

## Correction des exercices du chapitre 19 :

Attention les corrections ne sont pas toujours rédigées correctement.

Les solutions rédigées sont faites en classe ou dans le livre avec les exercices résolus p 120-121

QCM

p. 119

1. A et B ; 2. A et B ; 3. B ; 4. B ; 5. C ; 6. A ; 7. A et C ; 8. B ; 9. B et C ; 10. B.

### Exercices

Appliquer le cours

p. 122

#### 3 Reconnaître des particules

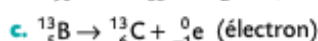
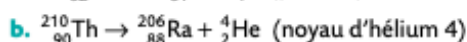
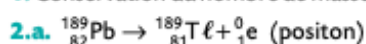
Électron =  ${}^0_{-1}e$  ; positon =  ${}^0_{+1}e$  ; noyau d'hélium 4 =  ${}^4_2He$ .

#### 4 Identifier une particule

Le noyau de plutonium perd 4 nucléons en se désintégrant en un noyau d'uranium, la particule possède donc 4 nucléons. De plus, elle possède une charge électrique +2e. C'est donc un noyau d'hélium 4 :  ${}^4_2He$ .

#### 5 Utiliser les lois de conservation (1)

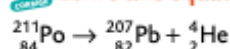
1. Conservation du nombre de masse A et du nombre de charges Z.



#### 6 Utiliser les lois de conservation (2)

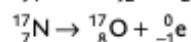
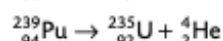
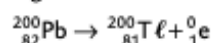


#### 7 Écrire une équation de réaction nucléaire

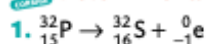


#### 8 Écrire une équation de réaction nucléaire

Si Z est le nombre de charges d'un noyau père, alors le noyau fils a pour nombre de charges Z + 1 (si radioactivité  $\beta^-$ ), Z - 1 (si radioactivité  $\beta^+$ ) ou Z - 2 (si radioactivité  $\alpha$ ). En analysant les étiquettes proposées, on peut alors associer les noyaux fils aux noyaux pères correspondant, puis écrire les équations de désintégration suivantes :



#### 9 Déterminer un type de radioactivité



2. C'est une radioactivité  $\beta^-$ .

#### 10 Identifier un type de radioactivité

Le noyau de polonium perd 4 nucléons, il émet donc forcément un noyau d'hélium 4,  ${}^4_2He$ , c'est une radioactivité  $\alpha$ .

Le noyau d'iode se transforme en tellure, donc le nombre de charges a diminué d'une unité. Il y a donc émission d'un positon, c'est une radioactivité  $\beta^+$ .

Le noyau de potassium se transforme en calcium, donc le nombre de charges a augmenté d'une unité. Il y a donc émission d'un électron, c'est une radioactivité  $\beta^-$ .

#### 11 Utiliser le diagramme (N, Z) (1)

L'aluminium 27 est stable.

L'aluminium 26 est instable, il donne lieu à une radioactivité  $\beta^+$  car il possède un excès de protons.

L'aluminium 28 est instable, il donne lieu à une radioactivité  $\beta^-$  car il possède un excès de neutrons.

#### 12 Utiliser le diagramme (N, Z) (2)

1. Le plomb présente une radioactivité  $\alpha$ . Le thallium et le mercure présentent une radioactivité  $\beta^+$ .

2. Lors d'une désintégration radioactive, soit le nombre de masse est constant (radioactivités  $\beta^+$  et  $\beta^-$ ), soit il diminue de 4 (radioactivité  $\alpha$ ). La seule désintégration possible du plomb 184 est donc celle qui conduit au mercure 180 selon une radioactivité  $\alpha$ , comme cela a été précisé à la question précédente. Le noyau fils est donc  ${}^{180}_{80}Hg$ .

#### 13 Déterminer un nombre de noyaux radioactifs

1.  $N_0 = 8 \times 10^6$  noyaux.

2.  $N(t = 5 \text{ s}) = 4 \times 10^6$  noyaux.

$N(t = 10 \text{ s}) = 2 \times 10^6$  noyaux.

$N(t = 15 \text{ s}) = 1 \times 10^6$  noyaux.

3. La demi-vie est le temps au bout duquel la moitié des noyaux présents initialement se sont désintégrés. Donc :

– au bout de  $t_{1/2} = 5$  jours, il reste :

$$N(t = 5 \text{ s}) = \frac{N_0}{2} = 4 \times 10^6 \text{ noyaux ;}$$

– au bout de  $2 \times t_{1/2} = 10$  jours, il reste :

$$N(t = 10 \text{ s}) = \frac{N(t = 5 \text{ s})}{2} = 2 \times 10^6 \text{ noyaux ;}$$

– au bout de  $3 \times t_{1/2} = 15$  jours, il reste :

$$N(t = 15 \text{ s}) = \frac{N(t = 10 \text{ s})}{2} = 1 \times 10^6 \text{ noyaux.}$$

La demi-vie est donc bien égale à 5 s.

#### 14 Calculer un nombre de noyaux radioactifs

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

$$2. N(t = 5,0 \times 10^4 \text{ s}) = 1,0 \times 10^8 \times e^{-2,0 \times 10^{-6} \times 5,0 \times 10^4} \\ = 9,0 \times 10^7 \text{ noyaux.}$$

$$N(t = 5,0 \times 10^6 \text{ s}) = 1,0 \times 10^8 \times e^{-2,0 \times 10^{-6} \times 5,0 \times 10^6} \\ = 4,5 \times 10^3 \text{ noyaux.}$$

3. Au bout de  $5,0 \times 10^4 \text{ s}$ , il reste plus de la moitié des noyaux initialement présents ( $9,0 \times 10^7 > 5,0 \times 10^7$ ), donc cette date est inférieure à la demi-vie.

Au bout de  $5,0 \times 10^6$  s, il reste moins de la moitié des noyaux initialement présents ( $4,5 \times 10^3 < 5,0 \times 10^3$ ), donc cette date est supérieure à la demi-vie.

### 15 Calculer une durée

1. Loi de décroissance radioactive :  $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$ .

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

$$-\lambda \times t = \ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right), \text{ donc } t = -\frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)$$

2. Si  $N(t) = 0,01 \times N_0$ , alors :

$$t = -\frac{1}{\lambda} \times \ln(0,01) = -\frac{1}{1,8 \times 10^{-9}} \times \ln(0,01) = 2,6 \times 10^9 \text{ s} = 81 \text{ ans}$$

### 16 Déterminer une durée

1.  $N_0 = 1\,000$  noyaux.

2. Lorsque 60 % se sont désintégrés, il en reste 40 %, soit  $N = 400$  noyaux. Par lecture graphique, on trouve  $t \approx 11$  jours. Il semble qu'il n'y ait plus de noyaux radioactifs dans l'échantillon au bout de 56 jours.

3. La demi-vie est de 8 jours (temps au bout duquel il reste  $\frac{N_0}{2} = 500$  noyaux).

56 jours correspondent donc à 7 demi-vies ( $\frac{56}{8} = 7$ ).

### 17 Déterminer une demi-vie

1. La demi-vie est le temps au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents se sont désintégrés.

2.  $N_0 = 1\,000\,000$  noyaux donc :

$$N(t_{1/2}) = 500\,000 \text{ noyaux.}$$

Par lecture graphique, on détermine  $t_{1/2} = 30$  ans.

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{30 \times 365,25 \times 24 \times 3\,600} = 7,3 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$$

### 18 Utiliser une demi-vie

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{\ln(2)}{1,4 \times 10^2} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ s} = 5,0 \text{ ms.}$$

La moitié des noyaux radioactifs disparaissent lorsqu'une demi-vie est écoulée.

Durée (ms)	0,0	5,0	10,0	20,0
$N(t)$	$2,00 \times 10^8$ $= N_0$	$1,00 \times 10^8$ $= \frac{N_0}{2}$	$5,00 \times 10^7$ $= \frac{N_0}{4}$	$1,25 \times 10^7$ $= \frac{N_0}{16}$

### 19 Utiliser une activité

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

2.  $e^{-\lambda t} = \frac{A(t)}{A_0}$   $-\lambda \times t = \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right)$ , donc  $t = -\frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right)$ .

$$\text{Or } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$\text{Donc } t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right)$$

$$3. t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right) = \frac{5\,734}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{816,0}{600,0}\right) = 2\,544 \text{ ans}$$

$$2\,019 - 2\,544 = -525$$

Le pharaon est probablement mort en -525 av. J.-C.

### 20 Déterminer une activité

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

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$A(t) = A_0 \times e^{-\frac{\ln 2 \times t}{t_{1/2}}} = 816,0 \times e^{-\frac{\ln 2 \times 2000}{5734}} = 640,8 \text{ Bq}$$

### 21 Mesures de radioprotection pour une scintigraphie

1. Les seringues contenant le produit radioactif sont contenues dans des containers et des protège-seringues plombés (contenant du plomb). Lors de la préparation et de l'injection, le manipulateur doit porter des gants plombés. Lors de l'examen, l'utilisation d'écrans ou de tabliers plombés est préférable.

2. Le plomb est le métal qui permet d'atténuer le plus les rayons gamma. On voit dans les données qu'il suffit d'une épaisseur de 1,0 cm de plomb pour atténuer de moitié le flux de rayons gamma, alors qu'il faut jusqu'à 5 fois plus pour des métaux comme l'aluminium.

### 22 Manipulation de l'iode 131 en sécurité

1. Il est plus facile d'arrêter la particule  $\beta$  que le rayonnement  $\gamma$  car quel que soit le matériau utilisé, il en faut une épaisseur moindre par rapport à celle nécessaire pour arrêter le rayonnement gamma.

2. Les personnels médicaux pratiquant les imageries avec l'iode 131 doivent être protégés des rayonnements. Ils peuvent donc se placer derrière des écrans en verre plombé : ils peuvent toujours voir le patient et une épaisseur raisonnable suffit à arrêter suffisamment les rayonnements ionisants.

## Exercices

S'entraîner

p. 125

### 23 À chacun son rythme

#### La découverte d'un élément radioactif

D'après le diagramme  $(N, Z)$ , le polonium  $^{210}_{82}\text{Po}$  est radioactif  $\alpha$ . Il va donc se désintégrer en émettant un noyau d'hélium  $^4_2\text{He}$ . Lors de la désintégration, il y a conservation du nombre de charges, donc le noyau fils a un numéro atomique  $Z = 84 - 2 = 82$ ; d'après le diagramme  $(N, Z)$ , il s'agit du plomb. Il y a également conservation du nombre de masse, donc le noyau fils a un nombre de masse :  $A = 210 - 4 = 206$ ; donc  $^{206}_{82}\text{Pb}$ .

L'équation de la désintégration est :  $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$

### 24 Connaître les critères de réussite

#### La famille radioactive de l'uranium 238

1.  $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + ^4_2\text{He}$  (radioactivité  $\alpha$ )

2.  $^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{234}_{91}\text{Pa} + ^0_{-1}\text{e}$  (radioactivité  $\beta^-$ )

3. D'après l'équation globale, il se produit 6 désintégrations  $\beta^-$  et 8 désintégrations  $\alpha$  pour passer de l'uranium 238 au plomb 206.

### 25 Des galères grecques à Marseille

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

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

$$-\lambda \times t = \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) \text{ donc } t = -\frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right)$$

3. La demi-vie correspond au temps au bout duquel  $A(t) = \frac{A_0}{2}$ .

$$\text{Donc } t_{1/2} = -\frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{\ln 2}{\lambda} \text{ soit } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

$$4. t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right)$$

$$5. t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right) = \frac{5\,734}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{13,60}{9,94}\right) = 2\,593 \text{ ans}$$

$$2\,019 - 2\,593 = -574 \text{ ans}$$

Les navires auraient donc été construits vers -574 et il est donc possible qu'ils aient été coulés vers -545.



## 26 Radioactive decay of cesium-137

### Traduction : La décomposition du césium-137

Les dispositifs radioactifs contenant du césium-137 sont une technologie éprouvée utilisée pour le traitement du cancer, pour la stérilisation de dispositifs médicaux et l'irradiation du sang pour traiter des patients. Le Césium-137 se décompose en baryum-137 par émission bêta. Le césium-137 et le baryum-137 ont pour numéros atomiques respectifs 55 et 56.

1. Quels sont les trois types de rayonnements ionisants émis par un noyau radioactif au cours d'une désintégration radioactive ?
2. Donner l'équation de la désintégration radioactive.

### Réponses

1. Les trois types de rayonnements ionisants pouvant être émis lors d'une désintégration radioactive sont  $\alpha$ ,  $\beta$  ( $\beta^+$  ou  $\beta^-$ ) et  $\gamma$ .
2.  ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + {}^0_{-1}\text{e}$

## 27 L'iode 131 sur les forums

L'iode 131 est radioactif  $\beta^-$  et il émet également un rayonnement  $\gamma$  lors de sa désintégration. C'est ce rayonnement qui peut être détecté par un capteur, permettant de localiser l'iode 131 dans l'organisme, et donc de suivre en temps réel le fonctionnement de la thyroïde pour déceler d'éventuelles anomalies.

L'injection d'iode radioactif ne présente pas un grand danger, d'une part parce que la dose injectée est assez faible (activité  $A_0 = 1,8 \text{ kBq}$ , ce qui correspond à 1,8 fois l'activité naturelle du corps humain), et d'autre part parce que la demi-vie de l'iode 131 est assez faible (8 jours, ce qui signifie qu'au bout d'une semaine, l'activité de l'iode injecté sera inférieure à l'activité du corps humain :

$$A(t_{1/2} = 8 \text{ jours}) = \frac{A_0}{2} = 0,9 \text{ kBq}.$$

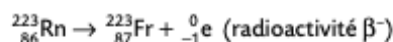
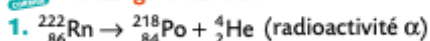
De plus, l'élimination de l'iode radioactif est accélérée par la production d'urines et de selles.

## 28 Côté maths

### Résoudre une équation différentielle du premier ordre

1.  $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \times N(t)$ .
2. La solution de cette équation différentielle est de la forme :  $N(t) = A \times e^{-\lambda \times t}$ .  
Condition initiale :  $N(0) = A = N_0 = 3,0 \times 10^7$  noyaux.  
Donc  $N(t) = 3,0 \times 10^7 \times e^{-9,1 \times 10^{-13} \times t}$ .

## 29 Les dangers du radon



2.  $A(t_{1/2}) = \frac{A_0}{2}$ , on peut alors lire graphiquement que  $A = \frac{A_0}{2}$

pour  $t_{1/2} = 4$  jours.

3. Au bout de  $n$  demi-vies,  $A = \frac{A_0}{2^n}$ , donc :

t (jours)	0	4,0 (= $t_{1/2}$ )	8,0 (= $2t_{1/2}$ )	16,0 (= $4t_{1/2}$ )
A (Bq)	$8,0 \times 10^6$	$4,0 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$5,0 \times 10^5$

4. Le radon 222 est formé naturellement à la suite de la désintégration de l'uranium 238. Si la vitesse de formation du radon est égale à la vitesse à laquelle il se désintègre, alors le nombre de noyaux de radon 222 présents dans l'atmosphère reste constant et il est normal que l'activité du radon reste constante au cours du temps.

5.  $A = 60,0 \times n = 60,0 \times 10,5 = 630 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Or la norme européenne prévoit de ne pas dépasser  $400 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ . Le propriétaire de cette cave doit donc rapidement prendre des mesures pour améliorer la qualité de l'air dans sa cave, comme installer une ventilation adaptée efficace (type VMC).

## 30 Protection contre les rayonnements ionisants

1. Pour manipuler des échantillons radioactifs alpha et bêta, il suffit de porter des gants. Pour une exposition longue, on peut se protéger à l'aide de feuilles d'aluminium, et il faut éviter d'inhaler les poussières radioactives, donc porter un masque et éventuellement une combinaison étanche.

2. En radioprotection, on utilise le plomb car c'est le métal qui arrête le mieux le flux des rayons gamma : on voit dans les données qu'il en faut une épaisseur 5 fois plus faible que le cuivre ou l'aluminium pour diviser par 8 ce flux.

3. L'indicateur de rayonnement  $\gamma$ , noté  $\text{Ind}(\gamma)$  a pour expression :

$$\text{Ind}(\gamma) = K \times \frac{\text{Ind}(0)}{d^2}.$$

On calcule la constante K pour une distance  $d = 90 \text{ m}$  :

$$500 = K \times \frac{1000}{90^2} \Leftrightarrow K = 4050 \text{ m}^2.$$

On vérifie que les autres valeurs de l'indicateur, à 180 m et 254,5 m, vérifient la loi trouvée :

$$\text{Ind}_{180}(\gamma) = 4050 \times \frac{1000}{180^2} = 125 ;$$

$$\text{Ind}_{254,5}(\gamma) = 4050 \times \frac{1000}{254,5^2} = 62,5.$$

4. En radiologie, le fait de se placer derrière un écran en verre permet de s'éloigner de la source de rayonnement tout en gardant un contact visuel avec le patient, et le fait qu'il contienne du plomb permet une bonne absorption des rayons gamma.

5. Il faut porter une combinaison étanche contenant du plomb.

## 31 Résolution de problème

### La gestion des déchets nucléaires

1<sup>re</sup> étape : Bien comprendre la question posée

1. Comment classe-t-on la durée de vie d'un radioélément ?
2. Quelles sont les valeurs de l'activité permettant de choisir un type de stockage ?
3. Comment évolue l'activité au cours du temps en utilisant la demi-vie ?

2<sup>e</sup> étape : Lire et comprendre les documents

1. Les trois radioéléments sont à vie courte (curium) ou longue (américium et plutonium).
2. Ils ont une haute activité lorsqu'ils sont produits dans la centrale. Il faut donc envisager un stockage en couche géologique profonde.
3. Pour modifier le type de stockage des déchets à longue vie, il faudrait que leur activité devienne inférieure à  $10^6 \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ .

3<sup>e</sup> étape : Dégager la problématique

Déterminer la durée au bout de laquelle l'activité d'un radioélément lui permettrait de changer de mode de stockage.

4<sup>e</sup> étape : Construire la réponse

- Déterminer le type d'activité de chaque radioélément ainsi que le type de durée de vie.
- En déduire le type de stockage initial de chaque radioélément.
- Exprimer la durée  $t$  en fonction de  $A(t)$ ,  $A_0$  et  $t_{1/2}$ .
- Déterminer  $t$  pour que le radioélément change de mode de stockage.
- Comparer avec la durée d'une vie humaine (environ 80 ans).

5<sup>e</sup> étape : Rédiger la réponse en trois paragraphes

• Présenter le contexte et introduire la problématique.

Pour connaître la date à laquelle un déchet nucléaire contenant un radioélément peut changer de mode de stockage, il est

nécessaire de déterminer la durée au bout de laquelle l'activité d'un gramme du radioélément, atteint les valeurs qui permettent un tel changement.

- Mettre en forme la réponse.
  - Déterminer le type d'activité de chaque radioélément ainsi que le type de durée de vie.
- Le radioélément curium est à vie courte et les radioéléments américium et plutonium sont à vie longue. Ils ont tous les trois une haute activité lorsqu'ils sont produits dans la centrale.
- En déduire le type de stockage initial de chaque radioélément. Il faut envisager un stockage en couche géologique profonde pour les trois.
  - Exprimer la durée  $t$  en fonction de  $A(t)$ ,  $A_0$  et  $t_{1/2}$ .

$$A(t) = A_0 \times \exp(-\lambda \times t) \Leftrightarrow \exp(-\lambda \times t) = \frac{A(t)}{A_0}$$

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

$$\Leftrightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right)$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$$

$$t = -\frac{1}{\lambda} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) \Leftrightarrow t = -\frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right)$$

- Déterminer  $t$  pour que le radioélément change de mode de stockage.

Le curium peut être stocké en surface dans un site dédié si son activité devient inférieure ou égale à  $10^9 \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ .

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = -\frac{28,6}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{10^9}{610^9}\right) = 74 \text{ ans.}$$

Les radioéléments américium et plutonium peuvent être stockés en surface dans un site dédié si leur activité devient inférieure ou égale à  $10^6 \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ .

Pour l'américium :

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = -\frac{152}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{10^6}{6 \times 10^9}\right) = 1908 \text{ ans.}$$

Pour le plutonium :

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = -\frac{2,41 \times 10^4}{\ln(2)} \times \ln\left(\frac{10^6}{6 \times 10^9}\right)$$

$$t = 3,0 \times 10^5 \text{ ans.}$$

- Comparer avec la durée d'une vie humaine (environ 80 ans). Pour l'américium et le plutonium, la durée est très supérieure à celle d'une vie humaine, alors que pour le curium elle en est du même ordre.

- Conclure et introduire, quand c'est possible, une part d'esprit critique.

On peut envisager pour le curium, de modifier le type de stockage à l'échelle d'une vie humaine, ce qui ne l'est pas pour l'américium et le plutonium.

## Vers le Bac

p. 128

### Préparation à l'écrit

#### 32 La découverte de la radioactivité artificielle et ses applications

- a. La particule  $\alpha$  est un noyau d'hélium 4 de symbole  ${}^4_2\text{He}$ .
  - b.  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$
  - c. Le phosphore 30 est radioactif  $\beta^-$ . Son équation de désintégration s'écrit :  ${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_{-1}\text{e}$
  - d.  $N(t = 13 \text{ min}) = 1000 \times \exp\left(-\ln(2) \times \frac{13 \times 60}{3 \times 60 + 15}\right) = 63 \text{ noyaux}$
- a. La demi-vie est le temps au bout duquel la moitié des noyaux présents initialement se sont désintégrés, ou que l'activité initiale a été divisée par deux.  
Par lecture graphique :  $t_{1/2} = 6 \text{ h}$ .
  - b.  $A(t = 120 \text{ h}) = 400 \times \exp\left(-\ln(2) \times \frac{120}{6}\right) = 4 \times 10^{-4} \text{ MBq} = 4 \times 10^2 \text{ Bq}$ .
  - c.  $A(t = 3,5 \text{ h}) = 400 \times \exp\left(-\ln(2) \times \frac{3,5}{6}\right) = 267 \text{ MBq}$ .
- La durée écoulée au bout de  $20 \times t_{1/2}$  est égale à 120 heures soit 5 jours  $\left(\frac{120}{24} = 5\right)$ .
- La date associée, à partir du lundi 15 heures, est le samedi 15 heures.

#### 33 La datation à l'uranium 238

- Par détermination graphique :  $t_{1/2} = 4,5 \times 10^9 \text{ an}$ .  
 $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{4,5 \times 10^9} = 1,5 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$ .
- Le nombre initial de noyaux d'uranium 238 :  $N_0 = 5,0 \times 10^{12}$ . L'équation différentielle vérifiée par  $N(t)$  peut s'écrire :  
 $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda N(t)$ .  
La fonction dérivée  $\frac{dN(t)}{dt}$  est proportionnelle à la fonction  $N$ .  
La solution est donc de la forme :  $N(t) = A \times e^{-\lambda t}$ .  
On exprime la condition initiale :  
 $N(0) = N_0 \Leftrightarrow A = N_0 = 5,0 \times 10^{12}$ .  
La solution s'écrit :  $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$   
soit  $N(t) = 5,0 \times 10^{12} \times e^{-1,5 \times 10^{-10} \times t}$ .
- $N_0 = N(t) + N_{\text{pb}}$ .
- $N(t) = N_0 - N_{\text{pb}} = 4,5 \times 10^{12}$   
soit  $t$  égal à  $0,5 \times 10^9 \text{ an} = 5 \times 10^8 \text{ an}$  (500 millions d'années).  
Cela est bien compatible avec la fin de la première ère interglaciaire.

### Préparation à l'ECE

1. Il faut sélectionner le technétium en écrivant son symbole Tc dans la barre de sélection.
2. Le noyau fils pour une radioactivité  $\beta^+$  est situé en diagonale sur la ligne en dessous, à droite et pour une radioactivité  $\beta^-$  est situé en diagonale sur la ligne au-dessus, à gauche.

Les isotopes recherchés sont :  $^{94}\text{Tc}$  ;  $^{95}\text{Tc}$  ;  $^{96}\text{Tc}$  ;  $^{97}\text{Tc}$  ;  $^{98}\text{Tc}$  ;  $^{99}\text{Tc}$  ;  $^{100}\text{Tc}$  ;  $^{101}\text{Tc}$  ;  $^{102}\text{Tc}$ .

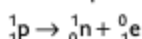
3. Le technétium ne possède aucun isotope stable, c'est la raison pour laquelle il a été identifié en dernier.

## Vers l'oral

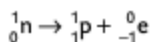
### À deux, c'est mieux

#### Évaluation orale n° 1

Un noyau présentant un excès de **proton** sera sensible à la radioactivité **bêta plus**, au cours de laquelle un **positon** est émis : le proton se transforme en un neutron et un positon qui est éjecté du noyau.



Un noyau présentant un excès de **neutron** sera sensible à la radioactivité **bêta moins**, au cours de laquelle un **électron** est émis : le neutron se transforme en un proton et un électron qui est éjecté du noyau.



#### Évaluation orale n° 2

L'assimilation du **carbone 14** se fait tout au long de la vie de la matière vivante par la respiration, l'alimentation. Après la mort, cette assimilation s'arrête et du fait de la **décroissance radioactive**, la quantité de carbone 14 ainsi que son **activité** diminue au cours du temps. La **demi-vie** du carbone 14 est égale à 5 734 ans, ce qui signifie qu'au bout de cette durée, la moitié des noyaux initialement présents ont disparu. Les derniers dinosaures se sont éteints il y a 65 millions d'années :

$$\frac{65 \times 10^6}{5734} = 10^5.$$

La **demi-vie** du carbone 14 est beaucoup trop petite pour espérer encore avoir du carbone 14 dans les os des dinosaures : on ne peut pas les dater avec cette méthode.

p. 130

### Je m'exprime à l'oral sur

#### La transformation nucléaire

- **Nommer les trois types de radioactivité.**

On distingue la radioactivité  $\beta^+$  (émission d'un positon), la radioactivité  $\beta^-$  (émission d'un électron) et la radioactivité  $\alpha$  (émission d'un noyau d'hélium 4).

- **Définir la demi-vie d'un noyau radioactif.**

C'est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents ont disparu par désintégration radioactive.

- **Quelle est l'expression du nombre de noyaux radioactifs encore présents dans un échantillon à un instant t ?**

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

- **Citer des applications de la radioactivité.**

La radioactivité peut être utilisée pour dater un objet ancien contenant du carbone (datation au carbone 14 radioactif) mais aussi dans le domaine médical pour explorer le corps (scintigraphie) ou pour soigner des cancers (radiothérapie).