

# La radioprotection

Pr N ISMAILI ALAOUI

Université Sidi Mohamed Benabdelleh

Faculté de médecine, de pharmacie et de médecine dentaire Fès

CHU Hassan II Fès

# **Plan**

**Introduction**

**Les Grandeurs et unités utilisées en radioprotection**

**Les Sources d'irradiation**

**Les types de radioexposition humaine**

**Les principes de radioprotection**

**Les règles de radioprotection**

# La radioprotection

La radioprotection est la discipline qui coordonne les recherches, les travaux et les techniques concernant les moyens de **prévenir** et, éventuellement de **réparer** les **effets néfastes des rayonnements ionisants**.

# Radioprotection

## définition

↳ Ensemble des mesures prises pour protéger

✓ les travailleurs

✓ la population

✓ les écosystèmes

des dangers des rayonnements ionisants .....  
tout en permettant leur utilisation

↳ Compétence des radiobiologistes, radiotoxicologues,  
médecins qualifiés, radiopathologistes, hygiénistes

# Grandeurs et unités utilisées en radioprotection

## La dose absorbée

La dose absorbée  $D_a$  en un point  $P$  est le rapport de l'énergie  $dE_a$  absorbée dans un élément de volume centré sur  $P$  à la masse  $dm$  de l'élément de volume

$$D_a = dE_a / dm$$

**L'unité légale de la dose absorbée est le gray (Gy)**

**Dose absorbée dans une masse de 1 Kg à laquelle les RI communiquent en moyenne de façon uniforme une énergie de 1 joule**

$$1\text{Gy} = 1 \text{ J/Kg}$$

**Souvent on utilise encore une unité ancienne, le rad, tel que :**

$$1\text{Gy} = 100 \text{ rads}$$

**Le gray est une unité de dose qui correspond à une irradiation relativement élevée, rarement rencontrée en milieu professionnel dans le cadre de la radioprotection du personnel (mais fréquente en radiothérapie anticancéreuse).**

**On utilise donc souvent les sous-multiples de gray :**

**centigray (cGy = rad) ou milligray (mGy)**

Les doses absorbées sont très variables selon les applications considérées:

- 0,2 mGy lors d'une radiographie dentaire,
- 1mGy lors d'un cliché thoracique,
- 2 Gy lors d'une séance de radiothérapie

**Le débit de dose = dérivé de D<sub>a</sub> par rapport au temps (Gy/ s)**

$$\dot{D} = dD/dt$$

La Da : grandeur dosimétrique se mesure et est valable quelque soit la nature du rayonnement et celle de la matière absorbante

Mais cette grandeur est insuffisante pour apprécier complètement les effets biologiques produits (morts cellulaires, mutation) car à dose absorbée égale , ces effets varient en fonction d'un certain nombre de facteurs :

- La nature des rayonnements
- La sensibilité du tissu absorbant ces rayonnements
- La distribution de dose et son fractionnement
- La distribution spatiale de la dose absorbée dans le tissu considéré

## **Dose équivalente** (H) en Sievert (Sv)

A Da égale, les effets biologiques varient selon la nature du RI.

dose absorbée par un tissu (T) pondérée par le type et la qualité du rayonnement (R)

$$H_{T,R} = W_R D_{T,R}$$

$W_R$  : facteur de pondération radiologique fonction du type et énergie du RI

## Facteurs de pondération des rayonnements $W_R$

- Gamma et X ..... 1
- Electrons et beta..... 1
- Alpha ..... 20
- Neutrons..... 5-20
- Protons..... 5

- **Dose efficace** (E) en Sievert :

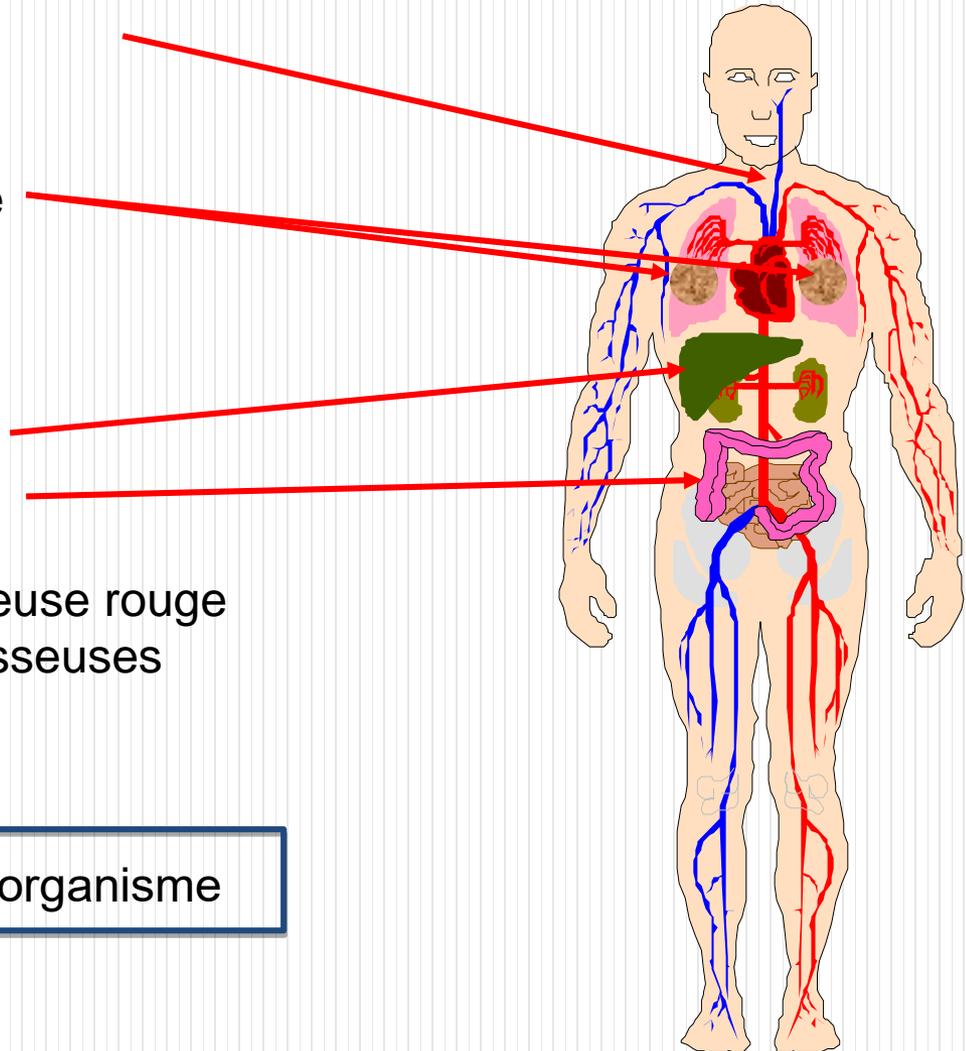
Somme des doses équivalentes reçues au niveau de tous les organes ou tissus exposés, chacune pondérée par un facteur tenant compte de la radiosensibilité propre du tissu ou de l'organe considéré

$$E = \sum W_t H \quad (\text{Sv})$$

# $W_T$ : facteurs pondération tissulaire

- 0,05Thyroïde
- 0,12Poumon
- 0,05Seins
- 0,05Oesophage
- 0,12Estomac
- 0,05Foie
- 0,12Côlon
- 0,05Vessie
- 0,20Gonades
- 0,01Peau
- 0,12Moelle osseuse rouge
- 0,01 Surfaces osseuses

0,05Reste de l'organisme



Grandeurs	Unités	Définitions
Energie E	électronvolt (eV)	1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Joules
Activité A	becquerel (Bq) ancienne unité : curie (Ci) $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}$ Bq	Nombre de désintégrations par seconde
Dose absorbée D	gray (Gy) $1\text{Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$	Energie communiquée à la matière par unité de masse
Débit de dose	gray/heure ( $\text{Gy.h}^{-1}$ )	Energie reçue par la matière exposée par unité de masse et par unité de temps
Dose équivalente H	sievert (Sv)	Effet biologique sur les tissus exposés (irradiés)
Dose efficace E	sievert (Sv)	Effet biologique sur l'ensemble de l'organisme

On irradie deux populations de cellules identiques avec des neutrons et avec des RX et on leur délivre une dose de 1 Gy.

Le facteur de pondération radiologique des neutrons utilisés est de 20 et celui de RX de 1.

**Calculer la dose équivalente H pour chaque population cellulaire.**

# Sources d'irradiation

## ↳ Irradiation non professionnelle

- Irradiation naturelle

- Irradiation artificielle

- Irradiation médicale

## ↳ Irradiation professionnelle

# Irradiation non professionnelle

## ↳ Irradiation naturelle:

- source d'irradiation la plus importante
- 3 origines:
  - \* rayons cosmiques
  - \* rayons telluriques
  - \* rayons naturellement présents dans l'organisme

\* **Les rayons cosmiques:**

irradiation variable avec l'altitude: 0,2 mSv/an au niveau de la mer; 0,4 mSv/an à 1500m; 2,4 mSv/an en avion de ligne

\* **Les radioisotopes contenus dans le sol:**

Source d'une irradiation d'environ 0,3 à 0,5 mSv/an due à la présence de radioéléments naturels : l'uranium 238, le Radium 226, le Thorium 232 ou le Rubidium 87

\* **Les radioéléments naturels de l'organisme:**

le potassium 40 entraînent une irradiation interne d'environ 0,25 mSv/an.

**Le corps humain contient 2,2 g de potassium par kg et chaque gramme de potassium naturel contient 37Bq de K40 ce qui représente près de 6000 Bq pour une personne de 70 kg**

## ↳ Irradiation artificielle

- L'irradiation artificielle s'élève à environ 0,10 mSv / an.
- Elle provient de l'utilisation industrielle des rayonnements ionisants et des retombées des essais nucléaires à l'air libre.

# ↳ Irradiation médicale

- L'irradiation médicale est en moyenne de 1mSv/an.
- La personne irradiée est à priori la bénéficiaire des avantages attendus de l'irradiation.

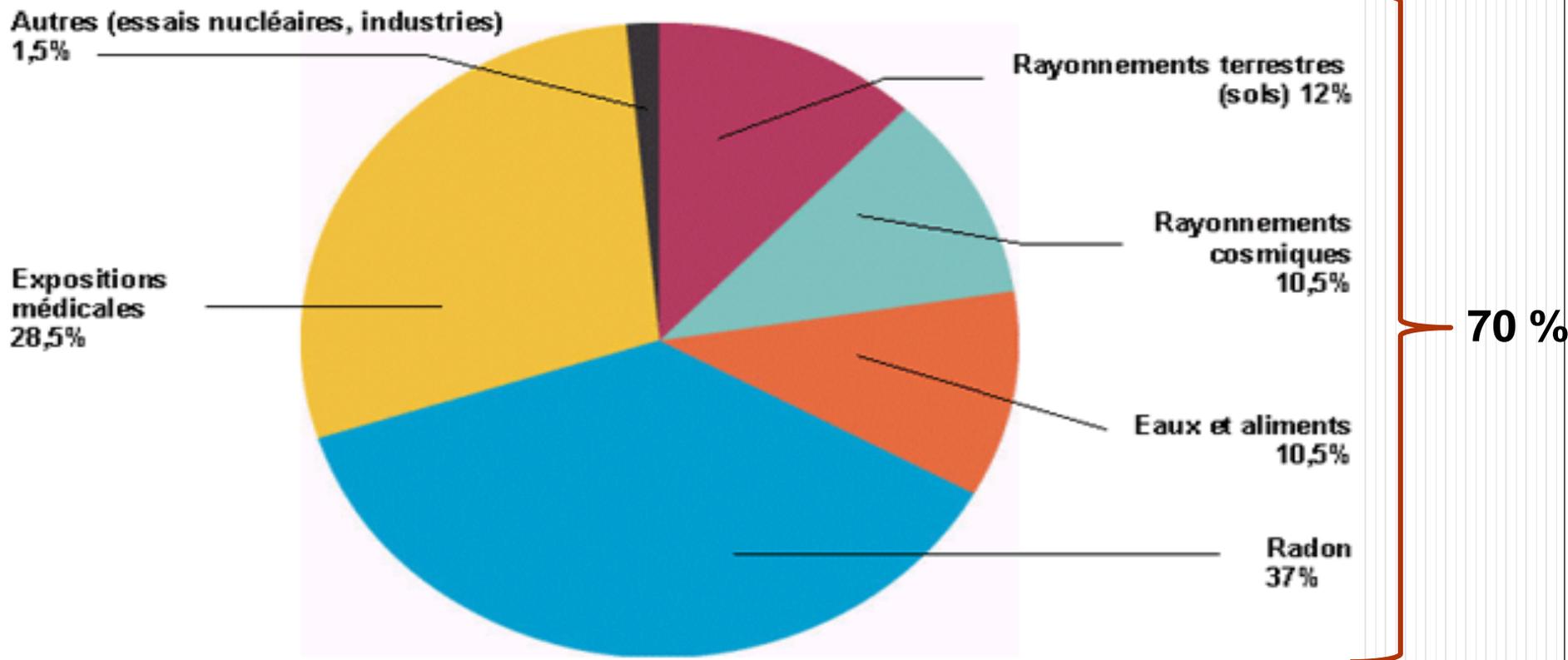
On peut distinguer plusieurs cas: les irradiations diagnostiques et thérapeutiques.

Les examens médicaux entraînent une irradiation qui est souvent exprimée en dose équivalente efficace.

# Notre monde est radioactif... Nous sommes soumis quotidiennement à une irradiation naturelle

## Exposition artificielle

## Exposition naturelle

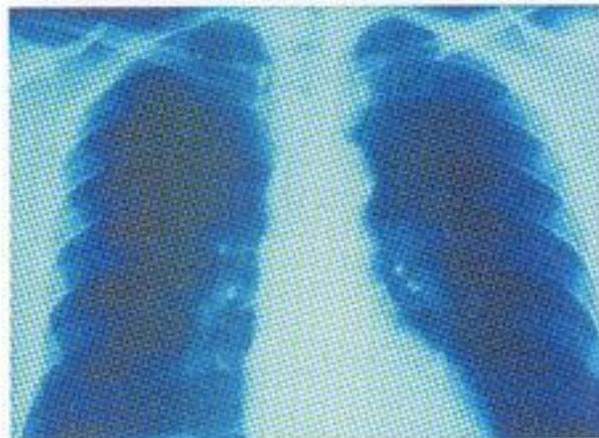


## Radiodiagnostic (radioexposition externe)

Radiographie pulmonaire :

$H_{\text{POUMONS}} = 0,60 \text{ mSv}$

$E = 0,30 \text{ mSv}$



Tomodensitométrie pelvienne :

$H_{\text{OVAIRES}} = 15 \text{ mSv}$

$E = 6 \text{ mSv}$



Radiographies dentaires (20 clichés) :

$H_{\text{GLANDES SALIVAIRES}} = 4,82 \text{ mSv}$

$H_{\text{THYROÏDE}} = 0,45 \text{ mSv}$

$E = 0,34 \text{ mSv}$

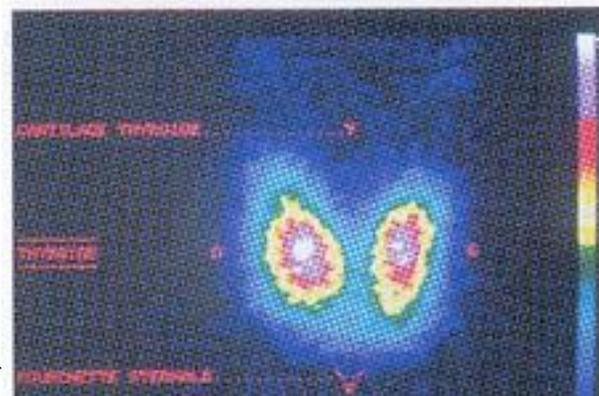


## Médecine nucléaire (radioexposition interne)

Scintigraphie thyroïdienne :

pour 20 MBq de  $^{99m}\text{Tc}$ ,

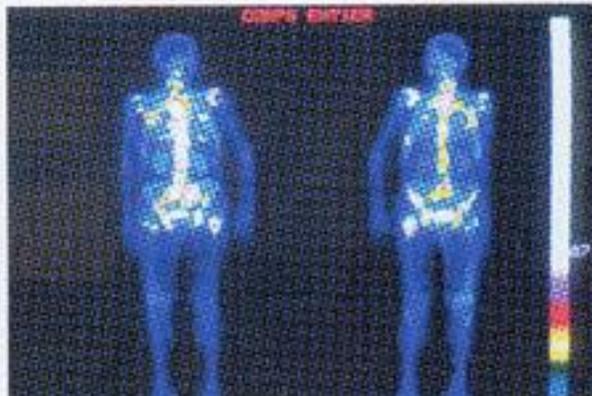
$E = 0,24 \text{ mSv}$



Scintigraphie osseuse :

pour 700 MBq de  $^{99m}\text{Tc}$ ,

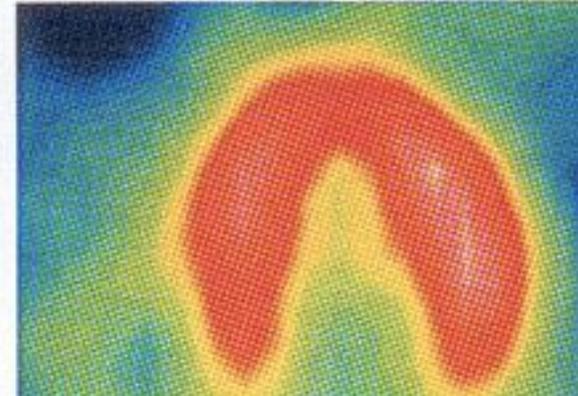
$E = 4 \text{ mSv}$



Scintigraphie myocardique :

pour 100 MBq de  $^{201}\text{Tl}$ ,

$E = 23 \text{ mSv}$



# Irradiation professionnelle

- **Les professions de santé**
- **Les personnes qui utilisent les nombreuses applications industrielles des rayonnements ionisants**
- **Les personnels navigants des lignes aériennes et les cosmonautes.**

# Quelques repères

- Eau de pluie 0,5 Bq/L
- Eau de mer 15 Bq/L
- Terre 900 Bq/L
- Corps humain
  - potassium 40 4500 Bq
  - carbone 14 3700 Bq
- Vol Paris-New York 0,05 mSv
- Séjour 15j montagne 0,1 mSv

# Les types de radio exposition humaine

- **Exposition externe :**

A distance de la source

- ↪ **Globale:** corps entier

- ↪ **Partielle:** un ou plusieurs organes ou tissus

Au contact de la source:

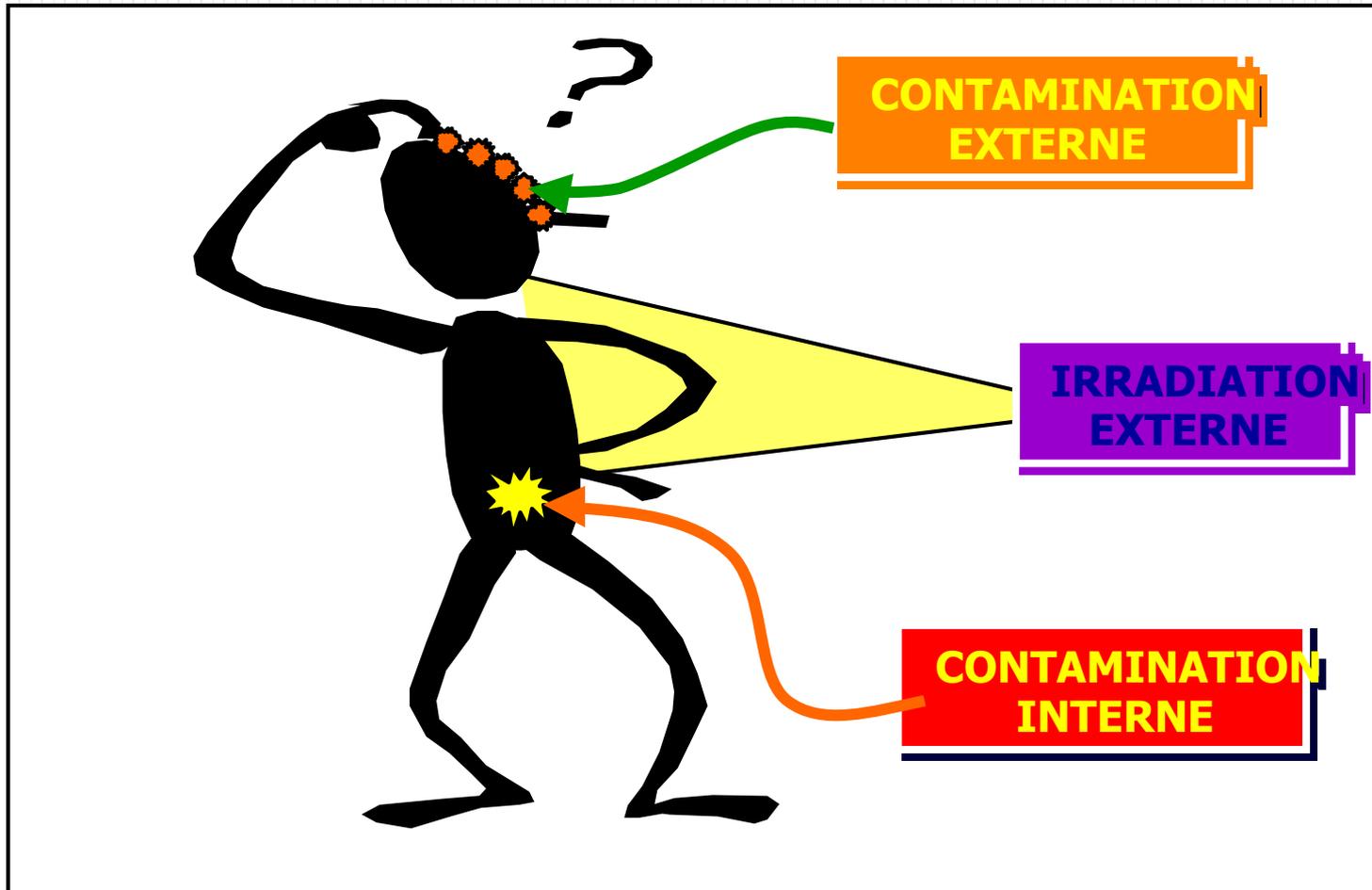
- ↪ **Contamination externe**

- **Exposition interne :**

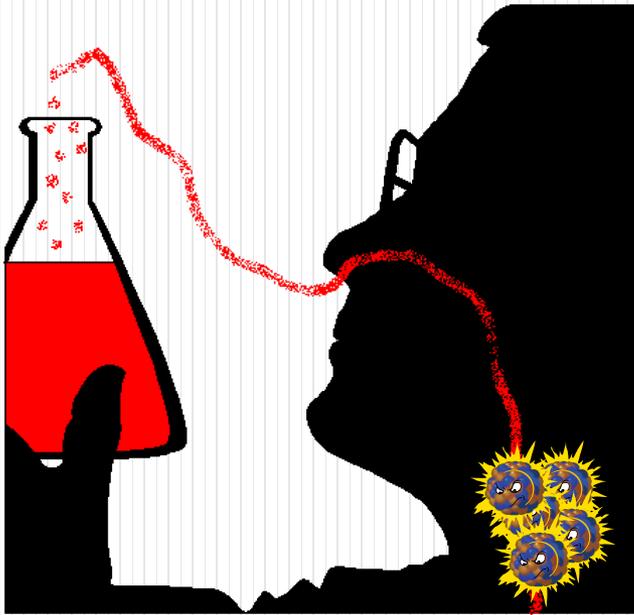
Incorporation de radionucléides

- ↪ **Contamination interne**

# Les modalités d'irradiation du corps humain



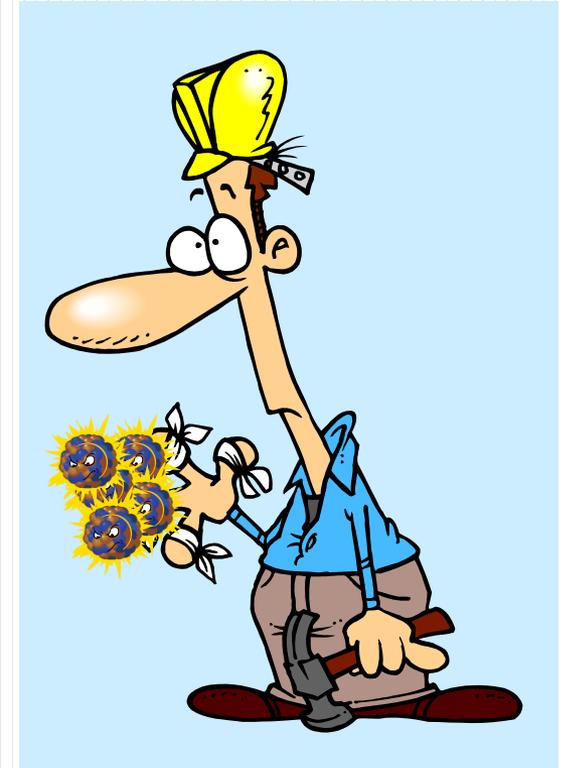
# MODES DE PÉNÉTRATION DE LA CONTAMINATION INTERNE



**Inhalation**



**Ingestion**



**Blessure**

# Principes fondamentaux de la radioprotection

- **Justification** de l'activité entraînant la radioexposition. Il faut éviter toute exposition inutile.
- **Optimisation** des moyens de radioprotection: maintenir l'exposition au niveau le plus bas possible pour le personnel et pour le public.
- **Limitation** des expositions individuelles

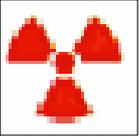
# Limites de doses

## Classification des personnes exposées

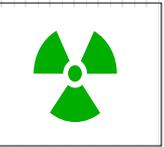
- **Travailleurs de catégorie A** : susceptibles d'une dose  $\geq 3/10$  limites annuelles d'exposition: 20mSv/an: Irradiation globale
- **Travailleurs de catégorie B** : susceptibles d'une dose  $< \text{à } 3/10^{\text{ème}}$  mais  $>$  limite réglementaire de dose efficace du public (1mSv/an)
- **Autres travailleurs** : considérés comme le public (limite de dose efficace de 1mSv/an)

# Zonage en milieu de travail

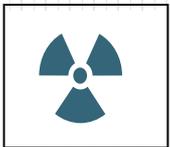
## Protection par rapport aux sources



Zone interdite



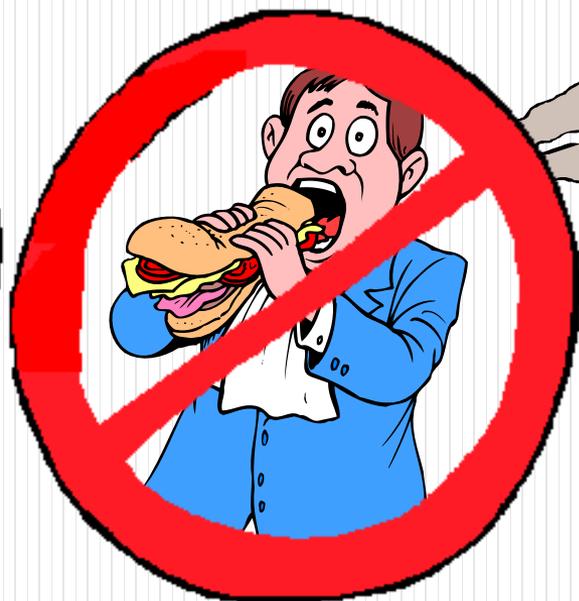
Zone contrôlée : zone où un travailleur est susceptible de recevoir une dose supérieure à  $3/10^{\text{ème}}$  d'une limite réglementaire



Zone surveillée : zone où un travailleur est susceptible de recevoir une dose supérieure à  $1/10^{\text{ème}}$  d'une limite réglementaire

# Les règles de radioprotection

## COMMENT SE PROTÉGER DE LA CONTAMINATION INTERNE ?



**Boire**

**Manger**

**Fumer**

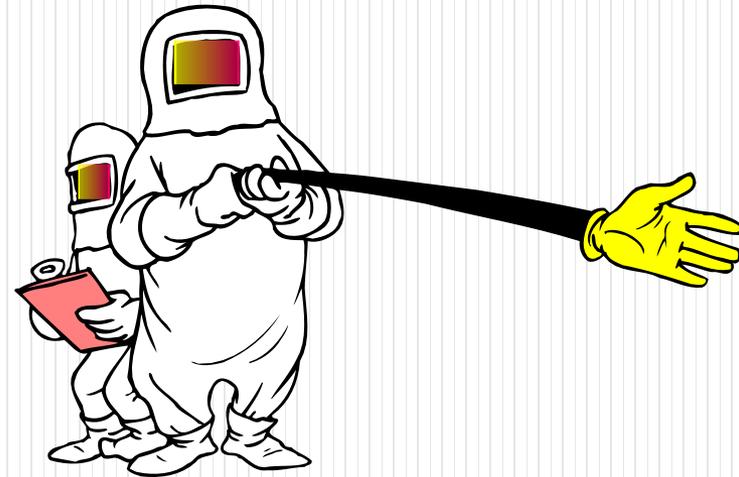
# COMMENT SE PROTÉGER DE L'IRRADIATION ?



**TEMPS**



**ECRAN**



**DISTANCE**

**PROTECTION PAR LE TEMPS**

**LE TEMPS D'EXPOSITION**

**NOTION DE DEBIT DE DOSE  
DOSE PAR UNITE DE TEMPS**

**SOURCE EN FONCTIONNEMENT  
DEBIT DE DOSE CONSTANT**

$$\dot{D} = dD/dt$$

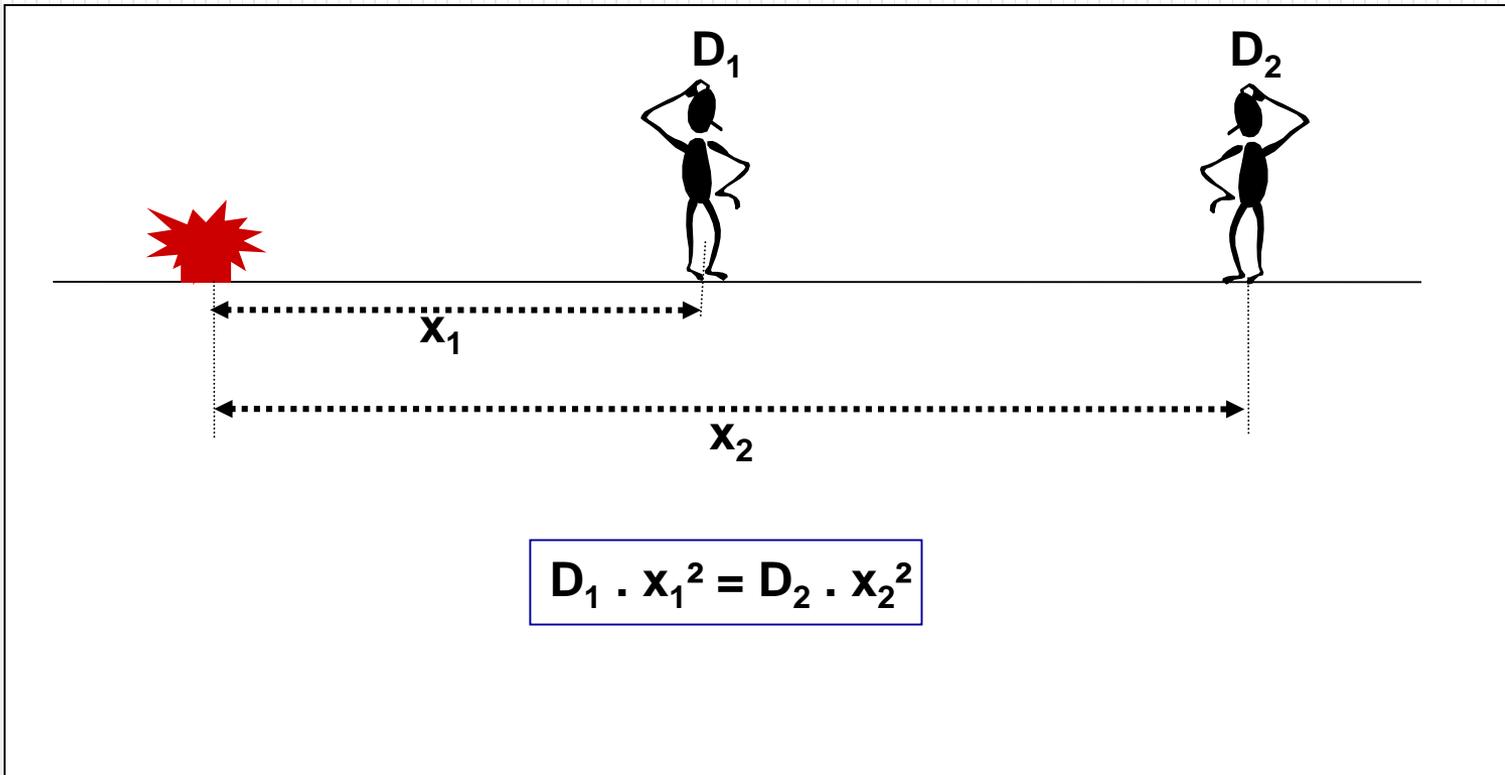
**TEMPS COURT  $\Rightarrow$  DOSE PLUS FAIBLE**

**LA DOSE EST PROPORTIONNELLE AU TEMPS**

# PROTECTION PAR LES ECRANS



# PROTECTION PAR LA DISTANCE



"Loi en  $1/d^2$ "

Si  $x_1 = 1 \text{ m}$

$$D_2 = \frac{D_1 \cdot x_1^2}{x_2^2} = \frac{D_1}{x_2^2}$$

## EXERCICE

Une source a un débit de dose de 0,2 Sv/h à 4 m  
Débit de dose à 8 m ?

The diagram illustrates the inverse square law for radiation dose rate. A red starburst on the left represents the source. A horizontal dashed line extends from the source to the right. Two stick figures are positioned at different distances from the source. The first figure is at a distance of  $X_1 = 4 \text{ m}$  and has a dose rate of  $D_1 = 0,2 \text{ Sv/h}$ . The second figure is at a distance of  $X_2 = 8 \text{ m}$  and has an unknown dose rate  $D_2$ . Red circles highlight the variables  $D_1$ ,  $X_2$ , and  $X_1$ . Red arrows connect these variables to the equations below. The equations are:

$$D_1 \cdot x_1^2 = D_2 \cdot X_2^2$$
$$0,2 \text{ Sv/h} \cdot 4^2 = D_2 \cdot 8^2$$
$$D_2 = \frac{0,2 \text{ Sv/h} \cdot 4^2}{8^2}$$

The final result is shown in a blue-bordered box:

$$D_2 = 0,05 \text{ Sv/h} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv/h}$$

## EXERCICE

Une source a un débit de dose de 0,1 Sv/h à 10 m  
Débit de dose à 100 m ?

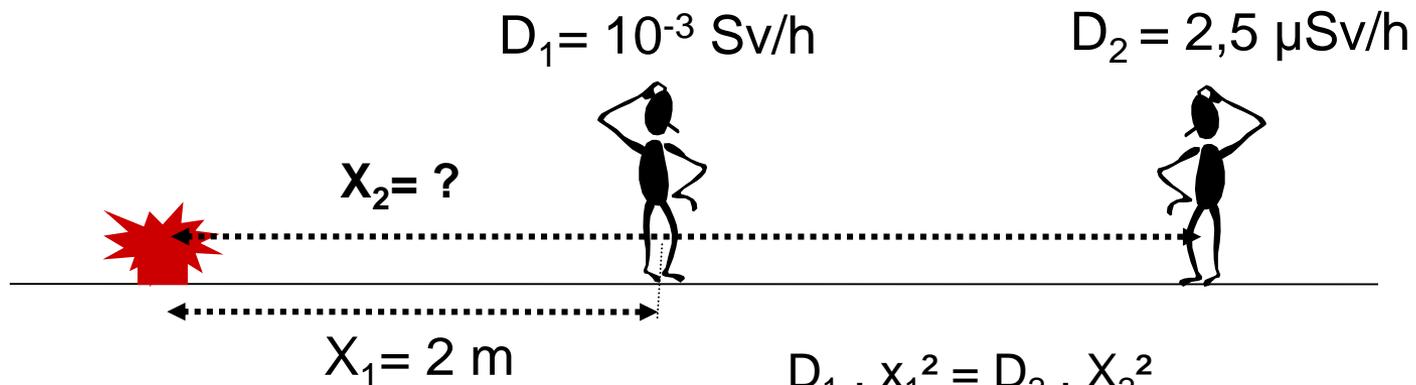
The diagram illustrates the inverse square law for radiation dose rate. A red starburst on the left represents the source. A horizontal line represents the ground. A stick figure is positioned at a distance  $X_1 = 10 \text{ m}$  from the source, with a dose rate  $D_1 = 0,1 \text{ Sv/h}$  indicated above it. A second stick figure is positioned at a distance  $X_2 = 100 \text{ m}$  from the source, with a dose rate  $D_2$  indicated above it. Dotted lines and arrows indicate the distances  $X_1$  and  $X_2$  from the source to each figure.

$$D_1 \cdot x_1^2 = D_2 \cdot X_2^2$$
$$D_2 = \frac{D_1 \cdot X_1^2}{x_2^2}$$
$$D_2 = \frac{0,1 \text{ Sv/h} \cdot 100}{10\,000}$$

$D_2 = 10^{-3} \text{ Sv/h}$

## EXERCICE

Une source a un débit de dose de  $10^{-3}$  Sv/h à 2 m  
A quelle distance  $2,5 \mu\text{Sv/h}$  ?



$$X_2^2 = \frac{D_1 \cdot x_1^2}{D_2}$$

$$X_2^2 = \frac{10^{-3} \cdot 2^2}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 1600$$

$$x_2 = \sqrt{1600} = 40 \text{ m}$$

# Surveillance médicale du personnel

- Examens médicaux périodiques / 6 mois.
- Surveillance mensuelle dosimètre (Irradiation Externe)
- Surveillance radiotoxicologique :
  - dosage des R.E : sang – urines...
  - (Irradiation interne ou contamination)