

LA RADIOACTIVITÉ



- I Nature de la radioactivité
- II Courbe de décroissance radioactive
- III La radiothérapie

I Nature de la radioactivité

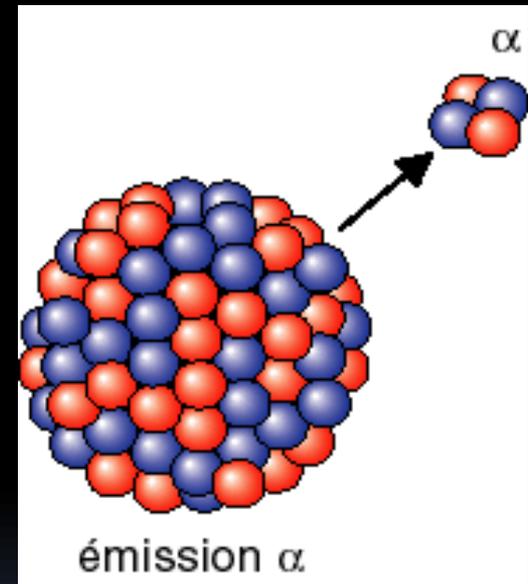
a- généralités.

- La radioactivité est un phénomène naturel qui peut également être artificiel.
- **Définition** : C'est la désintégration d'un noyau instable qui émet une ou des particules et éventuellement du rayonnement, il reste un noyau fils plus stable et moins lourd.
- La désintégration radioactive a un caractère aléatoire : On ne peut prévoir à l'avance quand un noyau va se désintégrer.

b- Les différentes émissions radioactives.

Les particules alpha :

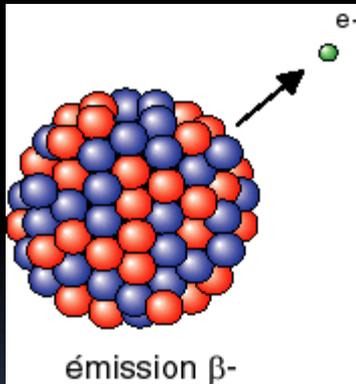
- Une particule alpha est un noyau d'hélium, noté ${}^4_2\text{He}$.
- Elle est arrêtée par quelques centimètres d'air.



Les particules Bêta :

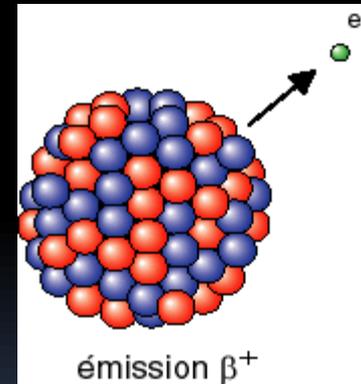
Particules β^-

- Ce sont des électrons.
- Ils sont notés ${}_{-1}^0e$



Particules β^+

- Ce sont des positrons.
- Ils sont notés ${}_{+1}^0e$



Les particules β sont arrêtées par des écrans d'aluminium ou de plexiglas peu épais.

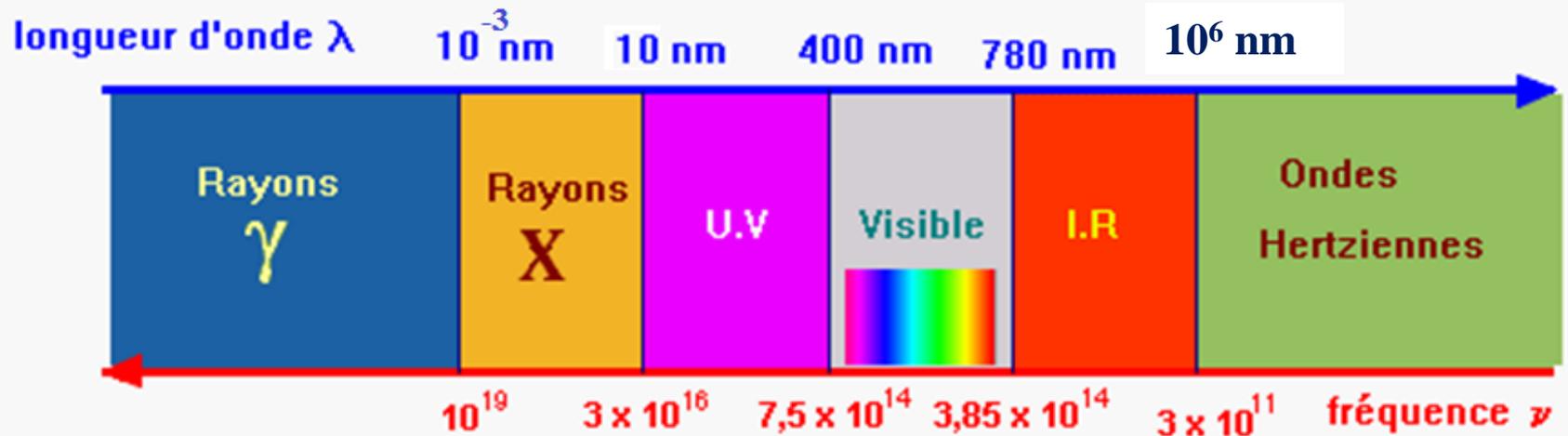


Le rayonnement γ

- Il s'agit de photons de très haute énergie.
 - Ils sont arrêtés par des écrans de plomb de forte épaisseur.
- 

Les différents domaines des longueurs d'ondes électromagnétiques :

Longueurs d'ondes :



c - Le noyau atomique.

- Il est noté



- X est le symbole de l'élément.
- Z représente le nombre de charges, pour un noyau il s'agit du nombre de protons.
- A représente le nombre de masse, pour un noyau, il s'agit du nombre de nucléons.
- Un **nucléide** désigne un noyau de numéro atomique et de nombre de masse précis. (Ex : ${}_6^{14}\text{C}$)

Quelle est la composition de ce nucléide?

- Le nucléide ${}_6^{14}\text{C}$ est composé de 6 protons et $14-6 = 8$ neutrons.

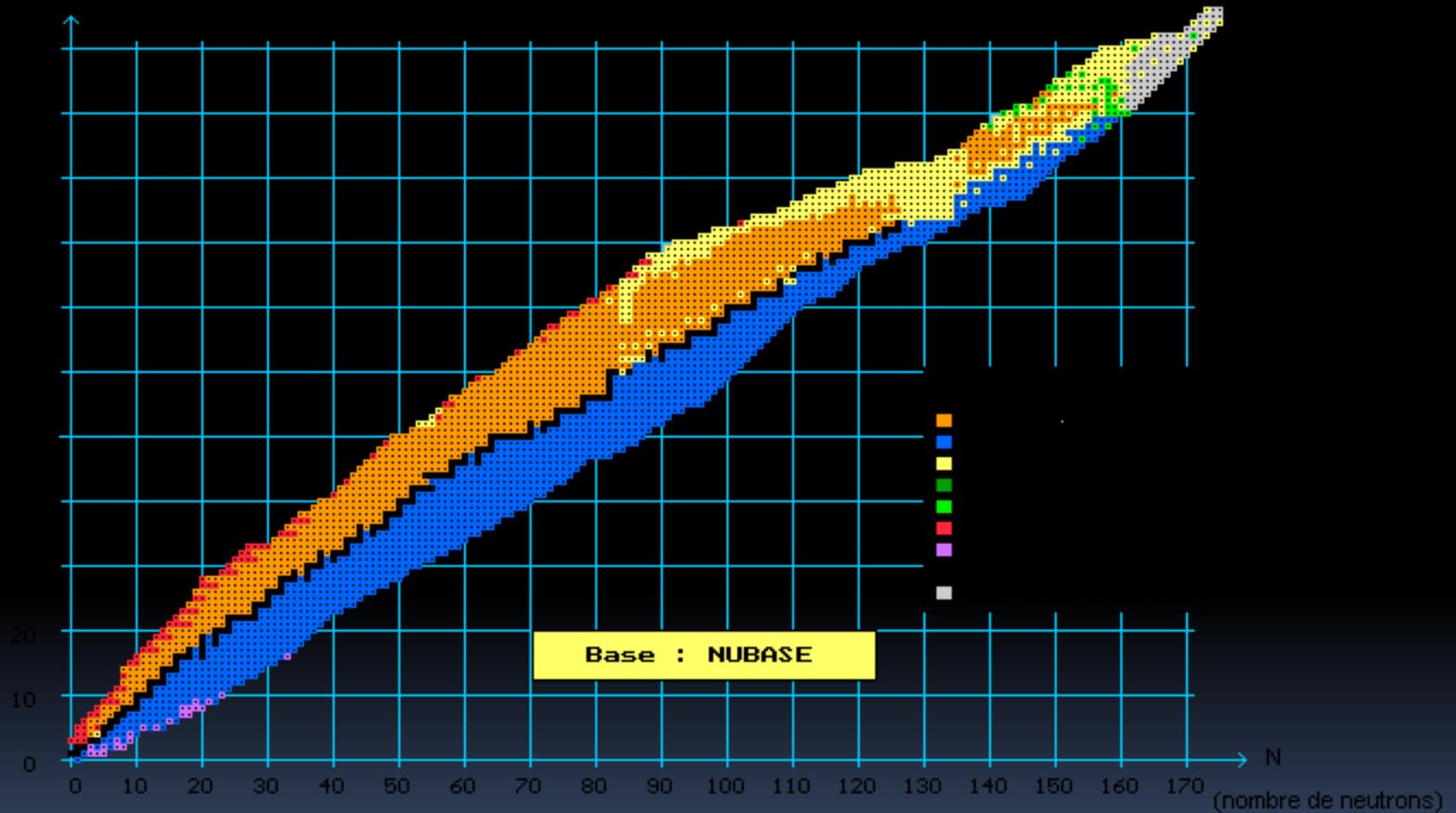
Que sont des isotopes?

- Des **isotopes** sont des nucléides possédant le même nombre de charges (Z) mais des nombres de masse (A) différents. Ils diffèrent donc par leur nombre de neutrons.

Donner des exemples de noyaux isotopes.

- La cohésion d'un noyau est due à une **interaction nucléaire** supérieure à **l'interaction électrique répulsive** entre protons.
- Si cette cohésion est insuffisante, le noyau est instable et se désintègre, on a affaire à un **radionucléide**.

Stabilité des nucléides en fonction de leur nombre de protons et de neutrons.



Les proportions de neutrons et de protons dans le noyau sont un facteur déterminant la stabilité du noyau. Cette proportion permet de prédire le type d'émission d'un noyau instable.

d – Les différentes désintégrations nucléaires.

Loi générales :

- **Conservation du nombre de charges :** Les sommes des nombres de charges (Z) doivent être identiques de part et d'autre de l'équation.
- **Conservation du nombre de masse :** Les sommes des nombres de masse (A) doivent être identiques de part et d'autre de l'équation.

1- L'émission gamma : la désexcitation.



Noyau excité

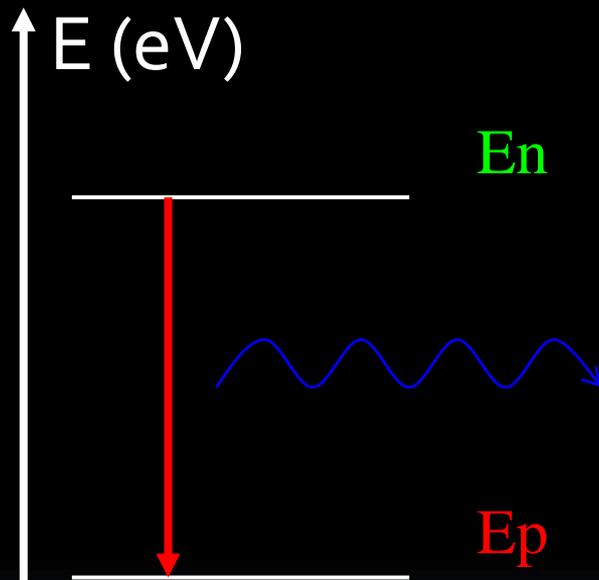
Noyau en état fondamental

- Lors d'une désintégration, le noyau fils obtenu est souvent dans un état excité. Il perd son excédent d'énergie en émettant un rayonnement gamma ou un rayonnement X.

Désexcitation du noyau :

- Un noyau a des états d'énergie quantifiés.
En quoi consiste la « désexcitation »? Quel est l'état le plus stable du noyau?
- La désexcitation consiste à passer d'un état d'énergie élevé vers un état d'énergie moindre. Il y a émission d'un photon.
- L'état fondamental est l'état du noyau le plus stable.

- L'énergie du photon émis est exactement égale à la différence d'énergie entre les deux états du noyau.



$$E_{\text{ph}} = E_n - E_p$$

$$E_{\text{ph}} = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

- Unités : penser à convertir les énergies!
- $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. et $1 \text{ KeV} = 10^3 \text{ eV}$.

2 – Désintégration Alpha.

Il y a émission d'une particule alpha et éventuellement d'un rayonnement γ .

Première étape : ${}^{211}_{85}\text{At} \rightarrow {}^{207}_{83}\text{Bi}^* + {}^4_2\text{He}$ (* signifie que le noyau fils est dans un état excité. Ce n'est pas systématiquement le cas. S'il ne l'est pas, il n'y a qu'une seule étape et pas de désexcitation gamma.)

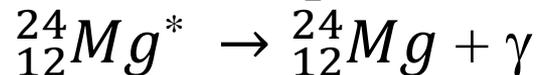
Seconde étape (désexcitation gamma) : ${}^{207}_{83}\text{Bi}^* \rightarrow {}^{207}_{83}\text{Bi} + \gamma$

3 – Désintégration bêta -.

Il y a émission d'un électron et éventuellement d'un rayonnement γ .

Première étape : ${}_{11}^{24}\text{Na} \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Mg}^* + {}_{-1}^0\text{e}$ (* signifie que le noyau fils est dans un état excité. Ce n'est pas systématiquement le cas. S'il ne l'est pas, il n'y a qu'une seule étape et pas de désexcitation gamma.)

Seconde étape (désexcitation gamma) :



4 – Désintégration bêta +.

Il y a émission d'un positron et éventuellement d'un rayonnement γ .

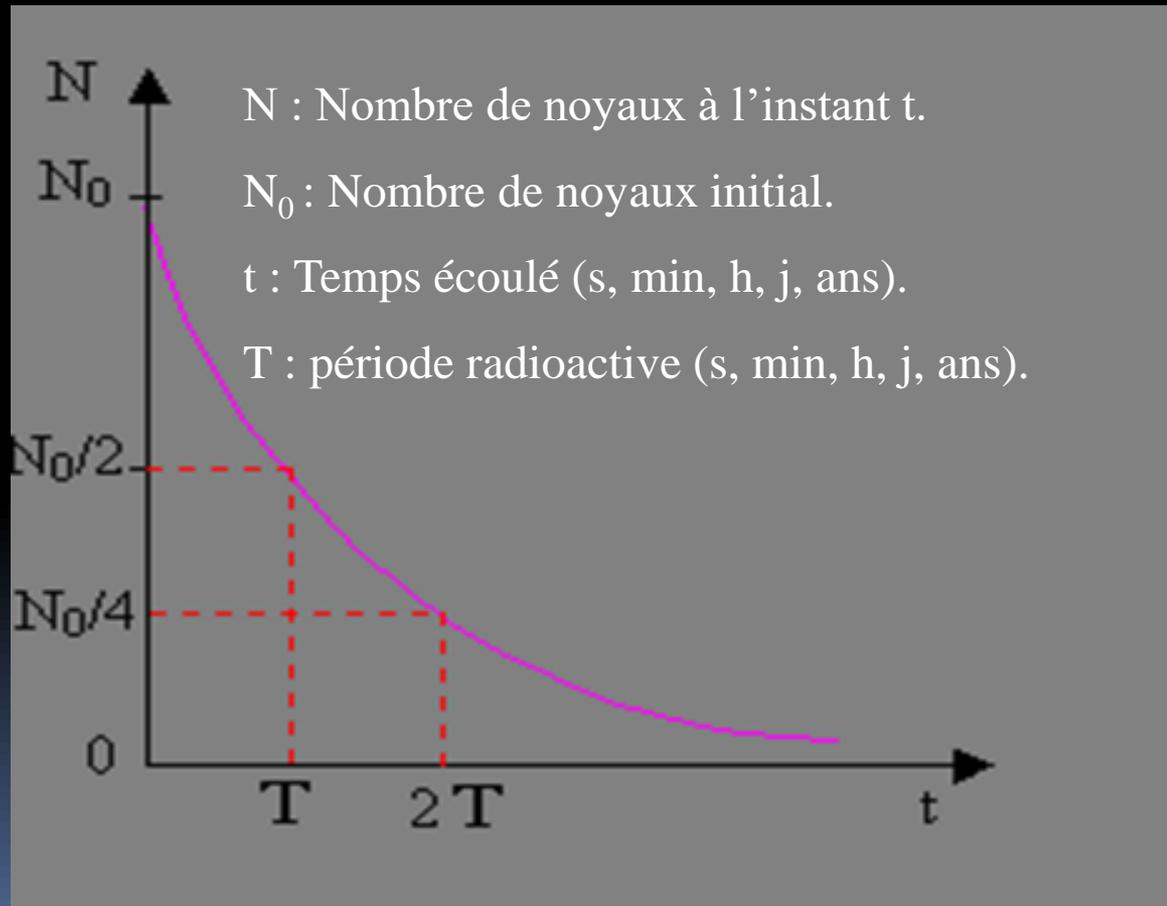
Première étape : ${}_{26}^{53}\text{Fe} \rightarrow {}_{25}^{53}\text{Mn}^* + {}_{+1}^0\text{e}$ (* signifie que le noyau fils est dans un état excité. Ce n'est pas systématiquement le cas. S'il ne l'est pas, il n'y a qu'une seule étape et pas de désexcitation gamma.)

Seconde étape (désexcitation gamma) : ${}_{25}^{53}\text{Mn}^* \rightarrow {}_{25}^{53}\text{Mn} + \gamma$

II Loi de décroissance radioactive

a- courbe de décroissance radioactive.

- Au fur et à mesure que le temps s'écoule, il y a de moins en moins de noyaux radioactifs.



b- Loi de décroissance radioactive.

- Le nombre moyen de désintégrations est proportionnel à la population existante et à la durée de mesure.
- Soit : $\Delta N = - \lambda . N . \Delta t$
- Ou encore $\frac{\Delta N}{\Delta t} = - \lambda . N$
- Et si Δt tend vers 0 : $\frac{dN}{dt} = - \lambda . N$
- On en déduit l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dN}{dt} = - \lambda . N$$

Math / équation différentielle du type $y' = ay + b$ avec $b = 0$

Solution du type $y(t) = A e^{at} - \frac{b}{a}$ où A est une constante

Solution de cette équation différentielle : $N(t) = A e^{-\lambda t}$

Détermination de A : à $t=0$, $N(0) = N_0$ donc $A = N_0$

- La solution est donc :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

- $N(t)$: Nombre de noyaux radioactifs à l'instant t ,
- N_0 : Nombre de noyaux radioactifs initial.
- λ : Constante radioactive (s^{-1} , min^{-1} , h^{-1} , J^{-1} , ans^{-1})

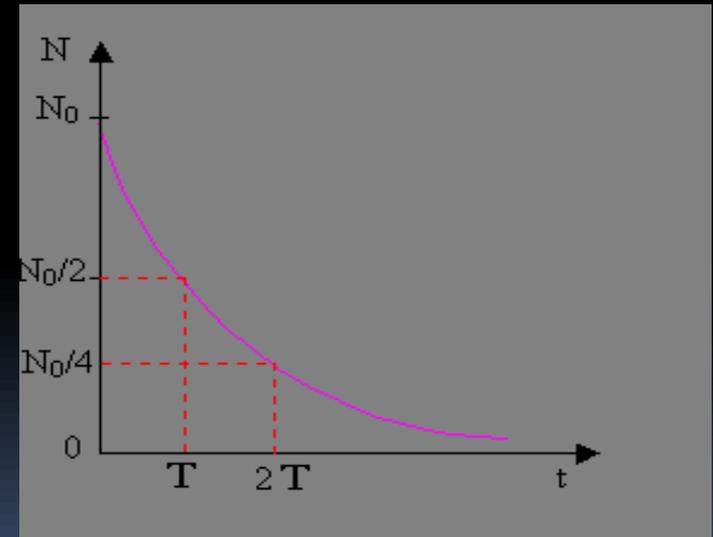
c- la période radioactive.

- Période radioactive ou demi-vie : Durée, T , au bout de laquelle la moitié d'une quantité donnée d'un radionucléide s'est désintégrée.
- Chaque radionucléide a sa propre période radioactive.

Exemples :

- ${}^{123}_{53}\text{I}$: $T = 13$ heures.
- ${}^{129}_{53}\text{I}$: $T = 15,7$ millions d'années.
- Remarque :

$$N(t) = \frac{N_0}{2^n}$$



Où n représente le nombre de périodes écoulées.

Relation entre λ et T

- Démonstration : (au tableau)

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T}$$

$S^{-1}, \text{min}^{-1}, \text{h}^{-1}, \text{J}^{-1}, \text{ans}^{-1}$

$S, \text{min}, \text{h}, \text{J}, \text{ans}$

d- L'activité d'un échantillon :

- **Définition :**
- L'activité d'un échantillon, A , correspond à son nombre de désintégrations par seconde.
- **Unité :**
- Le Becquerel (Bq). $1 \text{ Bq} = 1 \text{ désintégration / s}$.
- $A = - dN/dt$ (dérivée de la fonction $N(t)$), il en ressort :

$$A(t) = \lambda \cdot N(t)$$

Bq

s^{-1}

- On mesure l'activité à l'aide d'un **compteur Geiger**.

Autres écritures de la loi de décroissance radioactive :

- En fonction de l'activité:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

- En fonction de la masse :

$$m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$$

III Radiothérapie - radioprotection

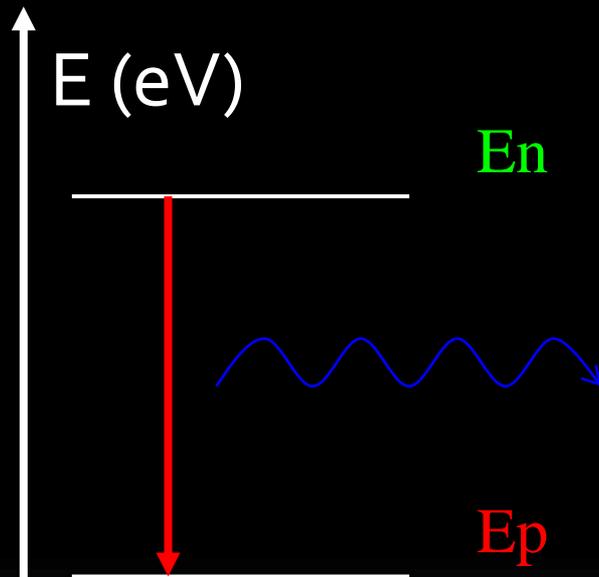
a- La radiothérapie

- Radiothérapie : La **radiothérapie** est une méthode de traitement des cancers, utilisant des radiations pour détruire les cellules cancéreuses en bloquant leur capacité à se multiplier.
- L'effet ionisant des radiations permet d'agir indirectement sur les molécules d'ADN, empêchant la réplication des cellules cancéreuses.
- Ce même effet est un danger en cas d'exposition accidentelle à une source radioactive.

b- Interaction avec la matière.

- Un rayonnement gamma a trop d'énergie pour être absorbé par un atome sans l'ioniser.
- L'ion formé est dans un état excité et perd de l'énergie par transition radiative.
- Il y a émission d'un photon dont l'énergie correspond à celle des RX.

- Rappel :



$$E_{ph} = E_n - E_p$$

$$E_{ph} = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

- Gamme d'énergie des RX $2 \cdot 10^{-17} \text{J} < E < 2 \cdot 10^{-13} \text{J}$

c- Radioprotection

- **La dose d'énergie absorbée** se mesure en **Gray (Gy)**, il s'agit de l'énergie de rayonnement absorbée par Kg. $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/Kg}$
- **La dose biologique** se mesure en **sieverts**. Elle est fonction de la dose d'énergie mais aussi du type de rayonnement absorbé et de l'éventuelle localisation de l'absorption. On la relie aux effets des rayonnements sur un être vivant.

- 
- **Irradiation** : Fait d'être exposé à une source de rayonnement. La source est extérieure au corps.

On peut se protéger d'une irradiation à l'aide d'écrans de plombs. Les opérateurs radio ou les manipulateurs en médecine nucléaire sont protégés de cette manière.

- **Contamination** : Fait d'avoir ingéré, inhalé ou simplement d'être en contact avec une source radioactive.

On peut se protéger de la contamination à l'aide de combinaisons étanches.



- Les risques encourus par une irradiation ou une contamination dépendent de la dose biologique absorbée.
- **Les risques déterministes** n'arrivent que si on dépasse le seuil de 500 mSv : brûlures, chutes de cheveux, stérilité voire mort.
- **Les risques probabilistes** (stochastiques) sont essentiellement des cancers. Plus la dose reçue est grande plus ils ont une probabilité importante d'arriver.
- Lors des radiothérapies ou des examens médicaux, on limite la dose absorbée par le patient afin de ne pas dépasser un seuil annuel.

FIN