

Exercices de préparation au contrôle + corrigés

Testez-vous :

1. La demi-vie d'un isotope radioactif c'est ?
 - La moitié du temps nécessaire à une désintégration
 - La durée d'une demi-désintégration
 - La durée nécessaire à la désintégration de la moitié des noyaux présents
2. Au bout de 2 demi-vies, le nombre de noyau radioactifs encore présents
 - Vaut 0
 - Vaut la moitié de la valeur initiale
 - Vaut le quart de la valeur initiale
 - Vaut le huitième de la valeur initiale
3. La demi-vie d'un isotope radioactif ?
 - Est différente d'un isotope radioactif à l'autre
 - Change au cours du temps
 - N'est jamais inférieure à 1h
 - Est une constante caractéristique de l'isotope
4. Quels vestiges peut-on dater au carbone 14 ? (indiquer pourquoi oui ou pourquoi non)
 - Un tesson de poterie en argile (non car l'argile est minéral et ne contient pas de carbone)
 - Un crane (oui car un crane en os est issu du vivant et contient du carbone)
 - Une lance en bois (oui car une lance en bois est issue du vivant et contient du carbone)
 - Un vêtement en cuir (oui car le cuir est issu du vivant et contient du carbone)
5. Le carbone 14 a une demi-vie de 5500 ans. Quels vestiges peut-on dater au carbone 14 (indiquer pourquoi oui ou pourquoi non)
 - Lucy, fossile humain de 3,18 millions d'années (non trop vieux, tout le carbone 14 est désintégré, la mesure donne 0, impossible de savoir depuis combien de temps on a atteint 0)
 - Un baobab encore vivant dont l'âge avoisine les 5000 ans (non le baobab est encore vivant, il renouvelle son carbone 14 en permanence, son taux est le même que tous les êtres vivants)
 - Une momie d'environ 3000 ans (oui, il y a du C 14, et la quantité a diminué de façon significative en 3000 ans sans atteindre 0)
 - Une bûche de bois de chauffage coupée l'an dernier (non le taux de carbone 14 en un an n'a pas suffisamment baissé pour donner une mesure fiable)

Ex d'entrainement au contrôle : ex 6 p 33 (corrigé sur le manuel à la même page), 10 et 11 p 34

6 La scintigraphie

1 L'imagerie médicale

De nombreuses techniques d'imagerie médicale utilisent des composés radioactifs. La scintigraphie est un procédé d'exploration du corps humain permettant de diagnostiquer certaines pathologies telles que des cancers ou des dysfonctionnements d'organes (cœur, cerveau, etc.).

Des noyaux radioactifs, administrés au patient, émettent des rayonnements en se désintégrant. Ces rayonnements sont détectés puis analysés par ordinateur pour produire une image donnant des informations sur le fonctionnement des organes. Compte tenu de la dangerosité des rayonnements émis, des doses limitées de noyaux radioactifs sont injectées.

hatier-clic.fr/es1033

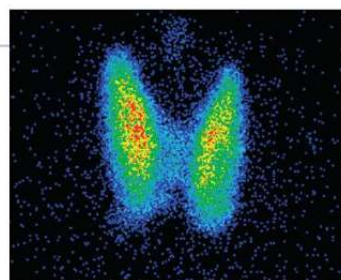
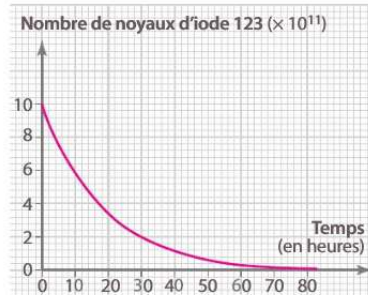


Image d'une thyroïde obtenue par scintigraphie.

2 Troubles de la thyroïde

La thyroïde est une glande endocrine située à l'avant du cou et sécrétant des hormones essentielles au bon fonctionnement de l'organisme.

Une patiente souffrant de troubles thyroïdiens doit pratiquer une scintigraphie. De l'iode 123 (^{123}I) lui est injecté par intraveineuse une heure avant l'examen.



1. Pourquoi utilise-t-on des doses limitées de produits radioactifs lors d'une scintigraphie ?
2. Combien de noyaux radioactifs d'iode 123 ont-ils été injectés à la patiente ? Déterminer graphiquement la demi-vie de l'iode 123.
3. Calculer le nombre de noyaux d'iode 123 restants au bout de trois demi-vies.
4. Déterminer la durée au bout de laquelle il ne reste qu'un dixième du nombre initial des noyaux injectés.

10 Quel élément chimique ?

On a tracé les courbes de décroissance obtenues avec un nombre initial N_0 de deux noyaux radioactifs (fig. 1) et on donne les demi-vies de quelques noyaux (fig. 2).

Fig. 1

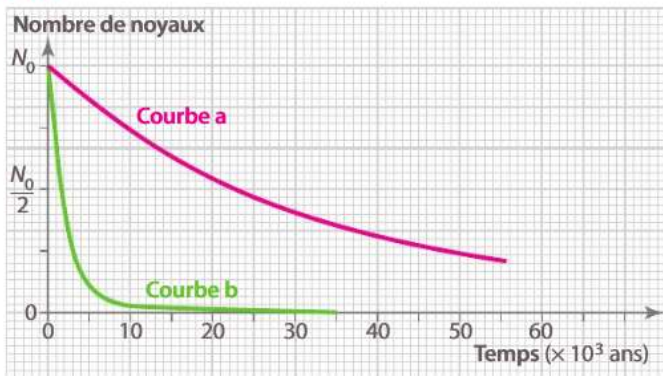


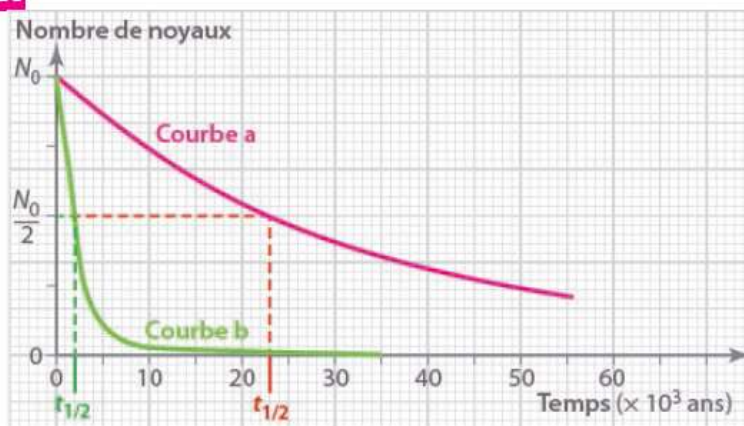
Fig. 2

Plutonium 239	Iode 131	Radium 226	Plutonium 239
19 heures	8,1 jours	1 600 ans	24 000 ans

► Identifier, en détaillant votre raisonnement, le noyau correspondant à chaque courbe.

➔ Aide à la résolution p. 261

10



Pour chaque courbe, il faut déterminer graphiquement la valeur de la demi-vie puis comparer les résultats aux valeurs données dans le tableau.

• Courbe a

L'abscisse du point de la courbe correspondant à $\frac{N_0}{2}$

est à 2,35 cm de l'origine.

L'échelle de l'axe des abscisses indique que 1 cm

correspond à 10×10^3 ans, donc 2,35 cm correspondent à 23 500 ans.

Le noyau correspondant à la courbe a est le plutonium

239 ($t_{1/2} = 24\,000$ ans).

• Courbe b

L'abscisse du point de la courbe correspondant à $\frac{N_0}{2}$

est à environ 0,2 cm de l'origine. L'échelle de l'axe des

abscisses indique que 1 cm correspond à 10×10^3 ans,

donc 0,2 cm correspondent à 2 000 ans.

Le noyau correspondant à la courbe a est le radium 226

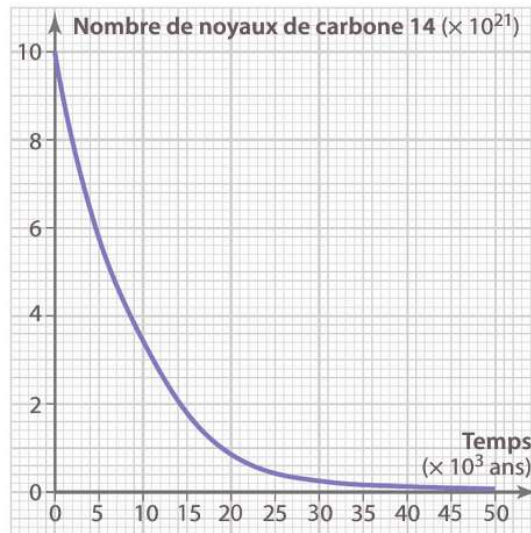
($t_{1/2} = 1\,600$ ans).

11 La datation au ^{14}C et ses limites

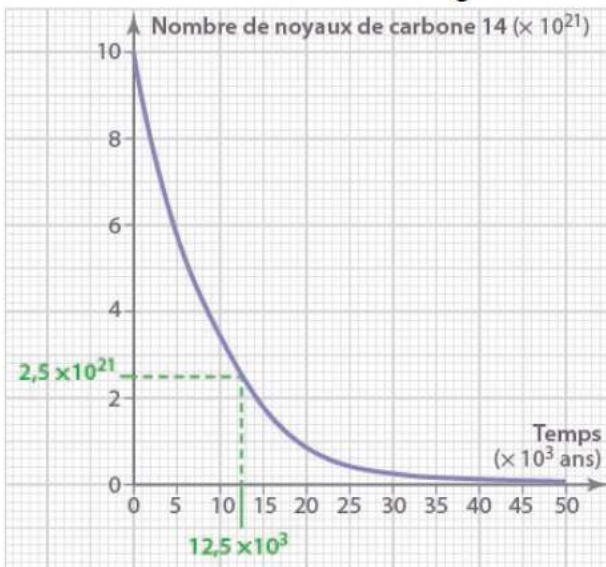
Des mesures réalisées sur l'échantillon d'un fragment osseux retrouvé dans une sépulture ont montré un nombre de noyaux de carbone 14 égal à $2,5 \times 10^{21}$.

1. Déterminer graphiquement le temps écoulé entre la mort de l'individu et la découverte du fragment osseux.
2. La limite de la datation au carbone 14 est d'environ 50 000 ans. Justifier cette limite à l'aide du graphique.
3. Estimer à combien de demi-vies correspond cette limite.

➔ Aide à la résolution, p. 261

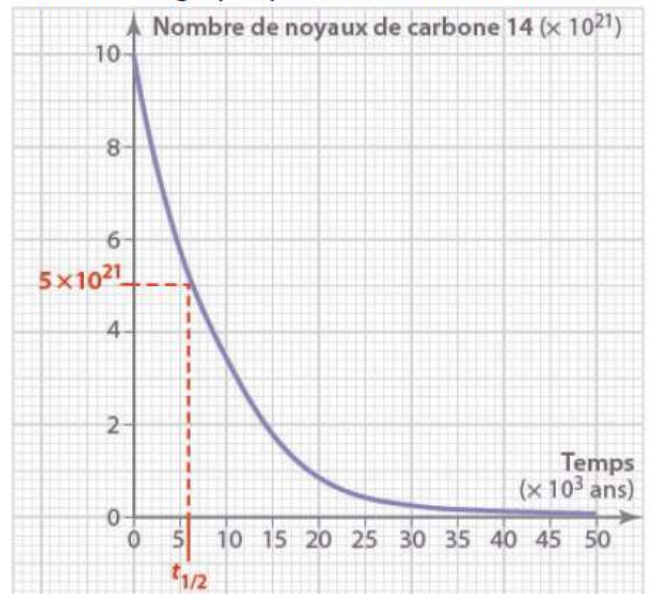


- 11 1. Il s'est écoulé 125 000 ans ($12,5 \times 10^3$ ans) entre la mort de l'individu et la découverte du fragment osseux.



2. Le graphique montre qu'au bout de 50 000 ans, la quasi totalité des noyaux de ^{14}C initialement présents se sont désintégrés. Au-delà, il devient difficile de mesurer leur nombre.

3. Détermination graphique de la demi-vie du ^{14}C :



- Par lecture graphique, on détermine l'abscisse correspondant à 5×10^{21} noyaux de ^{14}C , on lit 0,6 cm. D'après l'échelle, 1 cm correspond à 10×10^3 ans. Donc $t_{1/2} = 0,6 \times 10 \times 10^3 = 6\,000$ ans. Après avoir déterminé graphiquement la valeur de la demi-vie (6 000 ans), on divise 50 000 par 6 000. La limite de la datation au carbone 14 correspond à environ 8 demi-vies ($50\,000 / 6\,000 \approx 8,3$).

Exercices supplémentaires et corrigés

8 L'oxygène 15

L'oxygène 15 est un isotope radioactif de l'oxygène utilisé pour visualiser le fonctionnement du cerveau. Sa demi-vie est égale à 2 minutes.

On injecte au patient un volume d'eau contenant 1 024 noyaux d'oxygène 15.

Combien reste-t-il de noyaux d'oxygène 15 après :

- a. 2 minutes ?
- b. 4 minutes ?
- c. 10 minutes ?
- d. 20 minutes ?

Corrigé ex 8 :

La demi-vie vaut $t_{1/2} = 2$ min.

On a au départ $N_0 = 1024$ noyaux.

a- Au bout de 2 min, soit une demi-vie, il reste la moitié des noyaux

$$N_1 = 1024/2 = 512 \text{ noyaux}$$

b- Au bout de 4 minutes, soit 2 demi-vies, il reste la moitié de la moitié soit le quart

$$N_2 = \frac{1024}{4} \text{ (ou } \frac{512}{2}) = 256 \text{ noyaux}$$

c- Au bout de 10 min, soit 5 demi-vies ($5 \times 2 \text{ min} = 10 \text{ min}$), il reste

$$\frac{N_0}{2^5} = \frac{1024}{32} = 32 \text{ noyaux}$$

d- Au bout de 20 minutes, soit 10 demi-vies, il reste

$$\frac{N_0}{2^{10}} = \frac{1024}{1024} = 1 \text{ noyau}$$

9 Le plutonium 239

Le plutonium 239 fait partie des déchets radioactifs produits par les centrales nucléaires.

Sa demi-vie est égale à 24 110 ans.

Après quelle durée la proportion de plutonium restant sera-t-elle égale à

- a. 50 % ?
- b. 12,5 % ?
- c. 3,125 % ?

Corrigé exercice 9 :

La demi-vie du plutonium vaut $t_{1/2} = 24\,110$ ans.

a- La proportion de plutonium restant sera égale à 50% au bout d'une durée égale à la demi-vie : 24 110 ans.

b- On aura 12,5% au bout de 3 demi-vies. (1 $t_{1/2}$: 50% ; 2 $t_{1/2}$: 25% ; 3 $t_{1/2}$: 12,5%)

Soit une durée $t = 3 \times 24\,110 = 72\,330$ ans)

c- On continue les divisions par 2, et on obtient 3,125% au bout de 5 demi-vies. (4 $t_{1/2}$: 6,25 % et 5 $t_{1/2}$: 3,125%)

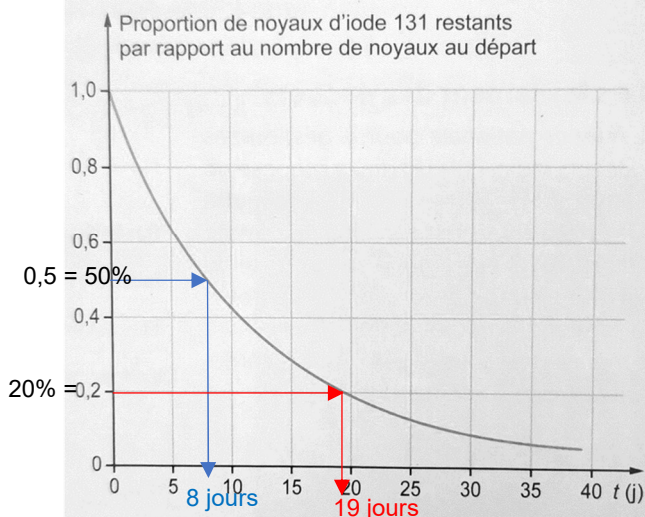
Durée $t = 5 \times 24\,110 = 120\,550$ ans

La durée de toxicité de certains déchets radioactifs est très très très élevée !

11 L'iode 131

L'iode 131 est radioactif, cette propriété est utilisée pour traiter le cancer de la thyroïde.

Sa courbe de décroissance radioactive est donnée ci-dessous.



Donner la définition de la demi-vie d'un noyau radioactif.
Déterminer graphiquement la demi-vie de l'iode 131.
Déterminer graphiquement la durée au bout de laquelle la proportion de noyaux d'iode 131 est égale à 20 %.

Corrigé ex 11 :

Définition de la demi-vie : la demi-vie est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs d'un isotope étudié est divisé par deux. À cet instant-là l'activité radioactive due à cet isotope est également divisée par 2

Graphiquement, on lit la demi-vie avec les constructions en bleu, la proportion de noyaux radioactifs est descendue à 0,5 (soit 50%) au bout de $t_{1/2} = 8$ jours

Et elle atteint 20% soit 0,2 au bout de 19 jours (en rouge)

5 Un isotope de l'iode pour étudier la thyroïde

La glande thyroïde produit des hormones essentielles à différentes fonctions de l'organisme à partir de l'iode alimentaire. Pour vérifier son fonctionnement, on procède à une scintigraphie thyroïdienne. Il s'agit d'un examen d'imagerie médicale qui nécessite l'injection d'un produit faiblement **radioactif**. Ce radio-traceur qui peut être l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ de l'iode va se fixer préférentiellement sur les cellules thyroïdiennes. Pour cette scintigraphie, le patient ingère une dose contenant $N_0 = 4,60 \times 10^{15}$ atomes de l'isotope 131.

1. La demi-vie de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ vaut 8,0 jours. Qu'appelle-t-on demi-vie d'un isotope radioactif ?

2. **Déterminer** l'allure de la courbe donnant l'évolution du nombre de noyaux radioactifs de l'échantillon au cours du temps, en prenant comme unité la demi-vie sur l'axe des abscisses.

3. **En déduire** :

- la durée nécessaire pour qu'il ne reste plus que 25 % de noyaux radioactifs ;
- le nombre restant au bout de 32 jours.



Les clés de l'énoncé

- La radioactivité concerne des noyaux instables qui vont se **désintégrer**, donc disparaître au cours du temps.
- Le **nombre initial** de noyaux donne l'origine de la courbe de décroissance radioactive.

Les questions à la loupe

- Déterminer** : mettre en œuvre une stratégie pour trouver un résultat.
- En déduire** : intégrer le résultat précédent pour répondre.

Corrigé ex 5 :

1. Définition de la demi-vie : la demi-vie est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs d'un isotope étudié est divisé par deux.

À cet instant-là l'activité radioactive due à cet isotope est également divisée par 2

2. L'allure de la courbe est exactement celle qui est donné dans l'exercice précédent.

3. A- Il restera 25% des noyau au bout de 2 demi-vies : perte de la moitié au bout de 1 demi-vie et perte de la moitié de ce qui reste au bout d'une autre demi-vie.

Ici la demi-vie vaut 8,0 jours, il restera 25% des noyaux radioactifs au bout de 16 jours.

B- Au bout de 32 jours, il s'est écoulé 4 demi-vies ($8 \times 4 = 32$)

Au bout de 4 demi-vies il reste $\frac{1}{2^4} = \frac{1}{2 \times 2 \times 2 \times 2} = \frac{1}{16}$ des noyaux.

On a commencé avec $N_0 = 4,60 \times 10^{15}$ noyaux, il en reste $N = \frac{4,6 \cdot 10^{15}}{16} = 2,875 \cdot 10^{14}$

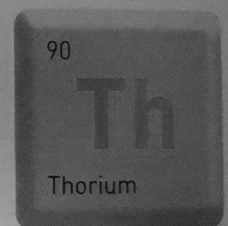
6 Utilisation d'un isotope du thorium

L'isotope $^{227}_{90}\text{Th}$ de l'élément thorium est radioactif. Sa demi-vie est de 19 jours. Cet isotope pourrait être utilisé pour soigner, par radiothérapie, certaines maladies des tissus mous. On dispose d'un échantillon de cet isotope de masse $m = 1,0 \mu\text{g}$.

1. Représenter la courbe donnant l'évolution de la masse de thorium restant en fonction du temps, en prenant comme unité la demi-vie sur l'axe des abscisses.

2. Déterminer la masse de thorium restant au bout de 57 jours.

3. Calculer la durée nécessaire pour qu'il ne reste plus que 6,25 % des noyaux de thorium.



Corrigé ex 6

1. La courbe a toujours la même allure

2. Nombre de demi-vies en 57 jours ? $n = \frac{57}{19} = 3$

Au bout de 3 demi-vies, le nombre de noyaux a été divisé par $2^3 = 8$

La masse de thorium a elle aussi été divisée par 8.

$$m_{\text{thorium restant}} = \frac{m_{\text{initiale}}}{8} = \frac{1,0 \mu\text{g}}{8} = 0,125 \mu\text{g}$$

3. Il en restera 6,25% au bout de 4 demi-vie (1 demi-vie : 50% ; 2 demi-vies : 25% ; 3 demi-vies : 12,5% et 4 demi-vies : 6,25%).

Dans le cas du thorium 4 demi-vies est une durée $t = 4 \times 19 = 76$ jours

