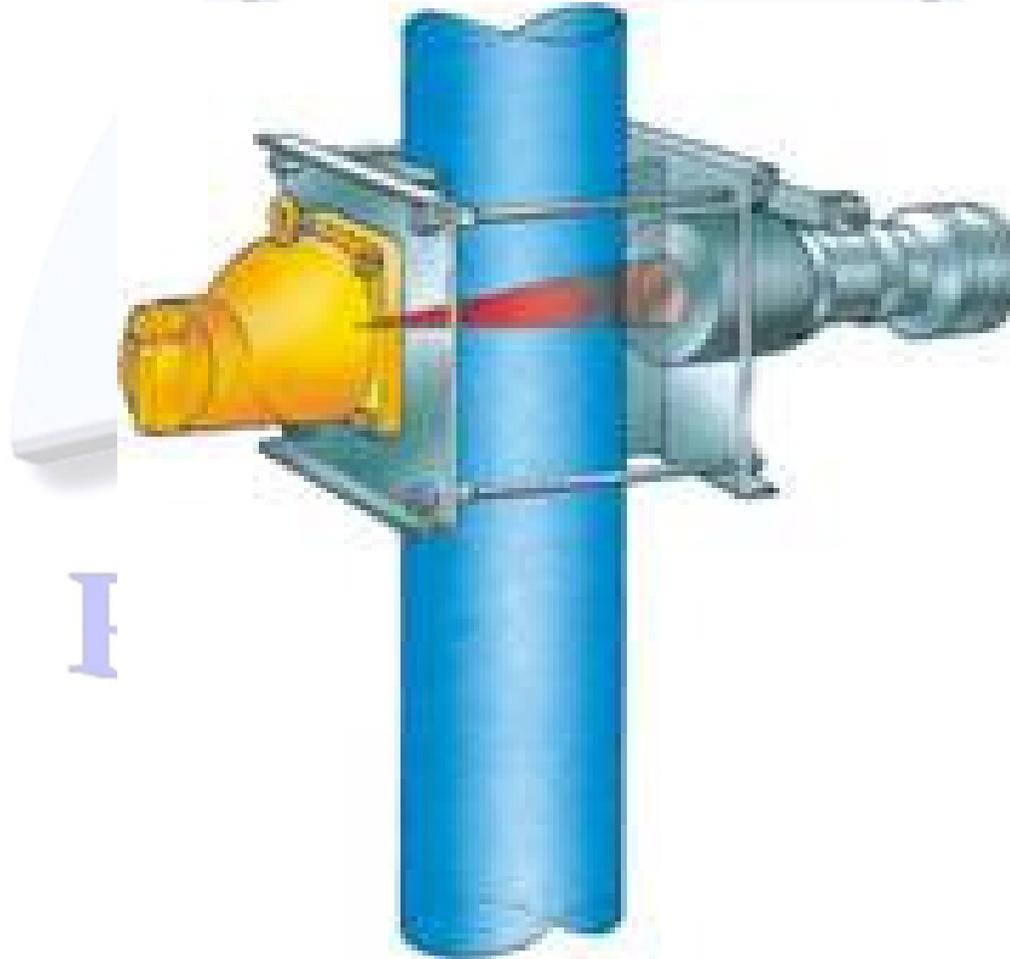


Jauge de densité

# MESURE DE NIVEAUX



# MESURE DE DENSITE



## LES JAUGES RADIOACTIVES

Les jauges représentent 70% des sources scellées

mesures d'épaisseur, de densité, de pesage et de niveau

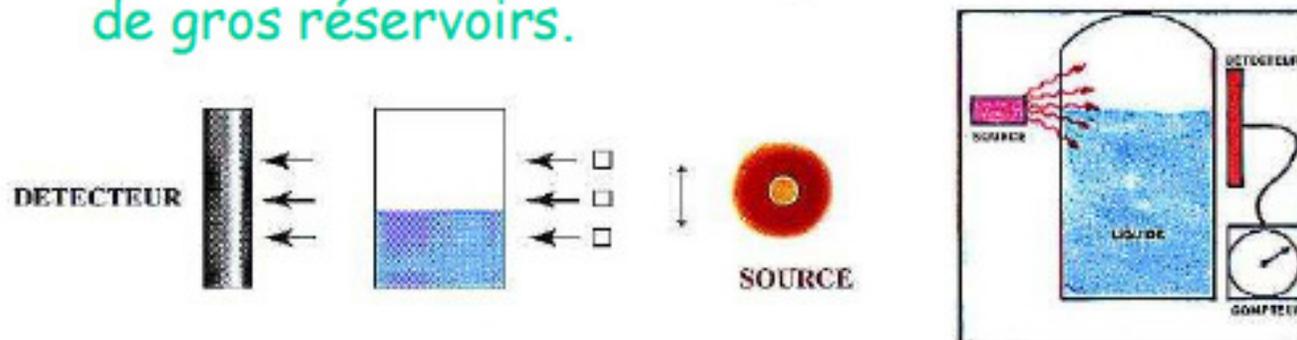
- des sources d'activité moyenne à poste fixe
- un personnel rarement formé en radioprotection (souvent non exposé)



## LES JAUGES RADIOACTIVES

Elles reposent sur l'absorption des rayonnements par les matières à mesurer, absorption proportionnelle aux épaisseurs et aux densités traversées.

Elles permettent de contrôler l'épaisseur d'un carton au cours de sa fabrication ou bien le niveau de liquides, de poudres, de grains, de minerais, dans de gros réservoirs.



## LES JAUGES RADIOACTIVES

Quelques radionucléides utilisés :

Américium 241

Plutonium 238

Carbone 14

Nickel 63

Prométhéum 147

Strontium - Yttrium 90

Césium 137

Cobalt 60

## LES JAUGES RADIOACTIVES

La liste des utilisateurs est très variée :

ORANGINA, COCA-COLA

TOTAL FINA

MAMIE NOVA

PELFORTH, HEINEKEN

BEGUIN-SAY, DISTILLERIE RIVIERE DU MAT

SEITA

DUPONT DE NEMOURS

etc...

## LES JAUGES RADIOACTIVES

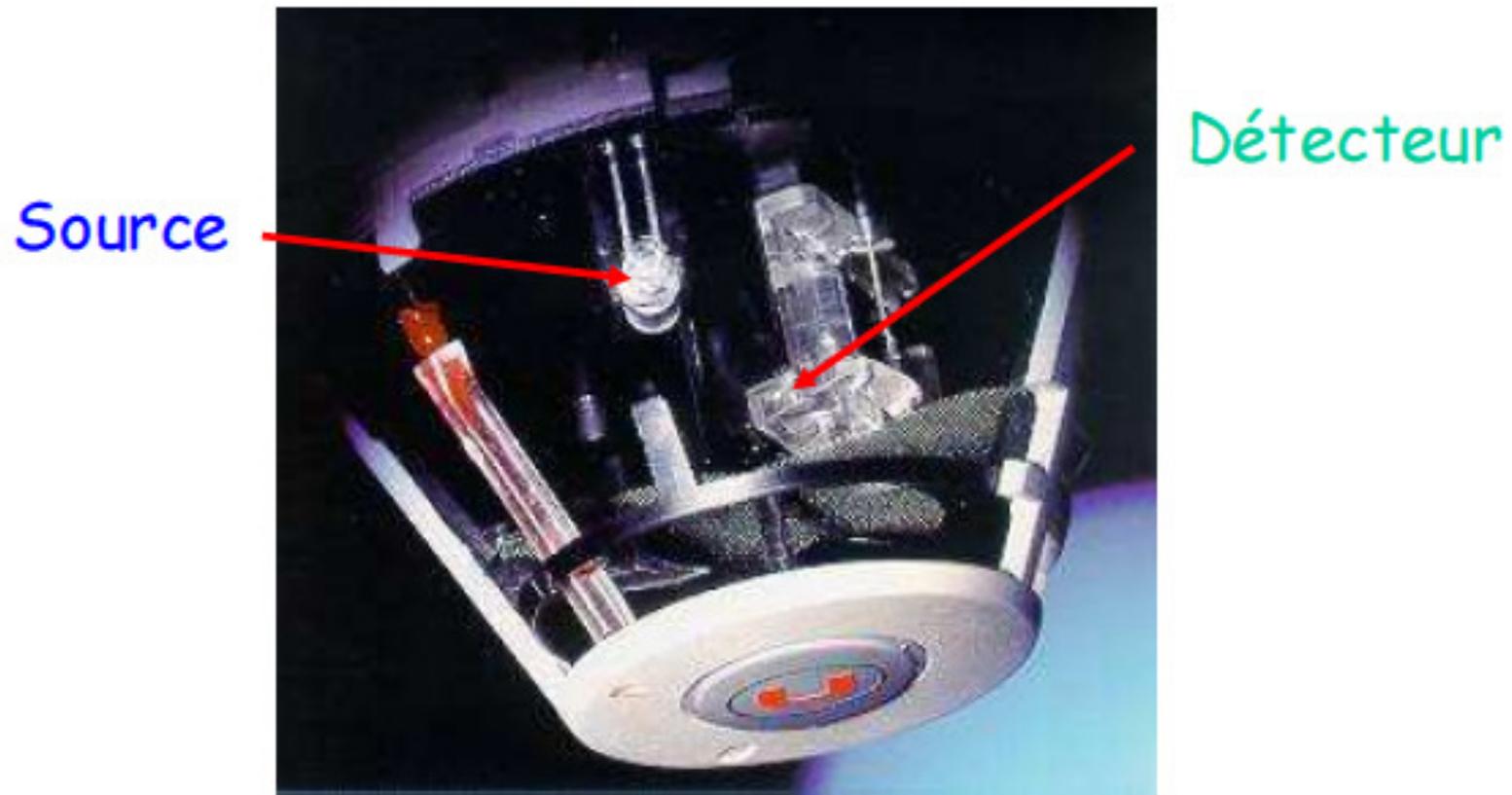


Jauge de niveau  
pour le pétrole



Exemple de détecteur  
de fumée  
Activité par objet : 4,5 kBq

## LES JAUGES RADIOACTIVES



# ANALYSEUR DE METAUX



# ENCEINTE AUTOPROTEGE GAMMAGRAPHIE



# Conteneur de gammagraphie industrielle

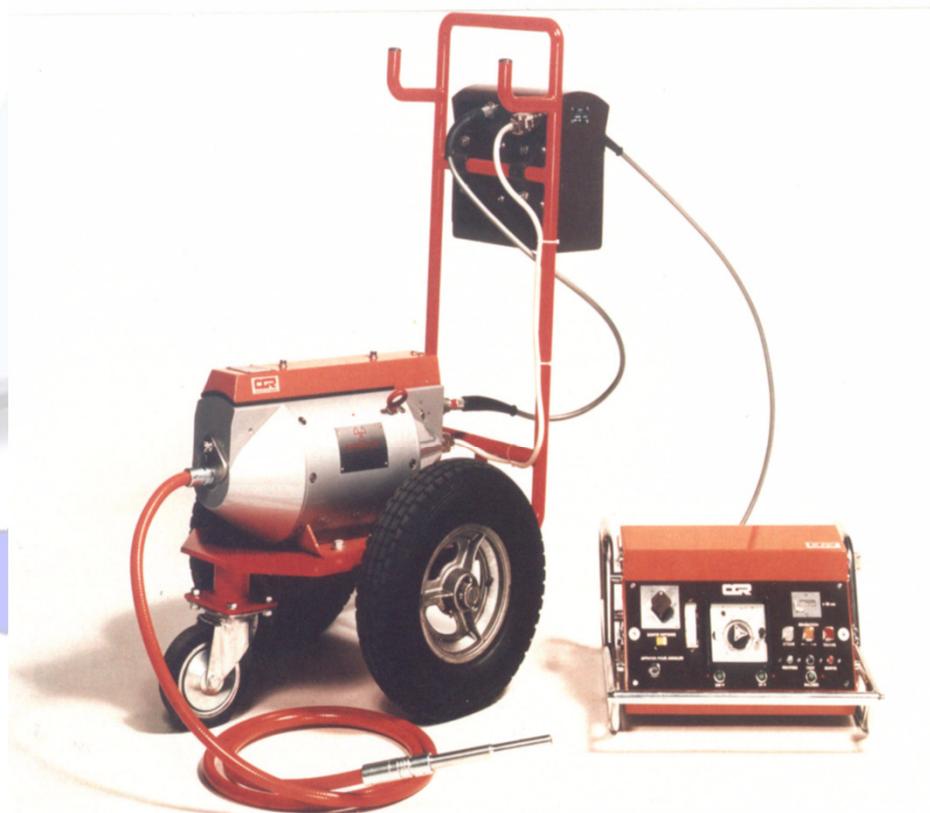
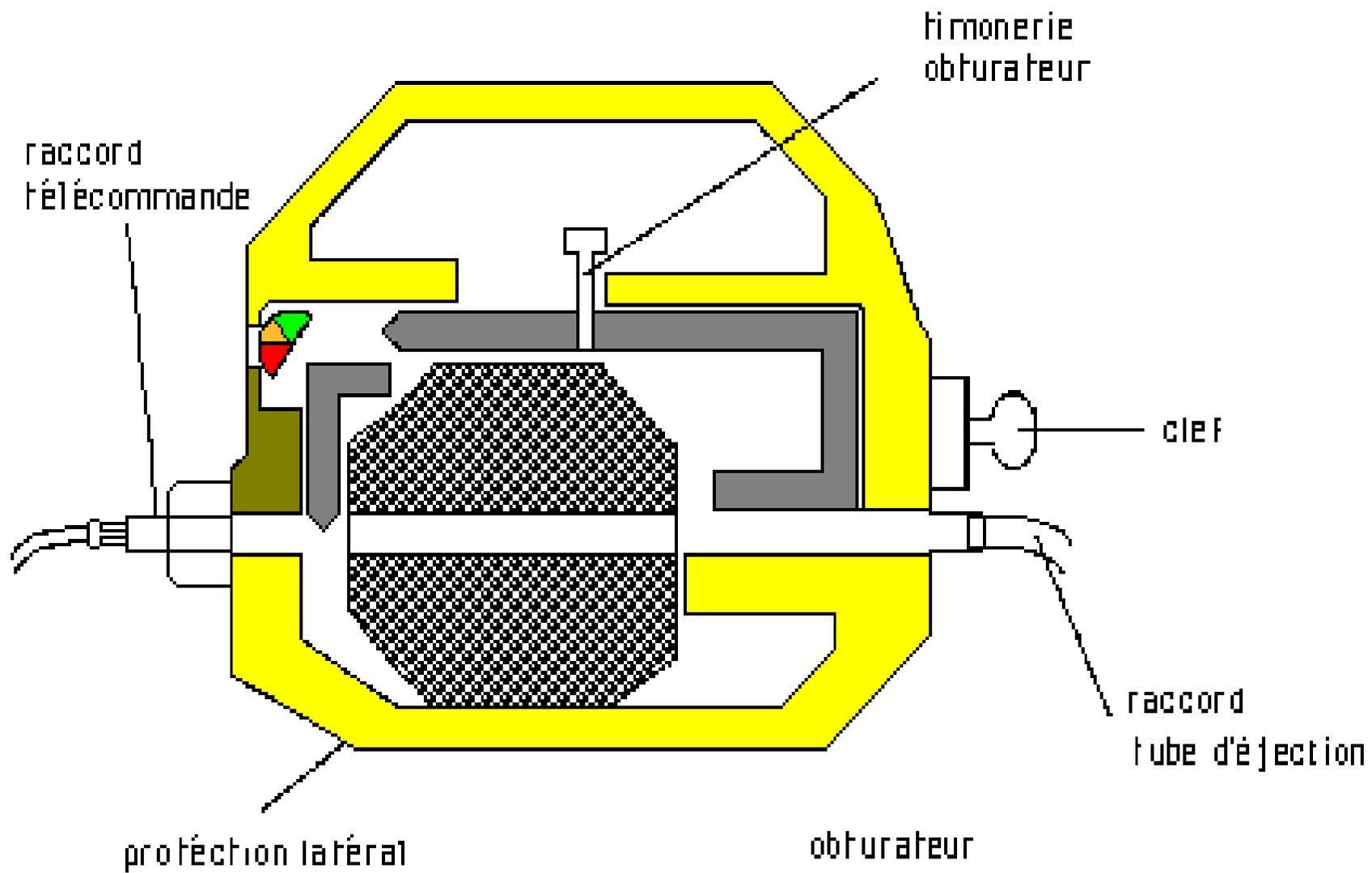


Figure 20 - Projecteur pour Cobalt 60 (50 Ci maximum) équipé d'un tableau de télécommande électrique

# PORTE SOURCE DE GAM 120



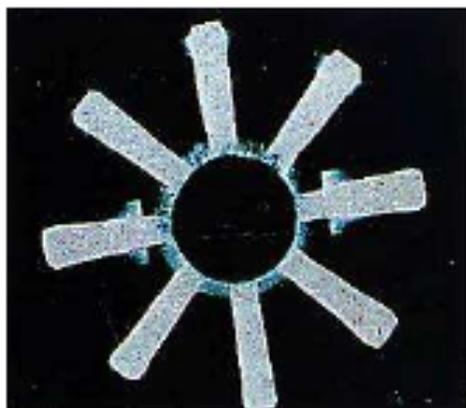




## LA GAMMAGRAPHIE

Les rayonnements X et gamma impressionnent les pellicules photographiques

Les radionucléides émettant ce type de rayonnements peuvent servir à radiographier des pièces métalliques.



Cette technique est utilisée pour s'assurer de la qualité des soudures et de l'intégrité des pièces métalliques.

## LES GAMMAGRAPHES

les gammagraphes (contrôles non destructifs)  
(6% des sources) 850 en France

- des sources d'activité importante
- certificat d'aptitude requis (CAMARI)
- risques liés au transport (accidents, vols) à la manipulation (accidents mortels)



# LES GAMMAGRAPHES



L'appareil et ses équipements



Figure 3. - Source exposée connectée au câble

Point faible de l'appareil

# LA STÉRILISATION DES PRODUITS ALIMENTAIRES

Appelée aussi ionisation, cette technique consiste à exposer des aliments à un flux de rayonnements photoniques ou électroniques qui détruisent les micro-organismes pathogènes, prolongeant ainsi la durée de conservation de ces produits.



## LA STÉRILISATION DES PRODUITS ALIMENTAIRES

Les irradiations alimentaires concernent les produits solides tels les tubercules, les viandes, les volailles, les fruits de mer, les fruits frais et secs ainsi que les épices.

Certaines de ces installations sont INB ou ICPE



Conservation des pommes de terre par irradiation à 150 Gy



Non irradiés



Irradiés à 70 Gy

# LA STÉRILISATION DES PRODUITS ALIMENTAIRES

Les radionucléides utilisés :

Césium 137

$E_{\gamma} = 662 \text{ keV}$        $I_{\gamma} = 85 \%$

Cobalt 60

$E_{\gamma 1} = 1,17 \text{ MeV}$     $I_{\gamma} = 100 \%$

$E_{\gamma 2} = 1,33 \text{ MeV}$     $I_{\gamma} = 100 \%$

Accélérateurs de particules

Certaines de ces installations sont des INB

# LA STÉRILISATION DES PRODUITS PHARMACEUTIQUES

Cette technique consiste à exposer des produits médicaux pour les stériliser avec un flux de rayonnements photoniques ou électroniques qui détruisent les micro-organismes pathogènes,

Utilisation de film changeant de couleur après irradiation



## CONSERVATION DU PATRIMOINE HISTORIQUE

Traitement d'œuvres d'art pour :

Stériliser les pièces (enlever germes,  
champignons, insectes, etc..)

exemple : RAMSES II

Consolider les pièces après injection  
d'une résine durcissant après irradiation

CELLULE  
D'IRRADIATION

NUCLEART Grenoble



## CONSERVATION DU PATRIMOINE HISTORIQUE

Analyse d'œuvres d'art pour en voir la composition  
ou les défauts non apparents

Radiographie du  
masque de  
Toutankhamon



## CONTRÔLE DES BAGAGES

Que se soit pour une vérification systématique des bagages ou pour déterminer le contenu de colis suspects, les rayonnements ionisants sont utilisés en permanence.



Cet usage remonte d'ailleurs au début de l'histoire des rayons X, comme le montre cette photographie tirée de la revue « l'illustration »

# CONTRÔLE DES BAGAGES

## Les appareils actuels



≈ 15 mGy/h en fonctionnement

# CONTRÔLE DES CONTENEURS

## Le programme CSI à Marseille

Le port de Marseille est avec le Havre, le seul port français à avoir été sélectionné par les douanes américaines pour la mise en œuvre du programme CSI.

Depuis le 7 janvier 2005, trois agents, relevant de « l'US Customs and Border Protection », forment la première équipe américaine de ciblage, installée sur le site portuaire de Marseille-Fos.

Le 14 juin 2005, Eric Brasart, directeur général du Port autonome de Marseille, et Michel Aime, directeur interrégional de Méditerranée, ont signé à Fos-sur-mer, un contrat fixant les conditions d'utilisation d'un scanner mobile, destiné à lutter contre le terrorisme international et les trafics illicites.

Ce nouvel équipement a une capacité de traitement de 10 à 18 conteneurs par heure et sa puissance lui permet de pénétrer des aciers de 270 mm d'épaisseur.

Financé par l'établissement public portuaire, ce scanner sera exploité par les agents de la BSE de Port-Saint-Louis du Rhône dont les effectifs ont été portés de 15 à 30.

(source : DE de Méditerranée)

## Les appareils actuels



# CONTRÔLE DES CONTENEURS

## Sycoscan et scanners mobiles

Le premier appareil de radioscopie des conteneurs mis en œuvre par la douane, l'Euroscan de Calais, est utilisé depuis 1992, pour la sécurisation du tunnel sous la Manche. Il est la propriété de la société Eurotunnel.

Le deuxième, le Sycoscan du Havre, qui appartient à l'Etat, est employé, depuis 1996, pour les contrôles douaniers sur les conteneurs ciblés parmi le fret en provenance de pays tiers. Il est également utilisé, depuis quelques mois, pour des contrôles de sûreté sur des conteneurs à destination des États-Unis.

Un troisième appareil, financé par le Port Autonome de Marseille, sera bientôt opérationnel à Fos-sur-mer, dans la double optique de sûreté du fret maritime et de contrôle douanier.

Les appareils de radioscopie des conteneurs permettent de visualiser le contenu d'un camion poids lourd ou d'un conteneur maritime, sans procéder à son ouverture, par simple passage dans l'appareil.

Le véhicule contrôlé est virtuellement découpé en « tranches » par un faisceau de rayons X. Des capteurs enregistrent « tranche » par « tranche » la quantité de rayons X ayant traversé le véhicule. Un système informatique produit une image radioscopique de haute définition grâce auquel les opérateurs peuvent constater des anomalies.

Le Sycoscan et l'Euroscan appartiennent à la catégorie d'appareils de radiographie des conteneurs fixes, caractérisés par une structure immobilière dédiée qui le protège contre les intempéries et permet une plus grande puissance de pénétration.

L'appareil mobile de Fos-sur-mer comporte un châssis automobile et un bras articulé qui est déplacé le long du moyen de transport à inspecter, ce qui lui donne une certaine souplesse d'utilisation.

Ces appareils permettent de contrôler de 12 à 20 véhicules par heure.

(source : Bureau R2)



Les appareils de radioscopie ne sont pas employés pour un contrôle systématique du fret, mais principalement pour la vérification de conteneurs ou de camions ayant fait l'objet d'un ciblage préalable.

## UTILISATION DE LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE

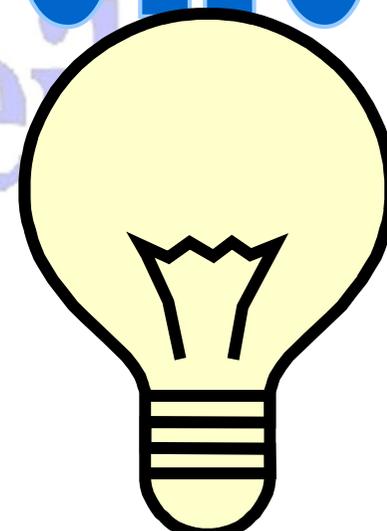
D'autres éléments radioactifs peuvent être utilisés :  
Le carbone 14 est l'élément le plus connu.

Sa période radioactive de 5730 ans permet de faire l'étude de l'histoire de l'Homme et de ses réalisations, comme les peintures de la grotte de Lascaux datant de 17 000 ans.



---

# des questions ?



---

# Merci de votre attention



---

# Coordonnées:

- M. CHRISTE David

- ***PCR Conseil S.A.S.***

Zone de Reference Nord Haute Marne

Parc énergie bat 10

52100 BETTANCOURT LA FERRÉE

Mail : davidpcrconseil@gmail.com