

## Série 1 : Décroissance radioactive



### EXERCICE 1 :

Le polonium  $^{210}_{84}\text{Po}$  est radioactif  $\alpha$ , sa désintégration conduit à la formation d'un isotope de plomb  $^{206}_{82}\text{Pb}$ .

La demi-vie du polonium  $^{210}_{84}\text{Po}$  est  $t_{1/2} = 138 \text{ jours}$

1. Ecrire l'équation de désintégration de  $^{210}_{84}\text{Po}$
2. Calculer la constante radioactive de  $^{210}_{84}\text{Po}$
3. Sachant que l'activité initiale de l'échantillon de polonium 210 est  $a_0 = 10^{10} \text{ Bq}$ . Calculer le nombre de noyaux radioactifs  $N_0$  dans l'échantillon à l'instant initial.
4. Déterminer la durée nécessaire pour que l'activité de l'échantillon soit égale à  $a_0/4$
5. Donner la relation entre  $a_0$  et  $a(t)$  : l'activité de l'échantillon à un instant  $t$
6. Exprimer la décroissance relative de l'activité  $r = \frac{a_0 - a(t)}{a_0}$  en fonction de  $t_{1/2}$ . Puis calculer  $r$  pour  $t = 1 \text{ jour}$ .

### Exercice 2

On considère deux isotopes radioactifs de l'iode, utilisés en médecine : l'iode 131 ( $^{131}_{53}\text{I}$ ) de demi-vie 8,1 jours et l'iode 132 ( $^{132}_{53}\text{I}$ ) de demi-vie 13h.

1. On dispose de deux échantillons de masse  $m = 10 \text{ g}$  de ces deux isotopes. Quelles sont leurs activités initiales ?
2. Au bout de combien de temps leurs activités sont-elles égales ?

On donne :  $N_A \approx 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

### Exercice 3 :

Le carbone ( $Z = 6$ ) possède, entre autres, deux isotopes de nombre de masse 12 et 14.

- 1- Donner la composition de chacun des noyaux.
- 2- La réaction d'un neutron sur un noyau d'azote  $^{14}_7\text{N}$  donne naissance à du carbone 14 et à une autre particule X.
  - 2-1- Écrire l'équation de cette réaction nucléaire en rappelant les lois de conservation.
  - 2-2- Identifier la particule X.
- 3- Le carbone 14 est radioactif  $\beta^-$  de demi-vie  $t_{1/2} = 5570 \text{ ans}$ .
  - 3-1- Écrire l'équation de la réaction de désintégration du carbone 14 en précisant la nature de la particule  $\beta^-$  et en identifiant le noyau fils.
  - 3-2- On appelle  $N$  le nombre de noyaux non désintégrés à l'instant  $t$ ,  $N_0$  étant le nombre de noyaux initial, à l'instant  $t = 0$ . Donner l'expression littérale de la loi de décroissance radioactive.
  - 3-3- Donner la définition de demi-vie d'un élément radioactif. Exprimer la de demi-vie en fonction de  $\lambda$  la constante radioactive.
  - 3-4- Le carbone 14 est assimilé comme le carbone 12 par les organismes vivants. Pendant toute leur vie, la proportion de carbone 14 reste constante. A leur mort, la quantité de carbone 14 décroît par radioactivité. Il est alors possible de déterminer la date de la mort en mesurant la quantité de carbone 14 restant dans l'échantillon à étudier et en le comparant à la quantité de carbone 14 présent dans un échantillon de même nature, mais vivant.  
Dans un échantillon de bois ancien, mort, on constate que la teneur en carbone 14 est 8 fois plus faible que dans un échantillon de bois vivant de même masse. Déterminer l'âge de ce morceau de bois.

### Exercice 4 : Décroissance radioactive

La détermination de l'âge de la Terre a commencé vers le XVI<sup>e</sup> siècle, on l'estimait alors autour de 5000 ans. Au XIX<sup>e</sup> siècle, des scientifiques admettaient un âge d'environ 100 millions d'années. La découverte de la radioactivité, par H. Becquerel en 1896, bouleversa toutes les données connues. La datation à l'uranium – plomb permet de déterminer assez précisément l'âge de la Terre. Nous proposons de comprendre cette technique de datation.

#### 1- Étude de la famille uranium 238 - plomb 206

Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives. Nous allons étudier ce processus.

On ne tiendra pas compte de l'émission  $\gamma$ .

1-1- Dans la première étape, un noyau d'uranium  ${}_{92}^{238}\text{U}$  subit une radioactivité  $\alpha$ . Le noyau fils est du thorium (symbole Th).

1-1-1. Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

1-1-2. Écrire l'équation de la réaction nucléaire en précisant les règles utilisées.

1-2- Dans la deuxième étape, le noyau de thorium 234 se transforme en un noyau de protactinium  ${}_{91}^{234}\text{Pa}$ .

L'équation de la réaction nucléaire est :  ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^0e$

Préciser, en justifiant, le type de radioactivité correspondant à cette transformation.

1-3- L'équation globale du processus de transformation d'un noyau d'uranium 238 en un noyau de plomb 206 est :  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + a \cdot {}_2^4\text{He} + b \cdot {}_{-1}^0e$

Déterminer, en justifiant, le nombre de désintégrations  $\alpha$  et  $\beta^-$  de ce processus.

### 2- Géochronologie

On a constaté d'une part, que les minéraux d'une même couche géologique, donc du même âge, contiennent de l'uranium 238 et du plomb 206 en proportions remarquablement constantes, et d'autre part que la quantité de plomb dans un minéral augmente proportionnellement à son âge relatif.

Si on mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche ancienne, en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral à partir de la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux d'uranium 238.

Étudions un échantillon de roche ancienne dont l'âge, noté  $t_T$ , correspond à celui de la Terre.

2-1- On considère la courbe de décroissance radioactive du nombre  $N_U(t)$  de noyaux d'uranium 238 dans un échantillon de roche ancienne (voir ci-contre).

2-1-1- Indiquer la quantité initiale  $N_U(0)$  de noyaux d'uranium de cet échantillon.

2-1-2- Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps  $\tau$  de l'uranium 238 ; En déduire la valeur de sa constante de radioactivité  $\lambda$ .

2-1-3- Donner l'expression de  $N_U(t)$ , nombre de noyaux radioactifs présents dans cet échantillon à la date  $t$ , en fonction de  $N_U(0)$ . Calculer le nombre de noyaux d'uranium

238 qui restent dans cet échantillon roche à la date  $t_1 = 1,5 \cdot 10^9$  années. Vérifier graphiquement votre résultat.

2-1-4- Définir et déterminer graphiquement le temps de demi-vie  $t_{1/2}$  de l'uranium 238. Vérifier la cohérence avec la constante de temps.

2-2- La quantité de plomb mesurée dans la roche à la date  $t_{\text{Terre}}$ , notée  $N_{\text{pb}}(t_T)$ , est égale à  $2,4 \cdot 10^{12}$  atomes. Déterminer l'âge  $t_T$  de la Terre.

