

# DATATION AU CARBONE 14

Dans le cycle du carbone, l'élément carbone est présent sous forme de :

- Deux isotopes stables : le carbone 12 (majoritaire), le carbone 13 (minoritaire)
- Un isotope instable : le carbone 14 (très minoritaire)

Le temps de demi-vie du carbone 14 est de l'ordre de 5570 ans. Il est continuellement produit dans la haute atmosphère grâce à des réactions nucléaires entre les noyaux des atomes d'azote 14 de l'air et des neutrons d'origine cosmique. Ces réactions maintiennent une teneur constante en carbone 14 dans l'atmosphère.

Le carbone 14 formé réagit rapidement avec le dioxygène de l'air pour former du dioxyde de carbone,  $\text{CO}_2$ .

Tous les organismes vivants échangent du dioxyde de carbone avec l'atmosphère par la respiration et l'alimentation. Ils fixent le carbone 14 dans leurs tissus jusqu'à leur mort, à une teneur égale à celle de l'atmosphère. Après la mort, l'absorption et le rejet de dioxyde de carbone s'arrêtent.

## Données :

Carbone 12 :  $^{12}_6\text{C}$

Carbone 13 :  $^{13}_6\text{C}$

Azote 14 :  $^{14}_7\text{N}$

## 1. Étude du noyau.

- 1.1. Le symbole d'un noyau se note  $^A_Z X$ . Donner le nom des grandeurs représentées par les lettres A et Z ainsi que leur signification.
- 1.2. Écrire le symbole de l'atome du carbone 14.
- 1.3. Donner la composition du noyau de l'atome de carbone 14.
- 1.4. En vous aidant du texte, définir le terme isotope.
- 1.5. Le noyau de carbone 14 est *radioactif*. Définir ce terme.

## 2. Les réactions nucléaires.

2.1. Le bombardement des noyaux d'atomes d'azote par les neutrons aboutit à la réaction nucléaire dont l'équation est la suivante :

$$^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_Z\text{Y}_1 + {}^1_1\text{H} \quad (1)$$

2.1.1. Énoncer les deux lois de conservation qui ont permis d'écrire l'équation (1).

2.1.2. L'application des lois de conservation précédentes permet de déterminer la nature du noyau  $^A_Z\text{Y}_1$ . Quel élément est associé à  $\text{Y}_1$  ?

2.2. La désintégration du noyau de carbone 14 conduit à l'émission d'un électron de symbole  ${}^0_{-1}\text{e}$  et d'un noyau  $^A_Z\text{Y}_2$ .

2.2.1. Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante.

2.2.2. La radioactivité d'une réaction nucléaire peut être du type  $\alpha$ ,  $\beta^+$  ou  $\beta^-$ . Quelle est celle qui correspond à la désintégration du noyau de carbone 14 ?

2.2.3. Donner le nom de l'élément  $\text{Y}_2$  (de symbole  $^A_Z\text{Y}_2$ ).

## 3. Loi de décroissance radioactive.

3.1. Dans le texte on utilise l'expression : " temps de demi-vie du carbone 14 ". Donner la définition du terme temps de demi-vie (noté  $t_{1/2}$ ).

3.2. La loi de décroissance radioactive en fonction du temps est du type :  $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$

3.2.1. Que représentent les grandeurs physiques  $N(t)$ ,  $N_0$  et  $\lambda$  ?

3.2.2. Sachant que  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ , déterminer l'unité de  $\lambda$  par une analyse dimensionnelle.

3.2.3. Calculer  $\lambda$ .

#### 4. Datation au carbone 14.

En 1983 fut découverte l'épave d'un drakkar dans la vase du port de Roskilde (à l'ouest de Copenhague). Pour valider l'hypothèse indiquant que ce navire est d'origine viking, une datation au carbone 14 est réalisée sur un échantillon de bois prélevé sur sa coque.

L'activité  $A$  mesurée pour cet échantillon est de 12,0 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Or l'activité pour 1 gramme de carbone participant au cycle du dioxyde de carbone de l'atmosphère est égale à  $A_0 = 13,6$  désintégrations par minute.

4.1. Justifier la variation d'activité d'un échantillon de bois au cours du temps.

4.2. Sachant que la loi de décroissance de l'activité en fonction du temps s'écrit :  $A(t) = A_0 \times e^{-\lambda t}$

4.2.1. Exprimer le temps  $t$  en fonction des autres grandeurs  $A(t), A_0$  et  $\lambda$ .

4.2.2. Calculer  $t$ .

4.2.3. Le temps  $t$  correspond au temps écoulé entre la date de fabrication du bateau et la date de découverte de l'épave. Déterminer l'année de construction du bateau ?

4.2.4. La période Viking s'étend du VIII<sup>ème</sup> siècle au XI<sup>ème</sup> siècle (entre 700 et 1000 ans). L'hypothèse faite précédemment est-elle vérifiée ?

### Décroissance radioactive

Le césium  $^{137}_{55}\text{Cs}$  peut constituer une source radioactive utilisée en T.P., lorsqu'elle est associée à un compteur Geiger Müller. Le césium 137 est émetteur  $\beta^-$  et donne un noyau de baryum Ba qui subit ensuite une désexcitation.

- Écrire l'équation de la désintégration  $\beta^-$  du césium puis celle de la désexcitation du baryum. Préciser le nom du rayonnement émis lors de la désexcitation. Cette désexcitation modifie-t-elle le numéro atomique et le nombre de masse du baryum ?
- Écrire la loi de décroissance radioactive. Préciser la signification des notations utilisées.
- La demi-vie du césium 137 est de 30 ans.
  - Quelle est la relation reliant la demi-vie et la constante radioactive ?
  - Calculer la constante radioactive en  $\text{an}^{-1}$ .
- L'activité initiale de la source est  $A(0) = 3,0.104 \text{ Bq}$ . On rappelle qu'à l'instant  $t$ , l'activité  $A(t)$  d'une substance radioactive peut s'écrire  $A(t) = \lambda N(t)$  où  $N(t)$  est le nombre de noyaux présents à l'instant  $t$  dans l'échantillon radioactif.
  - Établir l'expression de  $A(t)$  en fonction du temps et de l'activité initiale.
  - Quelle sera l'activité de la source 30 ans après sa préparation ?
- Durant une séance de T.P., la source est utilisée en moyenne une heure. Son activité est-elle modifiée de façon appréciable durant la séance ? Justifier sans calcul la réponse.
- Quelle sera l'activité de la source 5 ans après sa préparation ?
- On effectue une série de mesures à l'aide du compteur Geiger Müller. La durée de chaque comptage est de 1s et on effectue 100 comptages. On note  $n$ , le nombre d'impulsions détectées par comptage et  $f$  le nombre de fois où la valeur  $n$  a été mesurée.

$n$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$f$	0	4	12	20	28	16	12	6	2	0

- Pourquoi le nombre d'impulsions détectées par seconde est-il très inférieur à l'activité de la source ?
- Construire, sous forme d'un diagramme en bâtons, la représentation de  $f$  en fonction de  $n$ .
- Quelle caractéristique du phénomène de radioactivité ce diagramme met-il en évidence ?