# TRANSFORMATIONS NUCLEAIRES
# DECROISSANCE RADIOACTIVE

## 5 Utiliser les lois de conservation (1)

CORRIGÉ | Restituer et mobiliser ses connaissances.

**1.** Énoncer les lois de conservation à appliquer pour établir l'équation d'une réaction nucléaire.

**2.** Recopier et compléter les équations de désintégration radioactives suivantes en déterminant *A* et *Z*. Nommer la particule émise.

**a.** ${}^{189}_{82}\mathrm{Pb} \rightarrow {}^{189}_{81}\mathrm{T\ell} + {}^{A}_{Z}\mathrm{e}$ **b.** ${}^{210}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{Ra} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

**c.** ${}^{13}_{5}\mathrm{B} \rightarrow {}^{13}_{6}\mathrm{C} + {}^{A}_{Z}\mathrm{e}$ **d.** ${}^{A}_{Z}\mathrm{C} \rightarrow {}^{11}_{5}\mathrm{B} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}$

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

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

**2.a.** ${}^{189}_{82}\mathrm{Pb} \rightarrow {}^{189}_{81}\mathrm{T\ell} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}$ (positon)

**b.** ${}^{210}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow {}^{206}_{88}\mathrm{Ra} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ (noyau d'hélium 4)

**c.** ${}^{13}_{5}\mathrm{B} \rightarrow {}^{13}_{6}\mathrm{C} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ (électron)

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

${}^{186}_{82}\mathrm{Pb} \rightarrow {}^{182}_{80}\mathrm{Hg} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$

## 9 Déterminer un type de radioactivité

CORRIGÉ | Utiliser un modèle.

Le phosphore 32 est radioactif et sa désintégration produit un noyau de soufre 32.

**1.** Établir l'équation de la réaction de désintégration radioactive du phosphore 32.

**2.** Identifier le type de radioactivité. Utiliser le réflexe 2

**Données**

Phosphore P ($Z = 15$) ; soufre S ($Z = 16$).

### 9 Déterminer un type de radioactivité

**1.** ${}^{32}_{15}\mathrm{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\mathrm{S} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$

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

## 10 Identifier un type de radioactivité

| Rédiger une explication.

• Préciser pour chacune des désintégrations radioactives évoquées dans les étiquettes suivantes, le type de radioactivité correspondant. Expliquer la démarche.

${}^{218}\mathrm{Po} \rightarrow {}^{214}\mathrm{Pb}$ ${}^{123}\mathrm{I} \rightarrow {}^{123}\mathrm{Te}$ ${}^{40}\mathrm{K} \rightarrow {}^{40}\mathrm{Ca}$

**Données**

Potassium K ($Z = 19$) ; calcium Ca ($Z = 20$) ; tellure Te ($Z = 52$) ; iode I ($Z = 53$) ; plomb Pb ($Z = 82$) ; polonium Po ($Z = 84$).

### 10 Identifier un type de radioactivité

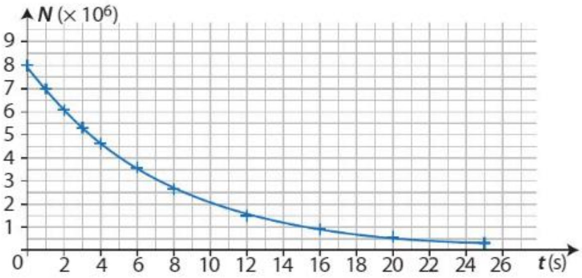
Le noyau de polonium perd 4 nucléons, il émet donc forcément un noyau d'hélium 4, ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$, c'est une radioactivité $\alpha$.

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 $\beta^+$.

## 13 Déterminer un nombre de noyaux radioactifs

CORRIGÉ | Exploiter un graphique.

La courbe de décroissance radioactive d'un échantillon contenant des noyaux radioactifs est fournie ci-dessous :




**1.** Déterminer le nombre initial de noyaux radioactifs dans l'échantillon.

**2.** Déterminer le nombre de noyaux radioactifs encore présents aux dates $t = 5$ s, 10 s, 15 s.

**3.** Justifier que la demi-vie des noyaux radioactifs est égale à 5 s.

### 13 Déterminer un nombre de noyaux radioactifs

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

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

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

$N(t = 15\ \mathrm{s}) = 1 \times 10^6$ 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 :

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

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

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

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

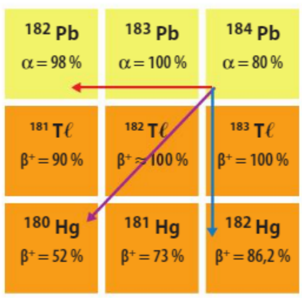
$$N(t = 15\ \mathrm{s}) = \frac{N(t = 10\ \mathrm{s})}{2} = 1 \times 10^6 \text{ noyaux.}$$

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

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

| Rédiger une explication.

On donne un extrait du diagramme (*N*, *Z*). On représente par des flèches des transitions d'un noyau vers un autre.




**1.** Pour chaque élément chimique (plomb, thallium, mercure), préciser le type de radioactivité associée.

**2.** Parmi les transitions symbolisées par les flèches de couleur, une seule correspond à la désintégration du plomb 184. Identifier le noyau fils formé. Justifier.

**Données**
Mercure Hg ($Z = 80$) ; thallium Tℓ ($Z = 81$) ; plomb Pb ($Z = 82$).

**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 $^{180}_{80}Hg$.

## 14 Calculer un nombre de noyaux radioactifs
| Restituer ses connaissances ; effectuer des calculs.

Un échantillon contient initialement :
$N_0 = 1{,}0 \times 10^8$ noyaux radioactifs de constante radioactive $\lambda = 2{,}0 \times 10^{-6}$ s$^{-1}$.

**1.** Écrire la loi de décroissance radioactive.

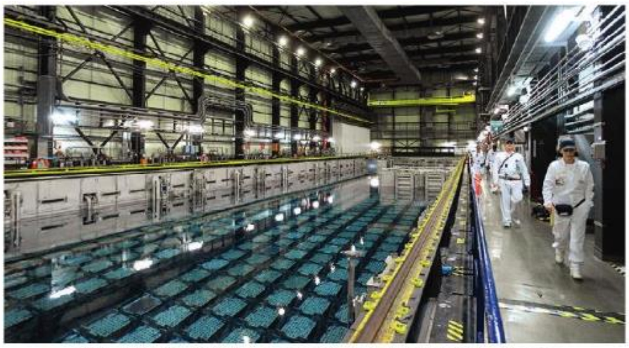
**2.** Calculer le nombre de noyaux radioactifs encore présents aux dates $t = 5{,}0 \times 10^4$ s et $5{,}0 \times 10^6$ s.

**3.** Situer ces deux dates par rapport à la demi-vie.

**14 Calculer un nombre de noyaux radioactifs**
**1.** $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda \times t}$
**2.** $N(t = 5{,}0 \times 10^4 \text{ s}) = 1{,}0 \times 10^8 \times e^{-2{,}0\times10^{-6}\times5{,}0\times10^4}$
$= 9{,}0 \times 10^7$ noyaux.
$N(t = 5{,}0 \times 10^6 \text{ s}) = 1{,}0 \times 10^8 \times e^{-2{,}0\times10^{-6}\times5{,}0\times10^6}$
$= 4{,}5 \times 10^3$ noyaux.
**3.** Au bout de $5{,}0 \times 10^4$ 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 ($4{,}5 \times 10^3 < 5{,}0 \times 10^7$), donc cette date est supérieure à la demi-vie.

## 15 Calculer une durée
CORRIGÉ
| Effectuer des calculs.

Le tritium est contenu dans les résidus radioactifs issus de l'exploitation des centrales nucléaires. Sa constante de désintégration radioactive est égale à $\lambda = 1{,}8 \times 10^{-9}$ s$^{-1}$.



> Piscine de refroidissement des déchets à la Hague

**1.** Exprimer la durée $t$ en fonction du nombre de noyaux radioactifs encore présents, de la constante de désintégration radioactive et du nombre de noyaux initialement présents.

Utiliser le réflexe 3

**2.** Calculer cette durée en seconde puis en années pour que le nombre de noyaux radioactifs encore présents soit égal à 1 % du nombre initial de noyaux.

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

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

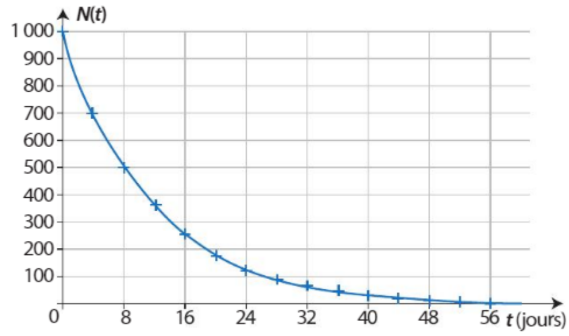
$-\lambda \times t = \ln\left(\dfrac{N(t)}{N_0}\right)$, donc $t = -\dfrac{1}{\lambda} \times \ln\left(\dfrac{N(t)}{N_0}\right)$.

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

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

## 16 Déterminer une durée
| Exploiter un graphique.

La courbe de décroissance radioactive d'un échantillon radioactif est fournie ci-dessous :




**1.** Déterminer la durée au bout de laquelle 60 % des noyaux radioactifs se sont désintégrés.

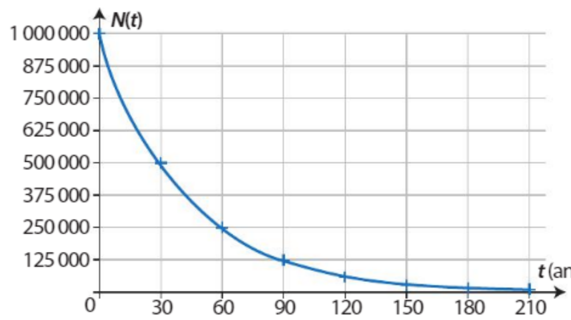
**2.** Estimer la durée au bout de laquelle il n'y a plus de noyau radioactif dans l'échantillon.

**3.** À combien de demi-vie cette durée correspond-elle ?

**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 $\dfrac{N_0}{2} = 500$ noyaux).
56 jours correspondent donc à 7 demi-vies $\left(\dfrac{56}{8} = 7\right)$.

## 17 Déterminer une demi-vie
CORRIGÉ
| Restituer ses connaissances ; exploiter un graphique.

La courbe de décroissance radioactive d'un échantillon de césium 137 est la suivante :



**1.** Rappeler la définition de la demi-vie d'un noyau radioactif.

**2.** Déterminer graphiquement la demi-vie du césium 137.

**3.** En déduire la constante radioactive du césium 137 en $s^{-1}$.

**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 :
$N(t_{1/2}) = 500\,000$ noyaux.
Par lecture graphique, on détermine $t_{1/2} = 30$ ans.

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

## 20 Déterminer une activité

| Restituer et mobiliser ses connaissances.

Une statuette en bois vieille de 2 000 ans a été découverte lors de fouilles archéologiques.

• Calculer l'activité d'un gramme de carbone de cette statuette.

**Données**
- Activité d'un gramme de carbone d'une matière vivante : $A_0 = 816{,}0$ Bq.
- Demi-vie du carbone 14 : $t_{1/2} = 5\,734$ ans.

**20** Déterminer une activité

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

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

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

## 22 Manipulation de l'iode 131 en sécurité

| Rédiger une explication.

Caractéristiques des écrans diminuant l'exposition à l'iode 131 :

| Matériau de l'écran | Verre Pyrex® | Plexiglass | Verre plombé |
|---|---|---|---|
| Épaisseur pour l'arrêt de la particule β | 1,6 mm | 2,6 mm | 0,5 mm |
| Épaisseur pour l'atténuation d'un facteur 10 du débit γ | 244 mm | 497 mm | 11 mm |

**1.** Déterminer s'il est plus facile d'arrêter la particule β ou le rayonnement γ émis par l'iode 131.

**2.** Proposer deux raisons expliquant pourquoi le verre plombé est utilisé dans les salles d'imagerie médicale.

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

**1.** Il est plus facile d'arrêter la particule β que le rayonnement γ 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.

## 24 Connaître les critères de réussite

### La famille radioactive de l'uranium 238

| Mobiliser et organiser ses connaissances ; exploiter des informations ; utiliser un modèle.

L'uranium 238 est un noyau radioactif. Par une succession de désintégrations radioactives, il se transforme en plomb 206 qui est un noyau stable. La première étape consiste en la désintégration de l'uranium 238 en thorium 234. Dans la seconde étape, le thorium 234 se transforme en protactinium 234, etc. L'équation globale de la transformation par étapes successives de l'uranium 238 en plomb 206 s'écrit :

$${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + 6\ {}^{0}_{-1}e + 8\ {}^{4}_{2}He$$

**1.** Écrire l'équation de la réaction de désintégration radioactive de l'uranium 238 en thorium 234, puis identifier le type de radioactivité.

**2.** Écrire l'équation de la réaction de désintégration radioactive du thorium 234, puis identifier le type de radioactivité.

**3.** Établir le nombre et le type de désintégrations radioactives aboutissant au plomb 206.

**Données**
Uranium U ($Z = 92$) ; thorium Th ($Z = 90$) ; protactinium Pa ($Z = 91$) ; plomb Pb ($Z = 82$).

**24** Connaître les critères de réussite
La famille radioactive de l'uranium 238

**1.** ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$ (radioactivité α)

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

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

## 28 Résoudre une équation différentielle du premier ordre

Un échantillon radioactif de plutonium 239 contient, à la date $t = 0$, $N_0 = 3{,}0 \times 10^7$ noyaux.
La constante radioactive du plutonium 239 est $\lambda = 9{,}1 \times 10^{-13}\ s^{-1}$.
On note $N(t)$ le nombre de noyaux de plutonium 239 encore présents à l'instant $t$.

**1.** Écrire l'équation différentielle vérifiée par $N(t)$.

**2.** Résoudre cette équation différentielle.

**28** Côté maths
Résoudre une équation différentielle du premier ordre

**1.** $\frac{dN(t)}{dt} = -\lambda \times N(t)$.

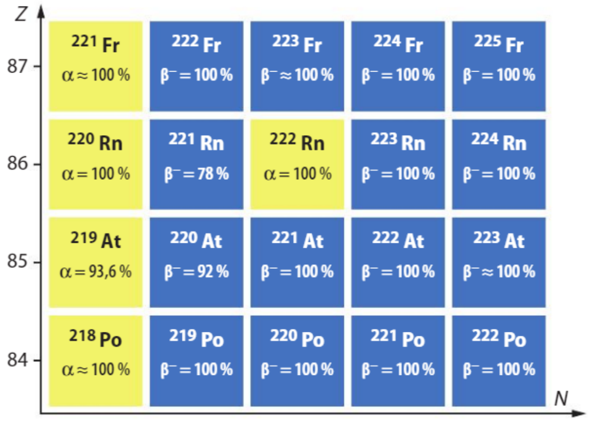
**2.** La solution de cette équation différentielle est de la forme : $N(t) = A \times e^{-\lambda \times t}$.
Condition initiale : $N(0) = A = N_0 = 3{,}0 \times 10^7$ noyaux.
Donc $N(t) = 3{,}0 \times 10^7 \times e^{-9{,}1 \times 10^{-13} \times t}$.

## 29 Les dangers du radon

| Exploiter des informations, des graphiques ; utiliser un modèle ; rédiger une explication.

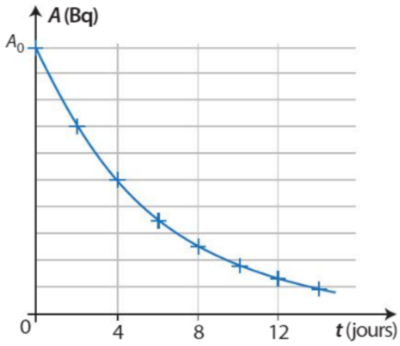
Le radon 222 est un noyau radioactif de type alpha qui représente plus de 30 % de la radioactivité ambiante à laquelle nous sommes exposés en France. C'est un gaz qui se forme en permanence dans les roches suite à la désintégration par étapes de l'uranium 238.

Il est préconisé pour limiter cette exposition d'avoir une bonne ventilation dans les constructions. La norme dans l'Union Européenne prévoit de ne pas dépasser une activité volumique moyenne égale à 400 becquerels par mètre cube. Un extrait du diagramme $(N, Z)$ concernant le radon 222 est donné ci-dessous :




**1.** Écrire les équations de réaction de désintégration radioactive correspondant à la désintégration du radon 222 et à celle du radon 223.

**2.** À partir de la courbe de l'activité d'un échantillon de radon 222 donnée ci-contre, déterminer la demi-vie du radon 222.




**3.** Recopier le tableau ci-dessous et le compléter en justifiant.

| $t$ (jour) | 0 | 4,0 | 8,0 | 16,0 |
|---|---|---|---|---|
| $A$ (Bq) | $8{,}0 \times 10^6$ | | | |

**4.** Proposer un raisonnement expliquant pourquoi l'activité du radon reste constante au cours du temps.

**5.** Afin de contrôler la qualité de l'air dans une cave, un technicien prélève dans une fiole un échantillon de cet air. La fiole est introduite dans un dispositif qui compte un nombre d'événements par seconde $n$ qui est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs désintégrés. Avec ce dispositif, l'activité du radon (en becquerels par mètre cube) est proportionnelle à ce nombre : $A = 60{,}0 \times n$. Lors de ce contrôle on trouve $n = 10{,}5$.
Expliquer s'il faut prendre des mesures afin d'améliorer la qualité de l'air de cette cave et préciser lesquelles.

### 29 Les dangers du radon

**1.** ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + {}^{4}_{2}\text{He}$ (radioactivité α)

${}^{223}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{223}_{87}\text{Fr} + {}^{0}_{-1}\text{e}$ (radioactivité β⁻)

**2.** $A(t_{1/2}) = \dfrac{A_0}{2}$, on peut alors lire graphiquement que $A = \dfrac{A_0}{2}$ pour $t_{1/2} = 4$ jours.

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

| $t$ (jours) | 0 | $4{,}0\ (= t_{1/2})$ | $8{,}0\ (= 2t_{1/2})$ | $16{,}0\ (= 4\,t_{1/2})$ |
|---|---|---|---|---|
| $A$ (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).

### 32 CORRIGÉ 60 min La découverte de la radioactivité artificielle et ses applications

Mobiliser et organiser ses connaissances ; utiliser un modèle ; rédiger une explication.

Document PDF

*D'après Baccalauréat*

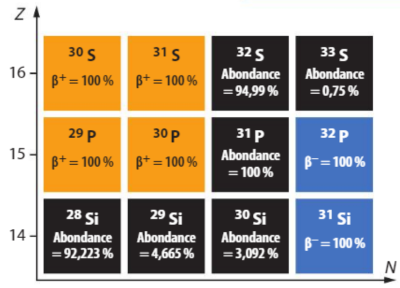
En 1934, Irène et Frédéric Joliot-Curie découvrirent la radioactivité artificielle. Ils produisirent du phosphore 30 radioactif par bombardement d'une cible contenant de l'aluminium 27 stable avec des particules α. Ces particules provenaient d'une source de radium contenant majoritairement l'isotope 226.

**1. La découverte de la radioactivité artificielle**

**a.** Définir une particule α et donner son symbole.

**b.** Établir l'équation de la réaction de désintégration radioactive du radium 226. Utiliser le réflexe 2

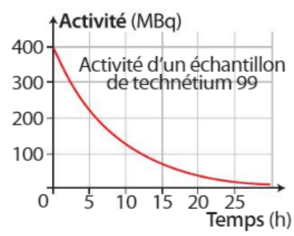
**c.** En utilisant le diagramme $(N, Z)$ ci-dessous, déterminer le type de désintégration radioactive associée au phosphore 30 puis établir l'équation de la réaction de désintégration radioactive du phosphore 30. Utiliser les réflexes 1 et 2




**d.** Calculer le nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs restants dans un échantillon de phosphore 30 contenant initialement $N_0$ = 1 000 noyaux radioactifs, au bout d'une durée égale à 13 minutes. Utiliser le réflexe 3

**2. Utilisation du technétium 99 en médecine nucléaire**

Le technétium 99 est utile en médecine nucléaire car il s'associe à de nombreuses molécules. Sa demi-vie courte permet de réduire l'irradiation du patient. On injecte à un patient une dose dont l'activité en technétium 99 est $A_0 = 400$ MBq. La courbe représentant l'activité de cet échantillon en fonction du temps est donnée ci-contre.




**a.** Donner la définition de la demi-vie et déterminer celle du technétium 99.

**b** L'activité est considérée négligeable au bout de $t = 20 \times t_{1/2}$. Calculer sa valeur.

**c.** Un patient reçoit une injection un lundi à 15 h 00. L'examen se finit à 18 h 30. Calculer l'activité due au technétium 99 encore présent dans le corps du patient à la fin de l'examen, puis déterminer à quelle date (jour et heure) l'activité sera négligeable dans son organisme.

**Données**

- Radon Rn ($Z = 86$) ; francium Fr ($Z = 87$) ; radium Ra ($Z = 88$) ; actinium Ac ($Z = 89$) ; thorium Th ($Z = 90$) ; aluminium Aℓ ($Z = 13$) ; silicium Si ($Z = 14$) ; phosphore P ($Z = 15$).
- Le phosphore 30 se désintègre en donnant un noyau de silicium 30 et sa demi-vie est égale à 3 minutes 15 secondes.

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

**1. a.** La particule α 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.** $N(t = 13\text{ min}) = 1\,000 \times \exp\left(-\ln(2) \times \dfrac{13 \times 60}{3 \times 60 + 15}\right)$

$= 63$ noyaux

**2. 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 : $t_{1/2} = 6$ h.

**b.** $A(t = 120\text{ h}) = 400 \times \exp\left(-\ln(2) \times \dfrac{120}{6}\right)$

$= 4 \times 10^{-4}\ \text{MBq} = 4 \times 10^{2}\ \text{Bq}$.

**c.** $A(t = 3{,}5\text{ h}) = 400 \times \exp\left(-\ln(2) \times \dfrac{3{,}5}{6}\right) = 267\ \text{MBq}$.

La durée écoulée au bout de $20 \times t_{1/2}$ est égale à 120 heures soit 5 jours $\left(\dfrac{120}{24} = 5\right)$.
La date associée, à partir du lundi 15 heures, est le samedi 15 heures.

### 33 CORRIGÉ 40 min La datation à l'uranium 238

Utiliser un modèle ; exploiter des graphiques ; effectuer des calculs ; rédiger une explication.

*D'après Baccalauréat*

L'uranium 238 est un noyau radioactif que l'on trouve dans les roches et qui, après des désintégrations successives, se transforme en plomb 206 stable. La quantité de plomb présent dans la roche augmente proportionnellement avec l'âge de celle-ci. La mesure de la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche ancienne permet de déterminer l'âge de la roche.

**1.** À partir de la courbe de décroissance de l'uranium 238 (graphique **A**), déterminer la demi-vie de ce noyau radioactif, puis calculer sa constante radioactive λ.

**2.** Déterminer graphiquement le nombre $N_0$ de noyaux d'uranium 238 présents initialement dans l'échantillon de roche puis exprimer le nombre de noyaux $N(t)$ d'uranium 238, encore présents en résolvant l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dN(t)}{dt} + \lambda \times N(t) = 0$$

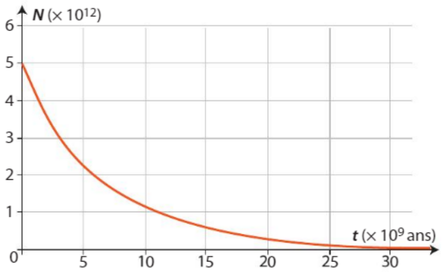
**3.** Sachant qu'un noyau d'uranium 238 se désintègre en formant un noyau de plomb 206, déterminer la relation entre le nombre $N_0$ de noyaux d'uranium 238 présents initialement dans la roche, celui $N(t)$ des noyaux encore présents au bout d'une durée $t$ et le nombre $N_{Pb}$ de noyaux de plomb formés.
Une modélisation de la courbe de température depuis les débuts de la Terre a permis de mettre en évidence cinq ères glaciaires (graphique **B**).

**4.** L'analyse de l'échantillon de roche datant de la fin de la première ère interglaciaire révèle qu'il y a $0{,}5 \times 10^{12}$ noyaux de plomb 206 présents. Cette mesure est-elle compatible avec la fin de la première ère interglaciaire sur Terre ?

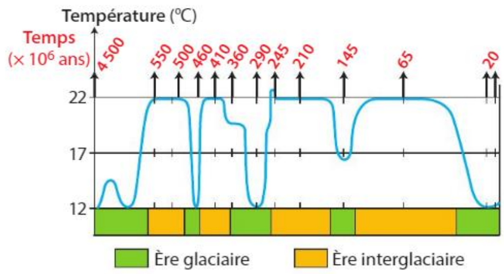
Document PDF

Coup de pouce QR Code p. 118

**A** Courbe de décroissance de l'uranium 238




**B** Évolution de la température sur la planète Terre




### 33 CORRIGÉ La datation à l'uranium 238

**1.** Par détermination graphique : $t_{1/2} = 4{,}5 \times 10^9$ an.

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{4{,}5 \times 10^9} = 1{,}5 \times 10^{-10}\ \text{an}^{-1}.$$

**2.** 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 $\dfrac{dN(t)}{dt}$ est proportionnelle à la fonction $N$.

La solution est donc de la forme : $N(t) = A \times e^{-\lambda \times t}$.

On exprime la condition initiale :

$N(0) = N_0 \Leftrightarrow A = N_0 = 5{,}0 \times 10^{12}$

La solution s'écrit : $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda \times t}$

soit $N(t) = 5{,}0 \times 10^{-12} \times e^{-1{,}5 \times 10^{-10} \times t}$.

**3.** $N_0 = N(t) + N_{Pb}$.

**4.** $N(t) = N_0 - N_{Pb} = 4{,}5 \times 10^{12}$
soit $t$ égal à $0{,}5 \times 10^9$ an $= 5 \times 10^8$ an (500 millions d'années).
Cela est bien compatible avec la fin de la première ère interglaciaire.