

# Cours de Physique-Biophysique

2023/2024

1<sup>er</sup> semestre

Pr. Youssef Mir

Université Privée de la Santé et des Sciences d'Agadir  
UPSSA

# Chapitre III : Radioprotection

---

## Plan

### III.1. NOTION DE DOSIMÉTRIE

III.1.1. La dose à la matière

III.1.2. La dose biologique

### III.2. PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS

III.2.1. Principes généraux de la radioprotection

III.2.2. Les moyens de radioprotection (écran, temps, distance et activité)

III.2.3. Limites d'utilisation des rayonnements ionisants

# Chapitre III : Radioprotection

---

## Notion de dosimétrie

### La dose à la matière

#### Généralité

##### **Rayonnement ionisant:**

Le seuil qui définit le caractère ionisant d'un rayonnement est de 13.6 eV, et correspond à l'ionisation d'un atome d'hydrogène. Mais pour des éléments plus lourds, l'énergie d'ionisation augmente, par exemple: 522 eV pour l'oxygène et 88000 eV pour le plomb

##### **Énergie d'ionisation:**

L'énergie d'ionisation moyenne d'un milieu biologique se situe aux alentours de **32 eV** (mélange de carbone, d'oxygène, d'azote et surtout d'hydrogène). Si dans ce milieu hétérogène une énergie de **1 MeV** est absorbée, cette interaction s'accompagnera d'environ **30 000 ionisations**.

**Objectif de la radioprotection: rendre impossible tout effet déterministe et réduire au maximum le risque d'effet stochastique**

# Chapitre III : Radioprotection

---

## Notion de dosimétrie

### La dose biologique

#### Généralités

L'unité de mesure en radioprotection est le sievert “Sv”

- Le Sievert introduit la notion de “risque biologique”
- Pour passer du Gy au Sv on fait intervenir :
  - Un facteur de pondération lié à la qualité du rayonnement
  - Un facteur de pondération lié à la nature du tissu irradié

# Chapitre III : Radioprotection

---

## Notion de dosimétrie

La dose biologique

La dose équivalente

La dose équivalente est une unité de **dose radiobiologique** qui tient compte du degré de nocivité de différents types de rayonnement. Son unité est le Sievert.

C'est une dose pondérée en fonction de la spécificité des différents types de rayonnement vis-à-vis des effets biologiques qu'ils induisent.

$D_T$  est la dose absorbée moyenne reçue par un organe et la somme sur R indique la contribution totale des radiations ayant irradié l'organe.

$$H_T [Sv] = \sum_R D_{TR} [Gy] \times W_R$$

Pour exprimer l'effet des radiations, on utilise le facteur de pondération radiologique ( $W_R$ ) pour mettre en équivalence les différents types de rayonnement et leur efficacité biologique respective.

# Chapitre III : Radioprotection

## Notion de dosimétrie

La dose biologique

La dose équivalente

Être irradié par 1 Gy de gamma ou 1 Gy de alpha n'est pas la même chose!

**Exemple:** soit une source de  $^{99m}\text{TC}$  située à 30 cm émettant des radiations gamma au rythme de  $6.4 \times 10^{-5}$  Gy/h.  
Calculer le débit de la dose équivalente.

**Réponse: 0.064 mSv/h**

| Type de radiation                             | $W_R$ |
|-----------------------------------------------|-------|
| Photons toute énergie                         | 1     |
| Électrons de toute énergie                    | 1     |
| Neutrons < 10 keV                             | 5     |
| 10 - 100 keV                                  | 10    |
| 0.1 - 2 MeV                                   | 20    |
| 2 - 20 MeV                                    | 10    |
| > 20 MeV                                      | 5     |
| Protons > 2 MeV                               | 5     |
| Alpha, fragments de fission,<br>Noyaux lourds | 20    |

# Chapitre III : Radioprotection

---

## Notion de dosimétrie

La dose biologique

La dose efficace

La dose efficace mesure l'impact sur les tissus biologiques d'une exposition à un rayonnement ionisant. C'est une grandeur propre à la radioprotection.

Il est défini comme la dose absorbée, corrigée par des facteurs qui prennent en compte d'une part la dangerosité relative du rayonnement ionisant et d'autre part la sensibilité du tissu irradié. Son unité est le Sievert.

$W_T$  = Facteur de pondération tissulaire

$$E_T [Sv] = \sum_T H_T [Sv] \times W_T$$

C'est une dose fictive qui administrée au corps entier induirait le même risque que l'ensemble des doses reçues par les différents organes.

Dans la pratique, la dose efficace est la somme de la dose externe mesurée directement par un dosimètre et de la dose interne estimée à partir de l'activité incorporée dans l'organisme.

# Chapitre III : Radioprotection

## Notion de dosimétrie

La dose biologique

La dose efficace

**WT = pondération tissulaire**

Ce facteur prend en compte la sensibilité des tissus et organes touchés.

C'est ainsi que les organes de reproduction sont estimés 20 fois plus sensibles que la peau.

Ce coefficient permet d'évaluer la toxicité d'une exposition en convertissant les dépôts d'énergie dans les différentes parties du corps mesuré en grays en une dose efficace relative au corps entier.

| Tissu ou organe          | Wt   |
|--------------------------|------|
| Gonades                  | 0.20 |
| Moelle osseuse           | 0.12 |
| Colon                    | 0.12 |
| Poumon                   | 0.12 |
| Estomac                  | 0.12 |
| Vessie                   | 0.05 |
| Sein                     | 0.05 |
| Foie                     | 0.05 |
| Œsophage                 | 0.05 |
| Thyroïde                 | 0.05 |
| Peau                     | 0.01 |
| Surface des os           | 0.01 |
| Autres tissus ou organes | 0.05 |
| Total                    | 1    |

# Chapitre III : Radioprotection

---

## Protection contre les rayonnements ionisants

### Principes généraux de la radioprotection

Bulletin officiel n° 4540 -3 Chaâbane 1418 (4-12-1997)

#### Trois principes de base de la Réglementation:

#### Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR)

**1- Le principe de justification:** éviter toute exposition inutile ou pouvant créer un risque. Toute activité sous rayonnements ionisants ne doit être autorisée si elle ne procure pas un avantage suffisant par rapport au risque qu'elle engendre.

**2- Le principe d'optimisation:** toute exposition aux rayonnements ionisants (si elle est justifiée) doit être réduite autant qu'il est raisonnablement possible de le faire. Principe « ALARA » (*As Low As Reasonably Achievable*).

**3- Le principe de limitation:** il fixe, pour tout professionnel ou personne du public, des limites de dose individuelles infranchissables dans les conditions normales de vie ou de travail.

# Chapitre III : Radioprotection

---

## Exercices d'application

Lorsqu'on réalise une scintigraphie osseuse, il est de coutume d'effectuer un « balayage » corps entier, même dans les cas où la pathologie ne semble intéresser qu'un seul segment osseux.

A l'opposé, lorsqu'on réalise des radiographies osseuses on se limite souvent au segment osseux concerné.

Quelles sont les explications ?

Réponses : Rappelons les principes de Justification, Optimisation, Limitation.

Le radio-traceur étant déjà injecté, la réalisation d'un balayage corps entier n'augmente pas la dose. Il peut par ailleurs apporter des informations utiles : - étude de la symétrie entre 2 membres; - mise en évidence d'autres foyers non soupçonnés, etc.

# Chapitre III : Radioprotection

## Protection contre les rayonnements ionisants

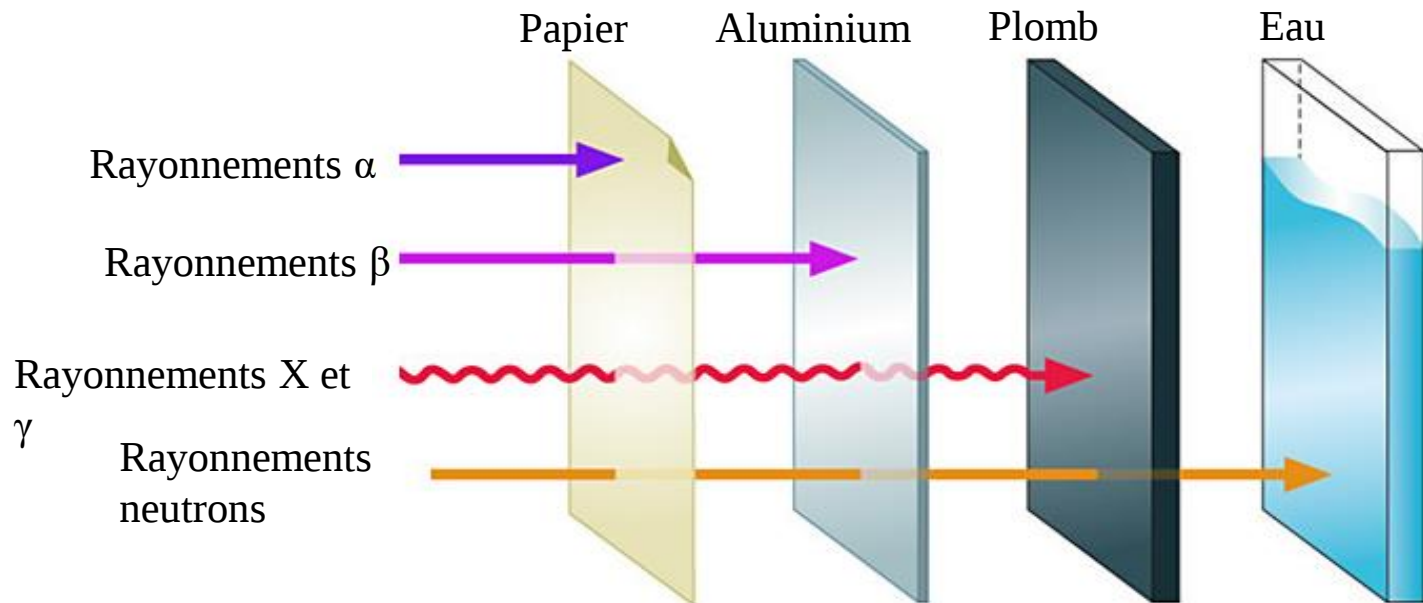
### Les moyens de radioprotection

#### Écrans

Les rayonnements **gamma et X**: écran formé de murs en béton ou des parois en plomb

Le rayonnement **alpha**: peut-être arrêté par une simple feuille de papier.

Le rayonnement **bêta** : peut-être arrêté par quelques millimètres d'aluminium, le laiton et le plexiglas



# Chapitre III : Radioprotection

## Protection contre les rayonnements ionisants

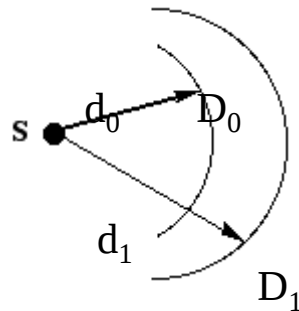
### Les moyens de radioprotection

#### Temps

Minimiser la durée de l'exposition aux rayonnements pourrait être considéré comme moyen de radioprotection.

#### Distance

S'éloigner de la source de rayonnements est également considéré comme moyen de radioprotection.



$$\frac{D_0}{D_1} = \frac{(d_1)^2}{(d_0)^2} \Rightarrow D_1 = \frac{D_0}{\left(\frac{d_1}{d_0}\right)^2}$$

# Chapitre III : Radioprotection

---

## Protection contre les rayonnements ionisants

### Les moyens de radioprotection

#### Activité

La réduction de l'activité de la source est un moyen de radioprotection:

- ✓ diminution des quantités de matière radioactive engagées;
- ✓ dilution des gaz radioactifs. La ventilation, par exemple, permet de maintenir une faible concentration de radon dans l'air que respirent les mineurs (mines d'uranium);
- ✓ diminution de l'activité des zones concernées avant toutes manipulations. Par exemple, les installations nucléaires ne sont démantelées qu'après passage d'un temps suffisant pour que la radioactivité soit diminuée au minimum requis.

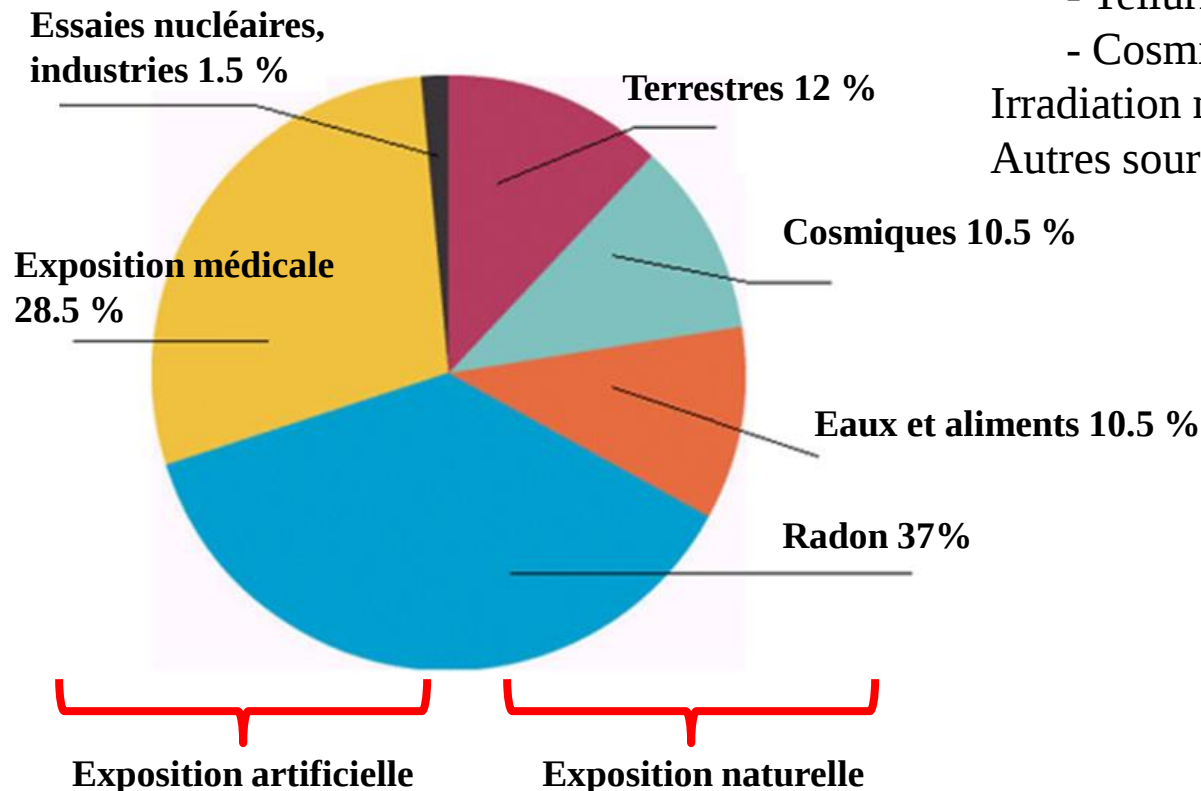
# Chapitre III : Radioprotection

## Protection contre les rayonnements ionisants

### Limites d'utilisation des rayonnements ionisants

#### Source d'exposition

#### Exemple d'exposition européenne (France)



Irradiation naturelle : 2 à 2.5 mSv/an

- Radon (1.4 mSv/an)
- Tellurique 0.5 mSv/an
- Cosmique 0.3 mSv/an

Irradiation médicale : 1.3 mSv/an

Autres sources (industrielle): 0.01 mSv/an

# Chapitre III : Radioprotection

## Protection contre les rayonnements ionisants

### Limites d'utilisation des rayonnements ionisants

#### Limite de dose

**Effets déterministes: ordre de grandeur, exposition du corps entier**

| Dose efficace | Symptômes                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| < 0.2 Sv      | Aucun signe clinique                                                              |
| 0.2 à 0.5 Sv  | Aucun signe clinique apparent, altération de la Numération Formule Sanguine (NFS) |
| 1 Sv          | Nausées, vomissements 3 à 6h après l'exposition                                   |
| 2 à 3 Sv      | Anémie maximale 3 semaines après l'exposition<br>DL 20                            |
| 4 Sv          | Hémorragies, DL 50                                                                |
| 6 Sv          | Diarrhée, vomissements, hémorragies                                               |
| 8 à 10 Sv     | Insuffisance respiratoire aiguë                                                   |
| > 10 Sv       | Coma, mort en 14 à 36 heures                                                      |

# Chapitre III : Radioprotection

## Protection contre les rayonnements ionisants

### Limites d'utilisation des rayonnements ionisants

#### Limite de dose

**Effets stochastiques: période de latence approximative des cancers radio-induits**

| Période de latence approximative des cancers radio-induites (en années) |         |         |                              |
|-------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------|
| Type de cancer                                                          | Minimum | Moyenne | Période d'apparition maximum |
| Leucémie                                                                | 2 - 4   | 10      | 25 - 30                      |
| Os                                                                      | 2 - 4   | 15      | 25 - 30                      |
| Thyroïde                                                                | 5 - 10  | 20      | > 40                         |
| Sein                                                                    | 5 - 15  | 23      | > 40                         |

# Chapitre III : Radioprotection

## Protection contre les rayonnements ionisants

### Limites d'utilisation des rayonnements ionisants

#### Limite de dose

La dose à prendre en considération est la somme des doses efficaces dues à l'irradiation externe et de celles dues à la contamination interne.

| Dose en mSv/an                          |                                                           |                                                         |        |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------|
| $E_T/H$                                 | Catégorie A<br>Risque de recevoir plus<br>ce que 6 mSv/an | Catégorie B<br>Risque de ne pas dépasser<br>de 6 mSv/an | Public |
| $E_T = E_{\text{ext}} + E_{\text{int}}$ | 20                                                        | 6                                                       | 1      |
| H peau (1 cm <sup>2</sup> )             | 500                                                       | 150                                                     | 50     |
| H extrémités                            | 500                                                       | 150                                                     | 50     |
| H cristallin                            | 150                                                       | 45                                                      | 15     |

Les extrémités sont les mains, les poignets, les pieds, les chevilles.

**La réglementation impose de plus une limite de dose efficace au fœtus de 1 mSv, pour la durée de la grossesse connue.**