

# Radioactivité – Exercices – Devoirs

## Exercice 1 corrigé disponible

Un dispositif de radiochirurgie en dose unique, basé sur l'utilisation des rayons gamma émis par des sources radioactives de cobalt 60, a récemment été mis en œuvre. L'appareil permet de traiter des cibles dans le cerveau du patient en administrant une dose très forte de radiations dans une région ultra localisée. On peut ainsi traiter des tumeurs de petite taille, situées dans des régions profondes du cerveau et donc inopérables.

Données : Constante de Planck :  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Célérité de la lumière dans le vide  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

1 kBq correspond à 1000 désintégrations par seconde.

Le cobalt 60, de symbole  ${}_{27}^{60}\text{Co}$  se désintègre pour donner un noyau

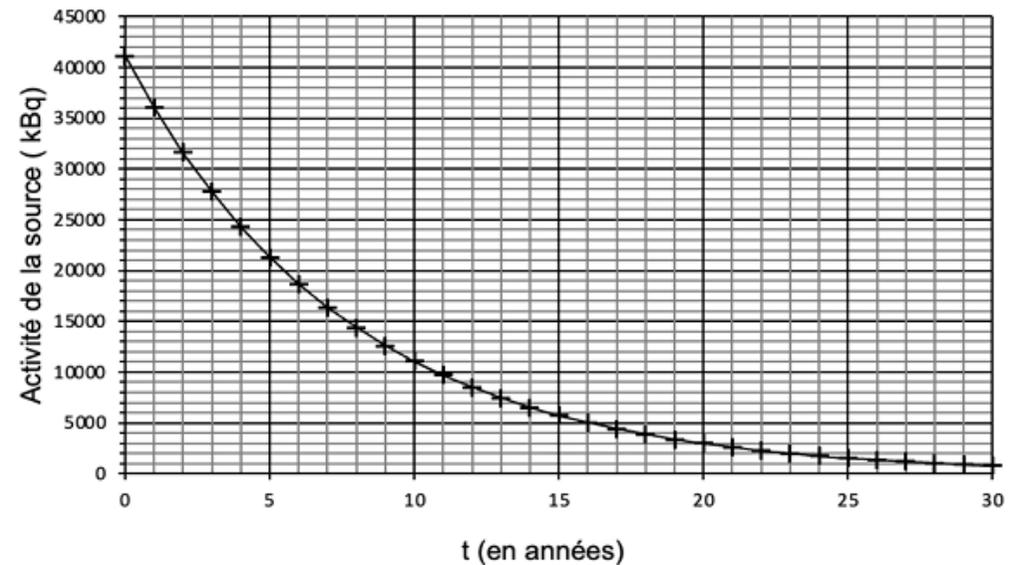
fil de nickel 60 de symbole  ${}_{28}^{60}\text{Ni}$

1. Rappeler les différents types de rayonnement radioactif. Préciser la nature de la particule émise lors de la désintégration du Cobalt 60 en Nickel 60

Le noyau fils issu de cette désintégration est dans un état excité. Il se désexcite en émettant un photon d'énergie  $2,13 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

2. Ecrire l'équation de transformation nucléaire du Nickel 60 lors de la désexcitation de son noyau

3. Calculer la fréquence, puis la longueur d'onde et la nature du rayonnement émis au cours de la désexcitation



Document 1 - Décroissance de l'activité d'un échantillon de cobalt 60

Les éléments dont la durée de demi-vie est inférieure à 31 ans peuvent être stockés sur le lieu d'utilisation. On considère qu'au bout d'une durée de 10 demi-vies, l'activité de la source est négligeable.

Le document 1 représente la courbe de décroissance radioactive au cours du temps de l'activité d'un échantillon de cobalt 60 utilisé en milieu hospitalier.

3. Définir l'activité d'une source radioactive et déterminer l'activité initiale de l'échantillon de cobalt 60 considéré.

- À l'aide du document 1, déterminer la durée de demi-vie du cobalt 60.
- Le Cobalt 60 peut-il être stocké sur le lieu d'utilisation ? Calculer la durée au bout de laquelle on peut considérer que l'activité de l'échantillon est négligeable.

### Exercice 2 corrigé disponible

En 2018 les centrales nucléaires françaises ont délivré 393 TWh sous forme d'énergie électrique provenant de la fission de l'uranium 235

- Sachant que l'uranium 235 fissionne sous l'effet d'un neutron rapide en noyaux de césium 140, de rubidium 93 et de neutrons rapides, écrire l'équation de désintégration nucléaire
- Calculer le défaut de masse et l'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau d'uranium 235 ; quelle est la nature de la transformation nucléaire (exothermique ou endothermique) ?
- En déduire la masse d'uranium consommée en 2018 par l'ensemble des centrales nucléaires françaises

Données

|            |                         |                           |                           |                           |
|------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|            | ${}^1_0n$               | ${}^{93}_{37}Rb$          | ${}^{140}_{55}Cs$         | ${}^{235}_{92}U$          |
| Masse (kg) | $1,6749 \cdot 10^{-27}$ | $1,533007 \cdot 10^{-25}$ | $2,323381 \cdot 10^{-25}$ | $3,902996 \cdot 10^{-25}$ |

### Exercice 3

- Citer les 4 types de radioactivité  
Parmi les méthodes radiochronologiques (basées sur loi de décroissance radioactive), celle de la datation du carbone 14 (isotope radioactif) est la plus connue.  
Lorsqu'un arbre, par exemple est abattu, le bois cesse de vivre, et il n'y a plus absorption de dioxyde de carbone. On peut alors dater l'âge de la mort de l'organisme

Données : numéro atomique :  $Z(C) = 6$  ;  $t_{1/2}({}^{14}_6C) = 5700 \text{ ans}$

La loi de décroissance radioactive concernant le carbone 14 peut s'écrire :

$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$  avec  $A_0$  l'activité initiale du carbone 14 (au moment de la mort d'un organisme) et  $A$  l'activité du carbone 14 mesurée à l'instant  $t$ .

Le prélèvement d'une poutre (en bois) dans la tombe du vizir Hemada à Sakara fournit une activité au moment de la mesure telle que  $A = 7810$  désintégrations par minute et par kg de carbone alors que  $A_0 = 13500$  désintégrations par minute et par kg de carbone.

- Démontrer que l'expression qui permet de donner l'âge  $t$  de la mort d'un organisme s'écrit :

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln \left( \frac{A_0}{A} \right)$$

- En déduire, l'âge de la tombe du vizir de la première dynastie des pharaons

### Exercice 4

Pendant le trajet, les capacités physiques sont mises à rude épreuve. Avant le départ, le pilote doit vérifier sa bonne résistance cardiaque. C'est pourquoi une scintigraphie du myocarde peut lui être prescrite par son médecin

Données : Relation entre énergie et fréquence d'un rayonnement :  
 $E = h \times \nu$ , avec  $\nu$ , la fréquence en hertz (Hz), et  $E$ , l'énergie en joule (J)  
 Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$   
 Masse d'un noyau de technétium 99 :  $m(\text{Tc}) = 1,65 \times 10^{-25} \text{ kg}$   
 Constante de Planck :  $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$   
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

- Le technétium 99 (Tc 99), émetteur  $\beta^-$ , est utilisé pour cet examen. C'est le plus courant des isotopes de cet élément. Définir le terme isotope.
- En utilisant le document 1, écrire l'équation de désintégration du Tc99

| Noyau   | technétium 97           | technétium 99           | molybdène 96            | ruthénium 99            |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Symbole | ${}_{43}^{97}\text{Tc}$ | ${}_{43}^{99}\text{Tc}$ | ${}_{42}^{96}\text{Mo}$ | ${}_{44}^{99}\text{Ru}$ |

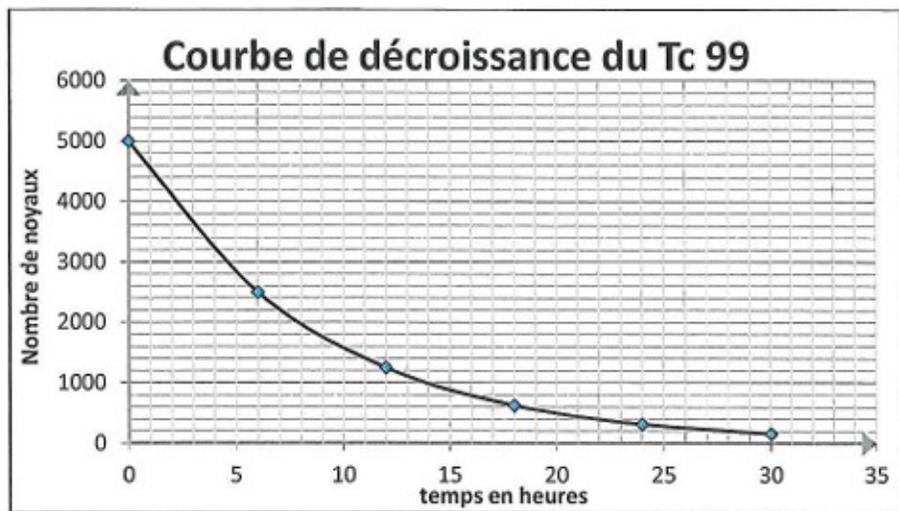
document 1

Lors de la désintégration du Tc 99, un des rayonnements émis possède une énergie,  $E$ , égale à 294 keV.

- Donner l'expression littérale de la longueur d'onde  $\lambda$  de ce rayonnement dans le vide, en fonction de  $E$  et des constantes physiques.
- Calculer la valeur numérique de  $\lambda$ , en picomètres ( $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ ).
- Préciser à quel domaine des ondes électromagnétiques appartient ce rayonnement.

La demi-vie d'un échantillon radioactif est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents a été désintégrée.

- En utilisant le document 2, retrouver la valeur de la demi-vie du technétium.



document 2

Lors de l'examen médical le pilote de 75 kg reçoit une dose de 2,5 mL de Tc 99 d'activité  $A_0 = 62 \text{ MBq}$ . Quelques minutes plus tard, les premières images du cœur sont visualisées grâce à une gamma-caméra à scintillations.

- Définir l'activité d'un échantillon.
- Donner la relation entre le nombre de noyaux radioactifs,  $N$ , d'un échantillon et son activité,  $A$ .
- Montrer que le nombre de noyaux radioactifs,  $N_0$ , reçus par le patient lors de l'injection est de  $1,9 \cdot 10^{12}$ .
- En déduire la masse,  $m_0$ , de technétium reçue par le pilote.

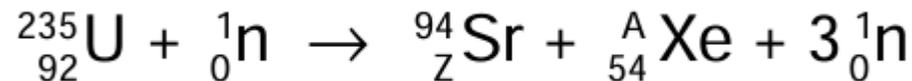
### Exercice 5

Compléter les équations suivantes :

- ${}_{81}^{210} \dots \rightarrow {}_{82}^{210} \text{Pb} + \dots$
- ${}_{82}^{205} \text{Pb} \rightarrow {}_{81}^{205} \dots + \dots$
- ${}_{18}^{42} \text{K} \rightarrow \dots + \dots$
- ${}_{17}^{42} \text{K} \rightarrow \dots + \dots$
- ${}_{10}^{20} \text{F} \rightarrow {}_{10}^{20} \dots + \dots$

### Exercice 6

Dans certaines conditions, l'uranium 235 peut se scinder en deux noyaux plus légers et plus stables comme par exemple le strontium et le xénon selon l'équation suivante :



1. Comment appelle-t-on ce type de réaction ?
2. Déterminer la valeur de A et de Z.
3. Bilan énergétique :
  - a. Énoncer la relation d'équivalence masse-énergie.
  - b. Calculer le défaut de masse ainsi que la variation d'énergie de masse  $\Delta E$  au cours de cette réaction nucléaire.
  - c. Est-ce que de l'énergie est libérée au cours de cette réaction ? Justifier la réponse.

|   |  |
|---|--|
| Unité de masse atomique                       | $u = 1,660\ 54 \times 10^{-27}$ kg       |
| Énergie de masse de l'unité de masse atomique | $E = 931,5$ MeV                          |
| Électronvolt                                  | $1\ \text{eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J  |
| Mégaélectronvolt                              | $1\ \text{MeV} = 1,00 \times 10^6$ eV    |
| Célérité de la lumière dans le vide           | $c = 3,00 \times 10^8$ m.s <sup>-1</sup> |

|                                 |                         |                        |                      |                  |                  |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------------------|------------------|
| Nom du noyau ou de la particule | Uranium                 | Strontium              | Xénon                | Neutron          | Proton           |
| Symbole                         | ${}^{235}_{92}\text{U}$ | ${}^{94}_{Z}\text{Sr}$ | ${}^A_{54}\text{Xe}$ | ${}_0^1\text{n}$ | ${}_1^1\text{p}$ |
| Masse (en $u$ )                 | 235,120                 | 93,8946                | 138,888              | 1,00866          | 1,00728          |