

# LA RADIOACTIVITÉ

- I Historique.
- II Nature de la radioactivité
- III Loi de décroissance radioactive
- IV Traceurs radioactifs.



# Introduction



# I Historique de la radioactivité

**1949** : découverte de la datation au carbone 14 par Libby (américain)

**1938** : découverte de la fission nucléaire par Hahn, Strassman et Lise Meitner.

**1934** : Découverte de la radioactivité artificielle par Irène Joliot-curie.

**1921** : découverte de l'Isotopie par Soddy (anglais)

**1903** : Découverte de la nature de la radioactivité par Rutherford (Néo-zélandais)

**1898** : découverte du polonium et du radium par Marie Curie qui invente le mot radioactivité.

**1896** : découverte du phénomène par Henri Becquerel.

# *L'album de photos*



Willem Roentgen  
(1845-1923)



Marie Curie  
(1867-1934)



Pierre Curie  
(1859 – 1906)



Henri Becquerel (1852 – 1908)

## II Nature de la radioactivité

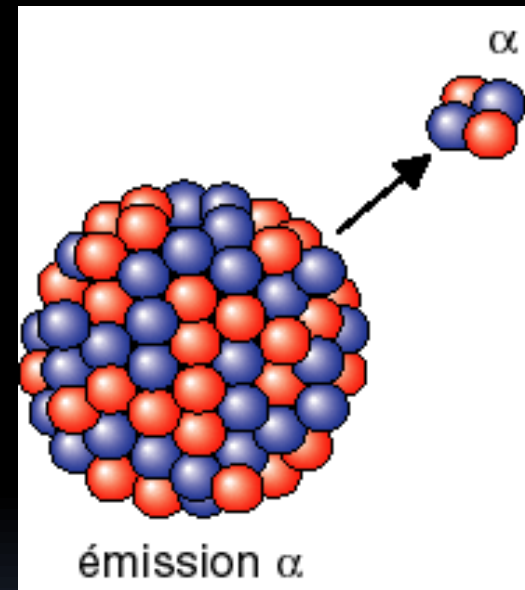
### a- généralités.

- La radioactivité est un phénomène naturel qui peut également être artificiel.
- **Définition** : C'est la désintégration d'un noyau instable qui émet des particules et 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 :

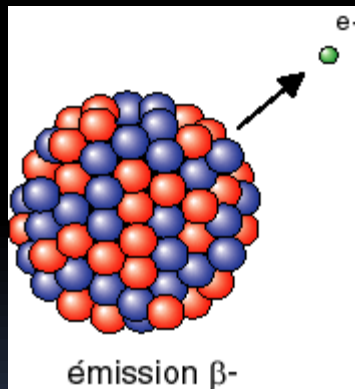
- Une particule alpha est un noyau d'hélium, noté  ${}^4_2\text{He}$ .
- Elle est arrêtée par quelques centimètres d'air.



# Les particules Bêta :

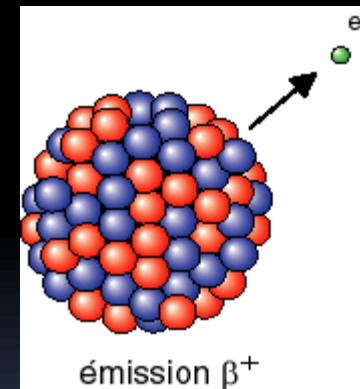
## Particules $\beta^-$

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



## Particules $\beta^+$


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



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



## Le rayonnement $\gamma$

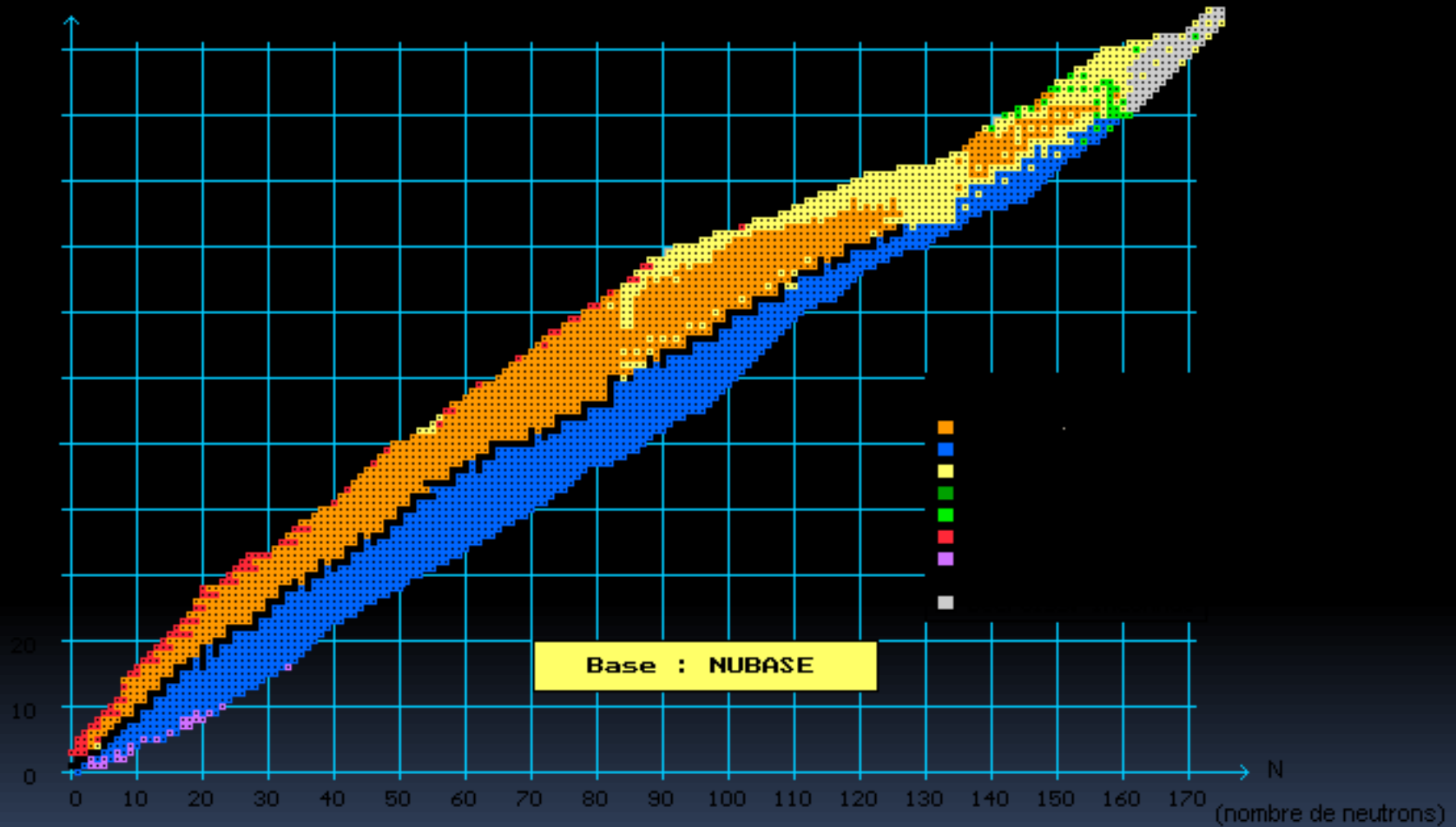
- Il s'agit de photons de très haute énergie.
  - Ils sont arrêtés par des écrans de plomb de forte épaisseur.
- 



## c – Le noyau atomique.

- Il est noté  ${}_Z^AX$  où  $X$  est le symbole de l'élément.
- $Z$  représente le nombre de charges.
- $A$  représente le nombre de masse.
- Un **nucléide** désigne un noyau de numéro atomique et de nombre de masse précis. (Ex :  ${}_6^{14}\text{C}$ )
- Des **isotopes** sont des nucléides possédant le même nombre de charges mais des nombres de masse différents.
- 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.



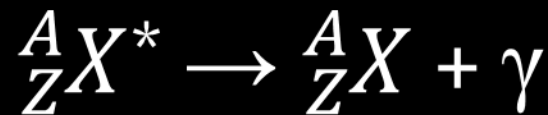
Les proportions de neutrons et de protons dans le noyau sont un facteur déterminant la stabilité du noyau. Cette proportion permet de prédire le type d'émission d'un noyau instable.

# 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

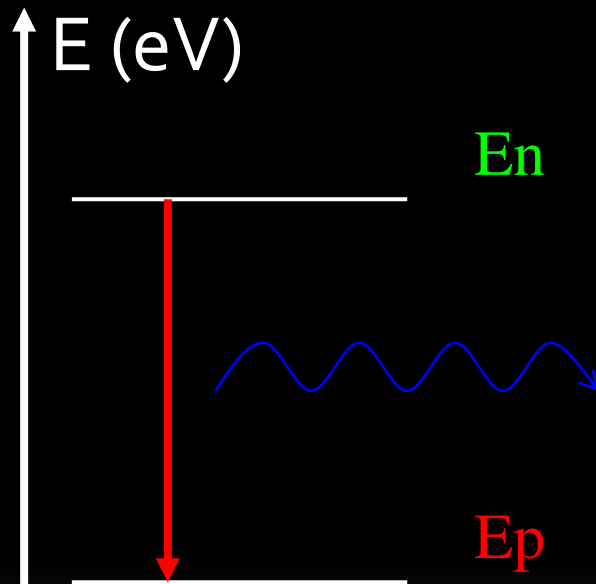
Noyau en état fondamental

- 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 parfois 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  $1 \text{ KeV} = 10^3 \text{ eV}$ .

## ■ – Désintégration Alpha.

Il y a émission d'une particule alpha et éventuellement d'un rayonnement  $\gamma$ .

Exemple:  ${}^{211}_{85}\text{At} \rightarrow$

### 3 – Désintégration bêta -.

Il y a émission d'un électron et éventuellement d'un rayonnement  $\gamma$ .

Exemple:  ${}_{11}^{24}\text{Na} \rightarrow$



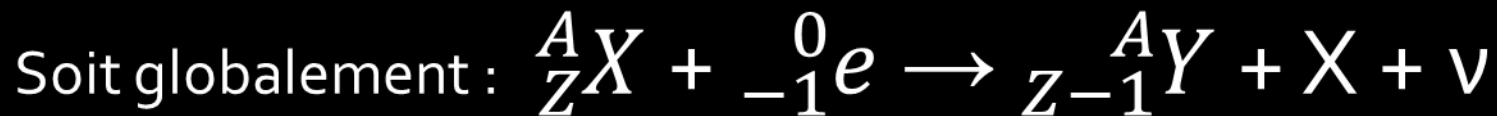
#### 4 – Désintégration bêta +.

Il y a émission d'un positron et éventuellement d'un rayonnement  $\gamma$ .

Exemple:  ${}_{26}^{53}\text{Fe} \rightarrow$

## 5- La capture électronique.

Un électron de la couche la plus interne de l'atome peut pénétrer dans le noyau et interagir avec un proton pour former un neutron et un neutrino qui est expulsé du noyau. La capture électronique est accompagnée d'émission de rayons X (photons d'énergie plus faible que les gamma).

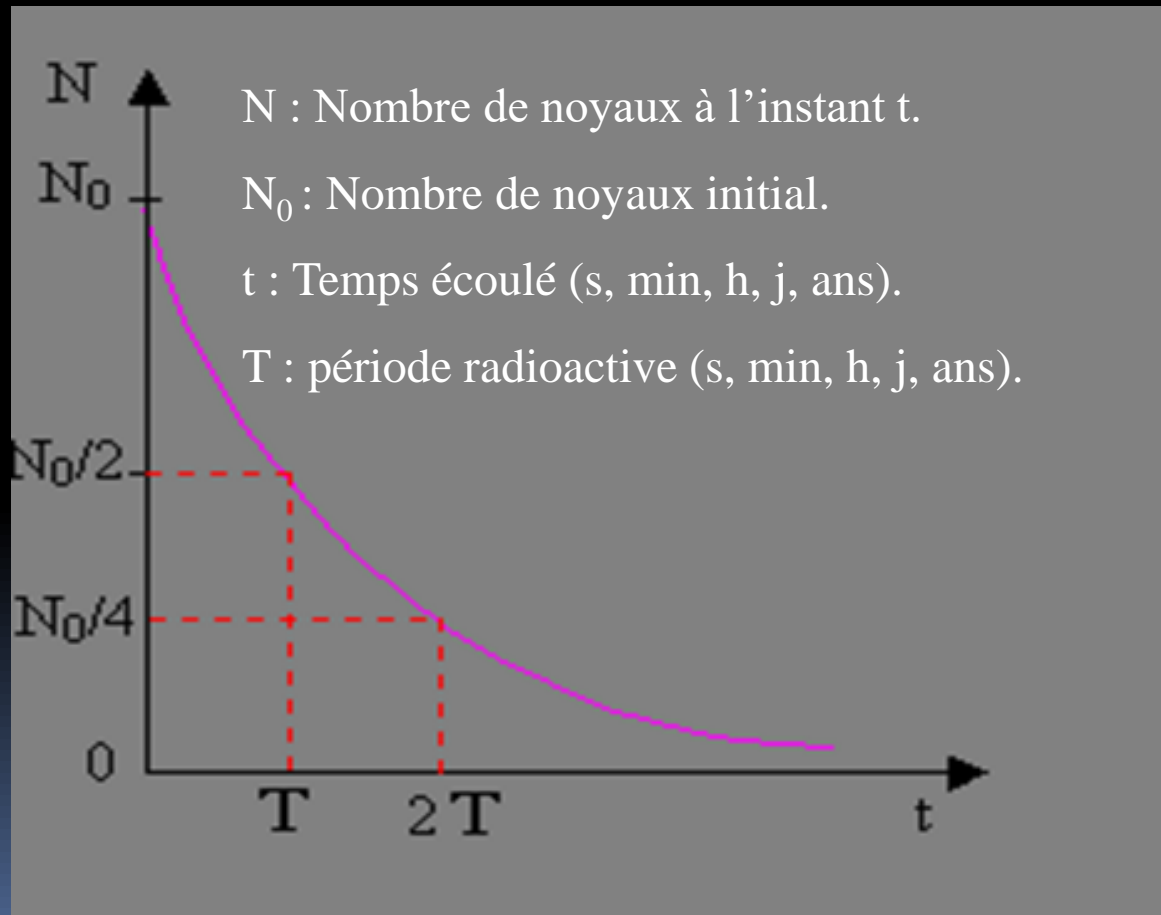


Il y a transmutation.

# III 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 (Loi de Soddy).
- Soit :  $\Delta N = - \lambda . N . \Delta t$
- Ou encore  $\frac{\Delta N}{\Delta t} = - \lambda . N$
- Et si  $\Delta t$  tend vers 0 :  $\frac{dN}{dt} = - \lambda . N$

- La solution de cette équation différentielle est :

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

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

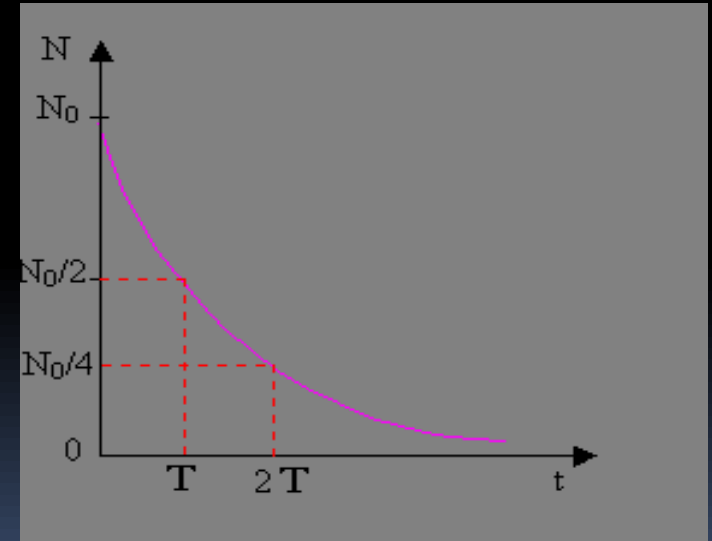
## c- la période radioactive.

- 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 :

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

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



Où  $n$  représente le nombre de périodes écoulées.

# Relation entre $\lambda$ 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 :

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



## IV Traceurs radioactifs.

- Dans quel domaine de la médecine est rangé l'examen de scintigraphie?
- Que doit-on faire au préalable pour réaliser cet examen?
- De quel type d'imagerie s'agit-il?
- De quel type de caméra est équipé cet appareil d'imagerie médicale?
- Que peut-on en déduire sur la substance injectée?
- Citer quelques types différents de scintigraphies,
- Pourquoi y a-t-il nécessité de protéger la manipulatrice médicale et pas le patient?
- A l'aide de quel matériau est-elle protégée?



- Dans quel domaine de la médecine est rangé cet examen?
- Il s'agit d'un examen de médecine nucléaire.
- Que doit-on faire au préalable pour réaliser cet examen?
- Il faut injecter un produit, un traceur.
- De quel type d'imagerie s'agit-il?
- Il s'agit d'une imagerie d'émission.
- De quel type de caméra est équipé cet appareil d'imagerie médicale?
- On emploie une gamma-caméra.

- Que peut-on en déduire sur la substance injectée?
- **Le traceur émet des rayonnements gamma.**
- Citer quelques types différents de scintigraphies.
- **Scintigraphie osseuse, cardiaque, rénale, pulmonaire, cérébrale...**
- Pourquoi y a-t-il nécessité de protéger la manipulatrice médicale et pas le patient?
- **Elle est exposée à de multiples reprises aux rayonnements gamma contrairement au patient.**
- A l'aide de quel matériau est-elle protégée?
- **On emploie du plomb.**

- 
- A l'aide des documents « scintigraphie osseuse » et « radioisotopes » ainsi que des réponses aux questions précédentes, expliquer simplement Le principe de la scintigraphie.
  - Préciser ce qu'est un traceur radioactif.
  - Quelle différence y-a-t-il entre un marqueur et un traceur?
- 

- **La scintigraphie** est un examen qui explore les différents organes du corps humain grâce à l'administration préalable, dans l'organisme, d'un traceur radioactif.
- **Traceur radioactif** : Substance radioactive dont la présence ou le trajet dans un tissu, un organe ou un organisme vivant peuvent être facilement détectés par un dispositif approprié.
- Un traceur est généralement constitué de molécules comportant un atome radioactif dans leur composition. Cet atome est le **marqueur**.
- Les différents traceurs utilisés sont spécifiques et capables de se fixer sélectivement sur l'organe que l'on désire étudier. Une **caméra à scintillation**, détectant les **rayonnements gamma**, se déplace selon un axe longitudinal et transversal au-dessus de l'organe étudié. Les informations sont ensuite présentées sous la forme d'un document photographique.



FIN

