

**OBJECTIFS**

- ❖ Caractériser les différentes transformations radioactives.
- ❖ Calculer l'activité, période, constante radioactive.
- ❖ Utiliser la loi de décroissance radioactive.

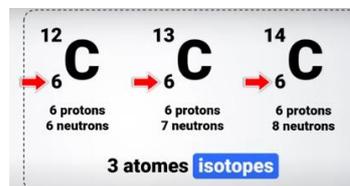
**Plan de travail**

1. Radioactivité
  - 1.1. Définition
  - 1.2. Propriétés
2. Le défaut de masse et énergie de liaison
3. Stabilité et instabilité nucléaire
4. Transformation radioactive
  - 4.1. Transformation par partition.
  - 4.2. Transformation isobarique.
  - 4.3. Transformation isométrique (Désexcitation du noyau).
5. Loi de décroissance radioactive

- ❖ **L'atome est la plus petite unité de base de la matière.** Il ne peut être ni séparé ni divisé. Chaque atome a des électrons qui tournent autour d'un noyau central, composé de neutrons et de protons.

Je vous rappelle que sur cette notation symbolique du noyau d'un atome :

- **A** : est indiqué le nombre de masse (nombre de nucléon (protons +neutrons) dans le noyau).
- **Z** : est le nombre de charge (nombre de proton dans le noyau), ou aussi Numéro atomique
- Et on peut facilement en déduire le nombre de neutron en calculant  $N = A - Z$ .

**Exemple :**

Dans cet exemple les 3 noyaux d'atome de carbone, il s'agit du même nombre de protons ( $Z=6$ ). C'est ce qu'on appelle **des isotopes**.

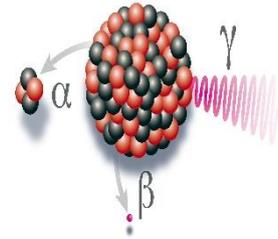
- Des isotopes sont des atomes ayant le même numéro atomique  $Z$  mais un nombre de nucléons  $A$  différent.
- Le noyau contient le même nombre de protons mais un nombre de neutrons ( $A-Z$ ) différent.

Puisque du fait de leur composition, certains de ces isotopes sont stables mais d'autres ne le sont pas et vont se désintégrer spontanément ; on dit qu'ils sont radioactifs.

### 1.1. Définition de la radioactivité

La radioactivité est un phénomène physique naturel au cours duquel des noyaux atomiques **instables** se désintègrent en dégageant de **l'énergie sous forme de rayonnements** divers, pour se transformer en des noyaux atomiques **plus stables**.

- Ces rayonnements sont des particules émises par des noyaux avec une grande énergie. Elles ont été identifiées respectivement a des noyaux d'hélium (rayons  $\alpha$ ), a des électrons ou positons (rayons  $\beta$ ) et a des photons de grande énergie (rayons  $\gamma$ ).



### 1.2. Propriétés de la désintégration radioactive :

- ✓ Respecte la conservation de la charge électrique  $Z$  et du nombre de masse  $A$ .



( $A$  et  $Z$  doivent être conservés après la désintégration).

- ✓ **Spontanéité** : la désintégration se produit sans aucune intervention extérieure. Elle n'a besoin d'aucune condition particulière (température, pression ...etc).
- ✓ **Aléatoire** : lorsque l'on considère un noyau en particulier, on ne peut pas savoir quand il va se désintégrer. Dans un échantillon, on ne peut pas savoir quel noyau va se désintégrer.
- ✓ **Inéluctable** : rien ne peut arrêter, ralentir ou accélérer la cadence de désintégration d'un échantillon radioactif.

## 2. Le défaut de masse et énergie de liaison

Si nous supposons que nous allons former un noyau d'un atome particulier à partir de ses constituants (nucléons : protons et neutrons)

$$Z \text{ protons} + (A-Z) \text{ neutrons} = \text{noyau}$$

La masse théorique du noyau est égale alors à la masse des protons et des neutrons isolés :

$$m_{\text{constituants}} = Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n \tag{II.1}$$

**Exemple** : noyau d'hélium.

La masse théorique du noyau de l'atome d'hélium est :  $m_{\text{constituants}} = Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n$

$$A.N: m_{\text{constituants}} = (2 \times 1.007278 + 2 \times 1.008665) = 4.031886 \text{ u.m.a}$$

La masse du noyau est :  $m_{\text{noyau}} = 4,001503 \text{ u.m.a.}$

$$\Delta m = m_{\text{constituants}} - m_{\text{noyau}} = 0,030383 \text{ u.m.a}$$

Alors :  $m_{\text{constituants}} > m_{\text{noyau}}$

De façon générale :

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n] - m_{\text{noyau}} \quad (II.2)$$

Avec :

- $m_{\text{noyau}}$  : masse du noyau
- $N = A - Z$  : nombre des neutrons de ce noyau
- $m_n$  : masse du neutron
- $Z$  : nombre des protons de ce noyau
- $m_p$  : masse du proton

□ Pour tous les nucléides, la somme des masses des nucléides liés à l'intérieur du noyau est inférieure à la somme des masses des nucléons pris séparément ; cette différence de masse  $\Delta m$  s'appelle le **défaut de masse**.

✓ **L'énergie de liaison des nucléons**

Le défaut de masse d'un noyau est en fait l'équivalent de ce qu'on appelle l'énergie de liaison de ce même noyau ; la relation d'Einstein permet de calculer sa valeur. On la note B ou  $E_l$ .

$$B = \Delta m \cdot c^2$$

□ Alors B donne par l'expression suivante :

$$B(A, Z) = [Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n - m(A, Z)] \cdot c^2 \quad (II.3)$$

Avec :  $m(A, Z)$  : La masse d'un noyau.

Pour d'hélium ( ${}^4_2\text{He}$ ):  $B(4, 2) = 0.030383 \times 1,6605 \times 10^{-27} \text{ Kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2 = 4.54 \times 10^{-12} \text{ joules}$

En d'autres termes, si on suppose que nous allons former le noyau de l'hélium à partir de ses composants (2 protons + 2 neutrons), c'est-à-dire que, la formation du noyau d'hélium libère de l'énergie nucléaire **B = 28.3 MeV**.

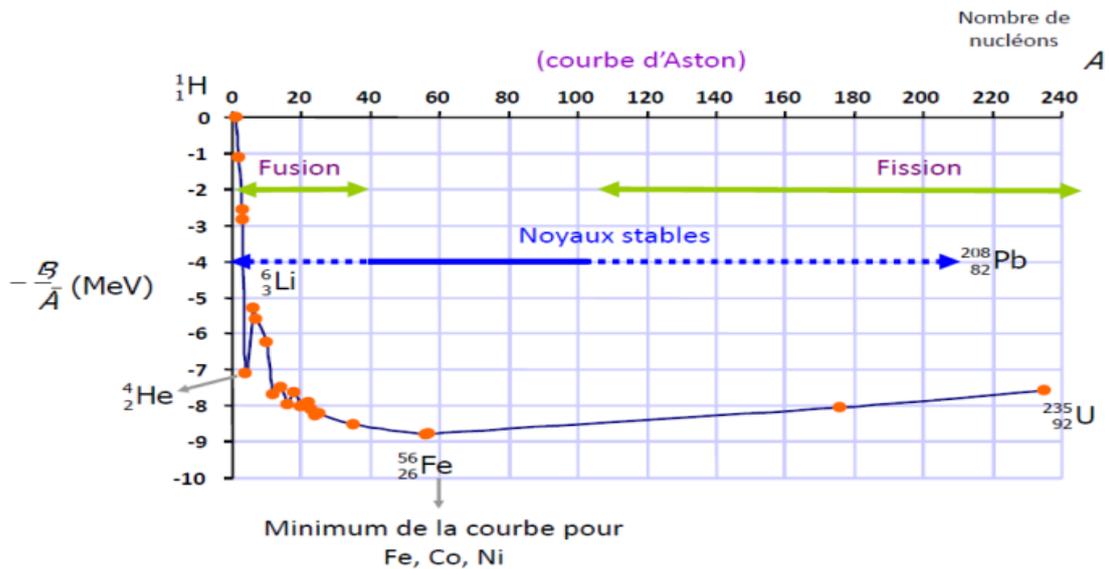
✓ **L'énergie moyenne de liaison par nucléons** permet de comparer la stabilité des différents noyaux afin de prévoir la nature d'éventuelles réactions nucléaires. Elle a pour unité **MeV/nucléon**.

$$B_{\text{moy}}(A, Z) = \frac{B(A, Z)}{A} = \frac{[Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n - m(A, Z)] \cdot c^2}{A} \quad (II.4)$$

➤ Si on porte sur un diagramme les valeurs obtenues, on note un maximum de stabilité à 8.7 MeV/nucléon pour des noyaux ayant un nombre de masse aux environs de 60 ; ils

correspondent aux éléments particulièrement stables, nickel et fer, constituant le cœur de la terre.

- Les éléments les plus légers pourront acquérir davantage de stabilité en fusionnant, d'où libération d'énergie.
- De même les éléments le plus lourds se rapprocheront du maximum de stabilité par fission.

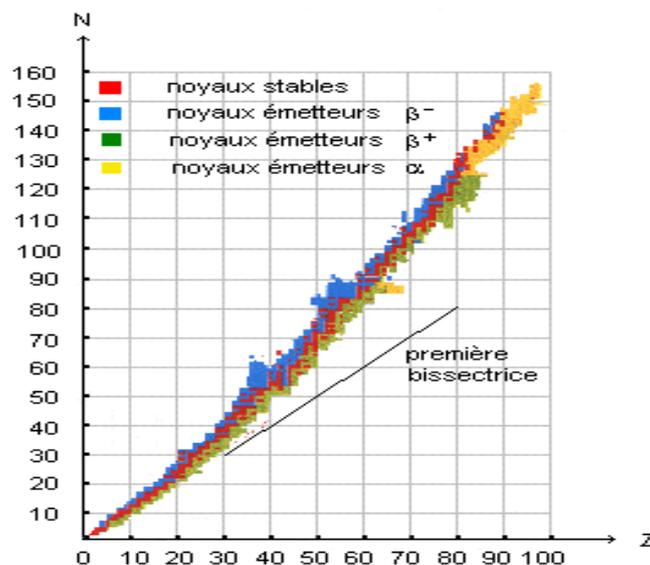


**Figure 1.** L'énergie de liaison par nucléon en fonction de A des différents éléments chimiques [1].

[1] Biophysique : Physico-chimie/ Physique, « rappels de cours exercices et QCM corrigés », Jacques Rene Magne, Rose-Marie et Magne-Marty. ISBN : 2-7298-9140-4.

Il existe un diagramme de NZ qui regroupe tous les noyaux connus selon le nombre de protons Z et le nombre de neutrons N.

Ce diagramme permet justement de visualiser les isotopes stables et instables.



**Figure 2 :** diagramme de Segre [2].

[2] Biophysique pour les sciences de la vie et de la sante, Xavier Marchandise, Laurence Bordenave, Jacques de Certaines, Yvon Grall, Ilana Idy-Peretti. ISBN : 2916097066-1er tirage

- **(En Rouge)** L'ensemble des noyaux stables constituent **la vallée de la stabilité** ( $N = Z$ ).

(Pour les noyaux les plus petits, la stabilité est assurée pour un rapport  $\frac{N}{Z} = 1$  jusqu' à  $Z=20$ . Lorsque le nombre de protons  $Z > 20$  : Les noyaux instables vont se situer au-delà de la zone de stabilité.)

- Le type de désintégration que subissent les noyaux instables dépend de leur position par rapport à la vallée de la stabilité.

On distingue 3 zones **d'instabilité** :

- ❖ **Zone 1 : (bleu) ( $\beta^-$ )** pour ceux qui ont un excès de neutrons ( $N > Z$ ) et qui se trouvent aux dessus de la vallée de stabilité.
- ❖ **Zone 2 : (vert) ( $\beta^+$ )** pour ceux qui ont dessous et ont un excès de protons ( $N < Z$ ).
- ❖ **Zone 3 : (Jaune)** Cette zone regroupe tous les atomes dont l'instabilité est liée à un excès de nucléons (noyaux lourds).
- ❖ **Les nucléides des zones 1 et 2** se déplacent vers la zone de stabilité par le processus de **transformations isobarique**, et répéteront la transformation jusqu'à ce qu'ils arrivent dans la zone stable ( $\frac{N}{Z} \approx 1$ ).
- ❖ **Les nucléides de la zone 3** : le noyau va revenir en stabilité par **la transformation par partition**

ces transformations radioactives se successives jusqu'à ce que les noyaux fils aboutissent dans la zone de stabilité.

- ❖ **Transformation isométrique (Désexcitation du noyau)**

#### 4. Transformation radioactive

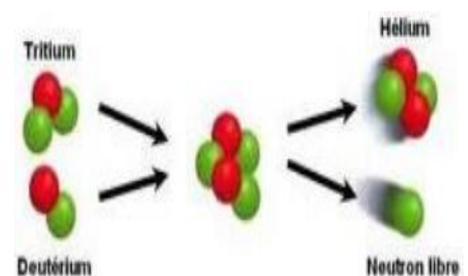
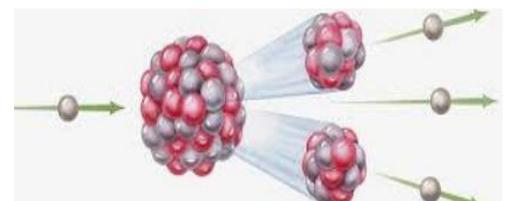
##### 4.1 . Transformation par partition

###### 4.1.1. Fission

Dû à un excès de nucléon, le noyau se dissocie en donnant deux ou plusieurs atomes stables ou radioactifs avec libération d'une énergie importante.

###### 4.1.2. Fusion nucléaire

C'est la réunion de deux noyaux légers pour donner autre nouveau noyau avec libération d'énergie

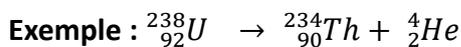
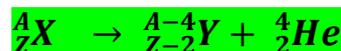


### 4.1.3. La radioactivité alpha ( $\alpha$ )

Correspond à l'émission par **les noyaux lourds** ( $Z \geq 82$ ) d'une particule  $\alpha$ .

- Cette particule est **un noyau d'hélium** avec **2 protons**, **2 neutrons**, et porte une double charge positive.
- Dû à un **excès de nucléons protons et/ou neutrons**.
- les particules  $\alpha$  sont **très ionisantes** du fait de leur taille et de leur **double charge positive**. Elles ont un trajet rectiligne et court dans la matière avec une vitesse relativement faible ne dépassant pas 20000 km/s (**c-** à **-d** : **pas pénétrantes**).

De façon générale la réaction est :



La variation de masse  $\Delta m$  au niveau du noyau s'écrit en fonction **des masses des atomes** notée **M**. (Avec :  $m_{\text{noyau}} = M_X - Zm_{\text{electron}}$ )

$$\Delta m = M_X - M_Y - M_\alpha \quad (II.5)$$

Si  $\Delta m > 0$ , la **réaction  $\alpha$**  est possible et la particule est émise avec une énergie cinétique

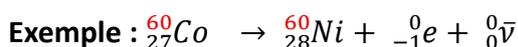
$E_c = \Delta m \cdot c^2$ . Cette énergie est comprise entre 4 MeV et 10 MeV environ.

### 4.2 . Transformation isobarique

Transformation d'un noyau en un autre en conservant le même nombre de nucléons (A), mais en changeant le nombre de protons et de neutrons.

#### 4.2.1. La radioactivité Bêta moins ( $\beta^-$ )

- ❑ C'est une radioactivité particulière naturelle ou provoquée caractérisée l'expulsion d'un électron d'un noyau qui possède un excès de neutrons par rapport au nombre de protons.
- ❑ Le **neutron** se transforme en **proton** avec émission de **négaton ( $\beta^-$ )** et un **antineutrino** ( ${}^0_0 \bar{\nu}$ )
- ❑ Il s'agit d'une réaction isobarique puisque le nombre de masse **A** ne change pas. De façon générale la réaction est :



La réaction est énergétiquement possible à la seule condition que le noyau atomique fils soit moins massif que le noyau père.

La condition d'émission de la radioactivité  **$\beta^-$  (négaton)** est donnée par le bilan des masses :

$$\Delta m = [M_X - M_Y] > 0 \quad (II.6)$$

$\Delta m$  est La variation de masse du noyau et  $M$  représente la notation de la masse des atomes.

Condition énergétique :  $Q_{\beta^-} = \Delta m \cdot c^2 > 0$

#### 4.2.2. La radioactivité Bêta plus ( $\beta^+$ )

- ❑ Les noyaux dont le nombre de protons est trop grand (excès de proton) sont du type émetteur **bêta plus ( $\beta^+$ )**.
- ❑ La réaction a lieu dans le noyau par transformation d'un **proton** en **neutron** avec émission  $\beta^+$  et un **neutrino** ( ${}^0_0\nu$ ).
- ❑ Il s'agit d'une réaction isobarique puisque le nombre de masse **A** ne change pas, en effet la réaction s'écrit de façon générale :



Exemple :  ${}^{11}_6C \rightarrow {}^{11}_5B + {}^0_{+1}e + {}^0_0\nu$

Dans le cas de la désintégration  $\beta^+$  (émission de positron), la réaction nécessite que la masse du noyau fils, additionnée à deux fois la masse de l'électron, soit inférieure à celle du noyau père.

La condition d'émission de la radioactivité  $\beta^+$  (**positon**) est donnée par le bilan des masses :

$$\Delta m = M_X - M_Y - 2m_e \tag{II.7}$$

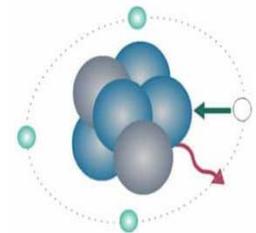
$\Delta m$  est La variation de masse du noyau et  $M$  représente la notation de la masse des atomes.

Le bilan des masses doit être supérieur à 2 fois la masse de l'électron au repos pour que la réaction soit possible :

$$\Delta m > 2m_e$$

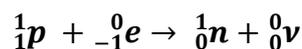
Condition énergétique :  $Q_{\beta^+} = \Delta m \cdot C^2 > 1,022 \text{ MeV}$

Si cette condition n'est pas obtenue, il peut se produire un autre phénomène qui conduit au même résultat ; c'est **la capture électronique (CE)**



#### 4.2.3. Capture électronique (CE)

Le noyau capte un électron, le plus souvent d'une couche K selon ce schéma :



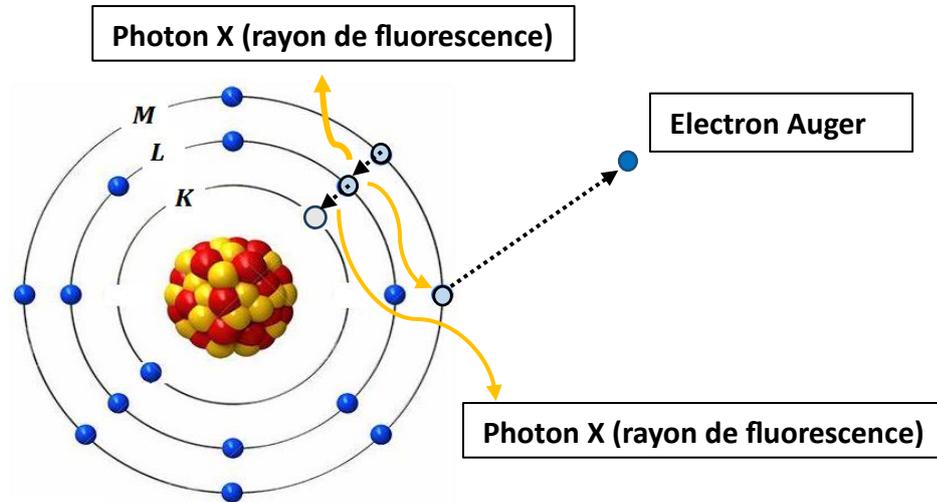
Soit



Exemple :  ${}^{123}_{53}I + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^{123}_{52}Te + {}^0_0\nu$

**Le phénomène secondaire a la capture électronique**

A la suite de la réaction de capture par le noyau d'un électron de la couche K, il y a réarrangement électronique



La capture d'un électron de la couche K par un proton du noyau va créer une vacance qui provoque un réarrangement électronique de l'atome.

- Un électron de la couche L va occuper la place laissée par l'électron capture de la couche K.
- Cette réorganisation électronique donne naissance à l'émission d'un rayonnement électromagnétique (R.X).
- L'énergie de ce rayonnement X est :

$$E_X = \Delta E = |E_f - E_i|$$

$$E_X = |E_K - E_L| = h \nu \tag{II.8}$$

Avec :

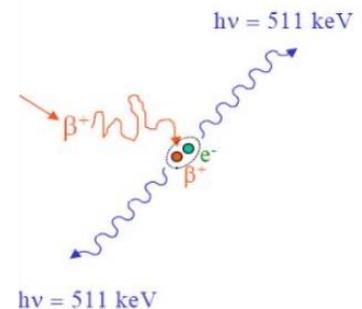
$\nu$  (nu) est la fréquence de rayonnement (Hz ou  $s^{-1}$ ).

$h$  : représente la constante de Planck, avec  $h = 6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$  J s

- Lorsque cette énergie est suffisante pour éjecter un électron d'une orbite atomique (c.-à-d.  $E_X$  est supérieur à l'énergie de liaison de l'électron), dans ce cas : on obtient un électron éjecté appelé **électron Auger**.
- L'énergie de l'électron Auger est :

$$E_{(e^-)A} = (E_K - E_L) - E_M \tag{II.9}$$

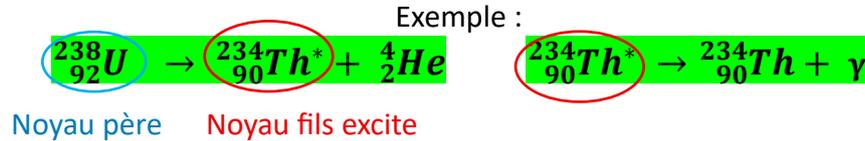
Lorsque les positons ( $\beta^+$ ) entrent en contact avec les électrons d'un milieu, il se produit une réaction d'annihilation (disparition de matière) pour libérer deux rayonnements gamma de 0.511 MeV (masse de l'électron = 0.511 MeV) émis à  $180^\circ$  l'un d'autre.



**Application :** Les émetteurs  $\beta^+$  sont utilisés en TEP (tomographie par émission de positon)

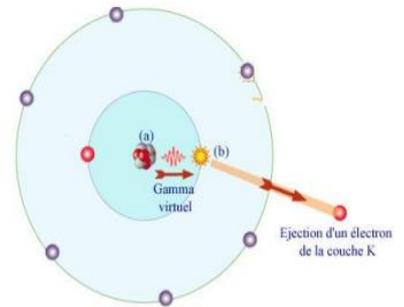
**4.3. Transformation isométrique (Désexcitation du noyau)**

- La plupart des noyaux fils issus d'une désintégration radioactive sont dans un état excité (\*).
- Le retour à leur état fondamental s'accompagne de l'émission d'un rayonnement ( $\gamma$ ).



La radioactivité  $\gamma$  peut être pure lors du passage dans une transition isométrique, d'un niveau métastable a un niveau. Mais la plupart du temps, La radioactivité  $\gamma$  résulte de la désexcitation d'un noyau produit à la suite d'une émission radioactive  $\alpha$  ou  $\beta$ .

- ✓ Dans certains cas, l'excédent d'énergie est directement communiqué à un électron qui est expulsé ; ce phénomène porte le nom de **conversion interne (C.I)**, il entraîne un réarrangement électronique, d'où un spectre de raie d'origine électronique. La CI se produit souvent sur la couche K.



**5. Loi de décroissance radioactive**

Relation mathématique qui décrit la diminution du nombre de noyaux radioactifs au cours du temps.

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \tag{II.10}$$

- Où
- $N_0$  est le nombre initial de noyaux.
  - $\lambda$  est la constante de désintégration (constante radioactive).
  - $t$  est le temps.

**Période ou demi-vie ( $T_{1/2}$ ) :** (Période physique)

- Temps nécessaire pour que la moitié des noyaux d'une substance radioactive se désintègre.

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} \tag{II.11}$$

- Chaque élément radioactif peut être caractérisé par une période propre qui ne dépend que de sa constante radioactive.

**Exemples:**

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| $^{131}\text{I}$  | $T_{1/2} = 8$ jours, |
| $^{99m}\text{Tc}$ | $T_{1/2} = 6$ h,     |
| $^{125}\text{I}$  | $T_{1/2} = 60$ jours |
| $^{60}\text{Co}$  | $T_{1/2} = 5,27$ ans |

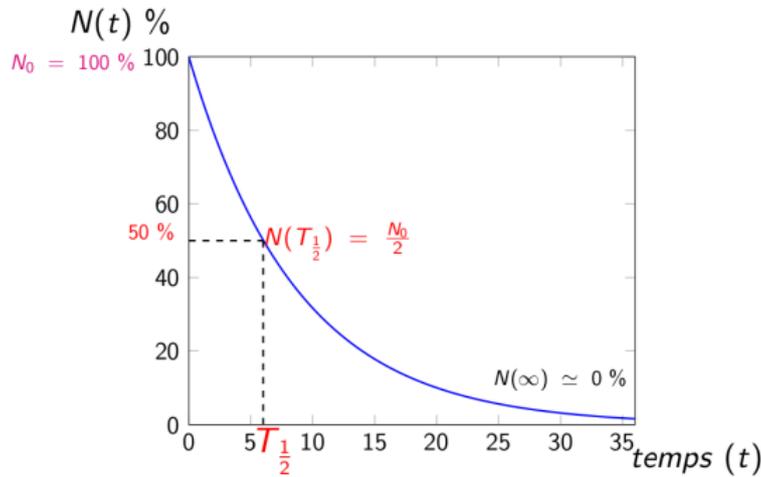


Figure 3 . Décroissance radioactive d'un élément en fonction du temps [1].

**L'activité :**

Une substance radioactive est caractérisée par son « activité ».

- Activité :** traduit le nombre de désintégrations qui se produit par unité de temps.
- L'activité représente la vitesse de désintégration du radioélément :

$$A(t) = - \frac{\partial N}{\partial t} = \lambda \cdot N(t)$$

Soit : 
$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \tag{II.12}$$

- L'unité de l'activité est **le Becquerel**  
1 Bq = 1 dps (désintégration par seconde)
- L'autre unité anciennement utilisée est **le Curie** avec  
1 Ci = 3,7.10<sup>10</sup> Bq = 37 GBq.

**FORMULE ACTIVITE - MASSE**

• Relation entre la radioactivité et la masse de la matière radioactive : On considère une source composée de  $\frac{A}{Z}X$  atomes radioactifs d'une période  $T_{\frac{1}{2}}$ . On note que la masse de **N** atomes est égale a :

$$m = A \frac{N(t)}{N_A} \tag{II.13}$$

En reportant a partir de cette relation le nombre d'atomes N dans la relation de l'activité, nous obtenons :

$$m = A \frac{A(t)}{\lambda \cdot N_A} \Leftrightarrow A(t) = N_A \frac{m \cdot \ln 2}{A \cdot T_{\frac{1}{2}}} \Leftrightarrow A(t) = \frac{4,17 \cdot 10^{23} \cdot m}{A \cdot T_{\frac{1}{2}}} \tag{II.14}$$

- Où : **A(t)** : l'activité (Bq)  
**N<sub>A</sub>** : nombre d'Avogadro (6.023x10<sup>23</sup>)  
**T<sub>1/2</sub>**: La période physique en (s).  
**A** : le nombre de masse.  
**m** : la masse de l'échantillon en (g).

**Période physique, Période biologique, période effective.**

**La période biologique** : d'un élément chimique est le temps au bout duquel la moitié des éléments sont éliminés par l'organisme uniquement par des voies naturelles (salive, urines, selles, sueur...).

- $T_B$  dépend de l'élément radioactifs et de son métabolisme dans l'organisme et l'état fonctionnel de l'organe d'élimination.
- Pour un radionucléide donné, l'élimination se fait à la fois par voies naturelles (suivant sa période biologique) et par décroissance radioactive du nombre de ses atomes du fait de sa radioactivité (suivant sa période radioactive propre, ou **période physique**). Pour les radionucléides, on définit **la période effective**, qui correspond au temps au bout duquel l'activité dans l'organisme aura été divisée par deux, du fait de ces deux décroissances.

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_P} + \frac{1}{T_B}$$

$$T_e = \frac{T_P \times T_B}{T_P + T_B}$$

**Exemple :**

| Élément        | Période physique $T_P$ | Période biologique ( $T_B$ ) | $T_e$ |
|----------------|------------------------|------------------------------|-------|
| Iode-131       | 8,0 j                  | 30 j (thyroïde)              | 6,3 j |
| Téchnetium-99m | 6 h                    | 1 j                          | 4,8 h |
| Césium-137     | 10950 j                | 150 j                        | 148 j |

**Exercice 1 :**

- 1- On considère les 2 variétés de  $^{235}_{92}\text{U}$  et  $^{238}_{92}\text{U}$  du radioélément d'uranium. Que peut-on dire de ces 2 variétés ?
- 2- Indiquer le nombre de protons, neutrons et électrons de l'isotope 235 de l'uranium ( $^{235}_{92}\text{U}$ ).
- 3- Calculer le défaut de masse de  $^{235}_{92}\text{U}$ , en unité de masse atomique puis en kilogramme. Masse du noyau d'Uranium 235 :  $(m^{235}_{92}\text{U})=234.99332 \text{ u.m.a}$  Masse de neutron  $m_n = 1.00866 \text{ u.m.a}$  Masse de proton  $m_p = 1.00728 \text{ u.m.a}$  avec  $\text{u.m.a} = 1.66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .
- 4- Calculer, en joule puis en MeV l'énergie de liaison de ce noyau  $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ,  $C = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- 5- Calculer l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.
- 6- Comparer la stabilité du noyau d'uranium 235 à celle de radium 226 dont l'énergie de liaison est de 7.66 MeV par nucléon.

**Solution de l'exercice 1:**

1. Les deux variétés sont **des isotopes**.
2. **Le nombre de protons, neutrons et électrons pour l'isotope 235 de l'uranium 92:**

$$^{235}_{92}\text{U} : A=P+N=235, Z=P=92=\text{nbr (és)}, \text{ et } N=A-P=235-92=143$$

3. Calcule le défaut de masse du  ${}^{235}_{92}\text{U}$  :  $\Delta m = [Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n] - m_{\text{noyau}}$ ,

A.N:  $\Delta m = [(92 \cdot 1.00728) + (143 \cdot 1.00866)] - 234.99332$ ,

$$\Delta m = 1.9148 \text{ u.m.a}$$

On a :  $1 \text{ u.m.a} = 1.6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$$1.9148 \text{ u.m.a} = \Delta m \text{ (kg)}$$

$$\Delta m = 1.9148 \cdot 1.6605 \cdot 10^{-27} = 3.179 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

4. Calcule de l'énergie de liaison en joule puis en MeV :  $B = \Delta m \cdot c^2$

A.N :  $B = 3265.4 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2.86 \cdot 10^{-10} \text{ J}$

On a :  $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  alors :  $B = 2.86 \cdot 10^{-10} / 1.6 \cdot 10^{-19}$

Donc :  $B = 1.7875 \cdot 10^9 \text{ eV} = 1787.52625 \text{ MeV}$

5. l'énergie de liaison par nucléon :  $B/A = 1787.52625/235 = 7.6065 \text{ MeV}$

### Exercice 2 :

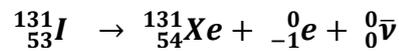
L'iode-131 ( $Z = 53$ ) utilisé en **médecine nucléaire** dans le traitement de certaines hyperthyroïdies et des cancers de thyroïde. Il présente une radioactivité  $\beta^-$ .

1. Donner la composition du noyau d'iode-131.
2. Écrire l'équation de désintégration de l'iode-131 (Sb :  $Z = 51$  ; Te :  $Z = 52$  ; Xe :  $Z = 54$ )
3. L'iode-131 a une  $T_p$  de 8 jours et une  $T_b$  de 4,8 jours. Calculer sa  $T_{\text{eff}}$  (en jours).
4. Une personne ingère  $1 \mu\text{g}$  d'iode-131. Calculer l'activité de cette dose.
5. Au bout de combien de jours ne restera-t-il plus que  $1 \text{ GBq}$  dans la thyroïde ?

### Solution exercice 2:

1. La composition du noyau d'iode :  $A=131$ ,  $Z=53$  et  $N=A-Z=78$ .

2. L'équation de désintégration de



3. Le période effective :

$$\frac{1}{T_{eff}} = \frac{1}{T_p} + \frac{1}{T_b} \Leftrightarrow T_{eff} = \frac{T_p \cdot T_b}{T_p + T_b}$$

$$\text{A.N : } T_{eff} = \frac{4,8 \times 8}{4,8 + 8} = 3 \text{ jour.}$$

4. l'activité

$$A(t) = \frac{4,17 \cdot 10^{23} \cdot m}{A \cdot T_{1/2}}$$

$$A(t) = \frac{4,17 \times 10^{23} \times 1 \times 10^{-6}}{131 \times 8 \times 86400}$$

Donc :  $A(t) = 4,6053 \times 10^9 \text{ Bq}$ .

5. Le temps

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \ln e^{-\lambda t}$$

$$\text{Donc : } t = \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) / -\lambda$$