

Exercice 1

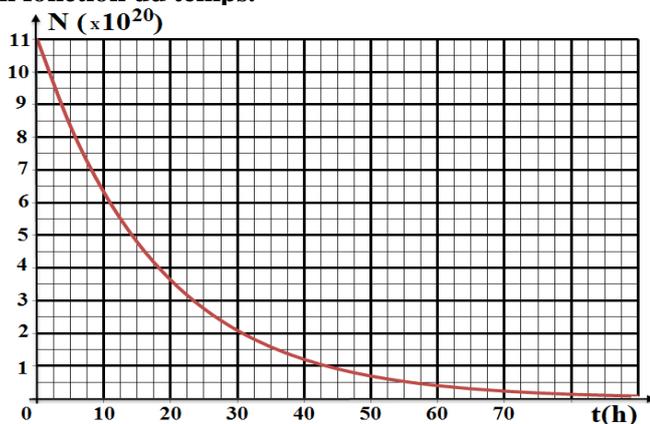
Compléter le tableau suivant :

Equation de désintégration	Type
${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow \dots \text{Th} + \dots$	α
${}^{212}_{83}\text{Bi} \rightarrow \dots \text{Tl} + {}^4_2\text{He}$
${}^{13}_7\text{N} \rightarrow \dots \text{C} + \dots$	β^+
${}^{16}_8\text{O}^* \rightarrow {}^{16}_8\text{O} + \dots$
${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + \dots$
${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow \dots \text{S} + \dots$	β^-
${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{53}_{26}\text{Fe} + {}^0_1\text{e}$
${}^{24}_{12}\text{Mg}^* \rightarrow \dots + \dots$	γ

Exercice 2

L'élément sodium possède plusieurs isotopes, dont le sodium 24 (${}^{24}_{11}\text{Na}$) qui est radioactif de type β^- . Il a plusieurs applications, dont le refroidissement des réacteurs nucléaires où l'eau n'est pas utilisée.

A l'instant $t = 0$, on a une masse m_0 d'échantillon de sodium 24. La courbe ci-dessous représente les variations du nombre de noyaux restants de sodium 24 en fonction du temps.



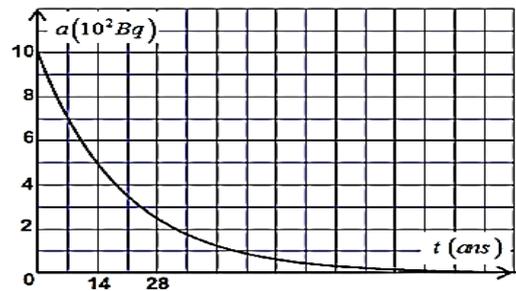
- En utilisant la courbe, déterminer le nombre initial de noyaux radioactifs N_0 et la demi-vie $t_{1/2}$.
- Montrer que $t_{1/2} = \tau \ln 2$, puis déduire la valeur de τ et de la constante de désintégration λ .
- Calculer la masse m_0 de l'échantillon radioactif à $t = 0$.
- Calculer l'activité de l'échantillon a à $t = 30$ h.
- Écrire l'équation de désintégration de ${}^{24}_{11}\text{Na}$, sachant que le noyau produit est ${}^{24}_{12}\text{Mg}$.
- Énoncer que la loi de décroissance radioactive s'écrit comme suit : $m(t) = m_0 e^{-t/\tau}$.
- Déterminer le temps nécessaire pour que 80% de la masse initiale se désintègre (en heures).
- Calculer la masse de l'échantillon restante à $t = 5\tau$. Qu'en conclus-tu ?

Données : $M({}^{24}_{11}\text{Na}) = 24 \text{ g/mol}$; $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Exercice 3

L'élément plutonium Pu n'existe pas dans la nature, mais on peut obtenir du plutonium 241 à partir de la désintégration du nucléide d'uranium 238 dans les réacteurs nucléaires.

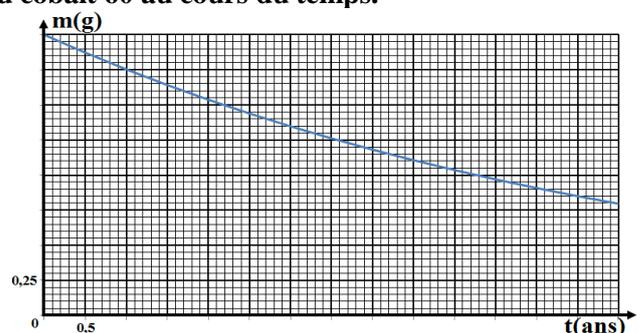
La désintégration de ${}^{241}_{94}\text{Pu}$ en nucléide d'américium ${}^{241}_{95}\text{Am}$ se traduit par l'émission d'une particule ${}^A_Z\text{X}$. L'étude de l'activité d'un échantillon de plutonium permis de tracer la courbe ci-dessous, qui représente l'activité de l'échantillon a en fonction de temps.



- Écrire l'équation de désintégration de plutonium 241. Quelle est la nature de cette radioactivité ?
- Écrire l'expression de la relation exprimant la loi de décroissance radioactive.
- Définir la demi-vie $t_{1/2}$, puis la déterminer graphiquement, et en déduire la valeur de la constante de désintégration λ .
- Déterminer graphiquement la valeur de l'activité initiale de l'échantillon a_0 puis en déduire le nombre de noyaux N_0 présents dans l'échantillon.
- Déduire la masse initiale m_0 de l'échantillon.
- Montrer que a_D le nombre de noyaux d'Américium formés par unité de temps, s'écrit sous la forme suivante : $a_D(t) = a_0(1 - e^{-\lambda t})$.
- Le taux de désintégration s'exprime par la relation suivante $r = a_D(t)/a_0$, Donner l'expression de ce rapport en fonction de la constante de désintégration λ et t .
- Calculer le moment t auquel 90% des noyaux de ${}^{241}\text{Pu}$ présents dans l'échantillon se désintègrent.

Exercice 4

La médecine nucléaire est devenue l'une des spécialités les plus importantes de notre époque, utilisée à la fois pour le diagnostic et le traitement des maladies. Parmi les techniques utilisées, on trouve la radiothérapie, qui utilise des rayonnements nucléaires pour détruire les tumeurs cancéreuses en irradiant la tumeur ou les tissus affectés avec des radiations émises par le cobalt 60 (${}^{60}_{27}\text{Co}$). Un échantillon de cobalt 60 devient inactif lorsque son activité a à un moment donné t est égale à 25% de son activité initiale a_0 . La radioactivité du noyau du cobalt 60 (${}^{60}_{27}\text{Co}$) est expliquée par la conversion d'un neutron ${}^1_0\text{n}$ en un proton ${}^1_1\text{p}$. La courbe ci-dessous représente les variations de la masse restante du cobalt 60 au cours du temps.



- 1) Identifier et expliquez le type de la radioactivité du cobalt 60.
- 2) Écrire l'équation de cette transformation, en précisant le nucléide produit parmi les deux nucléides, $^{28}_{12}\text{Ni}$, $^{26}_{12}\text{Fe}$.
- 3) Montrer que la loi de décroissance radioactive pour le cobalt 60 s'écrit sous la forme $m(t) = m_0 \cdot e^{-t/\tau}$, où $m(t)$ est la masse restante de l'échantillon de cobalt 60 à un instant donné, et m_0 est la masse initiale de l'échantillon.
- 4) Déterminer la valeur de m_0 , la masse initiale de l'échantillon de cobalt 60.
- 5) Montrer qu'à l'instant $t = n \cdot t_{1/2}$, l'expression de la masse restante de cobalt 60 est $m(t) = m_0 / 2^n$, où n est un nombre réel positif.
- 6) Pour $n = 1$, déterminer la valeur de la masse restante, puis déduire la valeur de $t_{1/2}$, τ , et λ pour le cobalt 60.
- 7) Trouver l'expression de l'activité a_0 à $t = 0$ en fonction de m_0 , N_A , τ , et $M(\text{Co})$. Calculer a_0 .
- 8) Déduire la valeur de N_0 , le nombre initial de noyaux de cobalt 60 dans l'échantillon à $t = 0$.
- 9) Déterminer la durée t nécessaire pour que l'hôpital soit approvisionné en un nouvel échantillon de $^{60}_{27}\text{Co}$.

Données : $M(\text{Co}) = 60 \text{ g/mol}$; $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Exercice 5

Les géologues et les archéologues utilisent différentes techniques pour déterminer l'âge des fossiles et des roches, comme la radioactivité. Le carbone 14 ($^{14}_6\text{C}$) est un nucléide radioactif de type β^- , et qui a une demi-vie de 5600 ans, ce nucléide est utilisé pour déterminer l'âge des fossiles. La proportion de carbone 14 reste constante dans les êtres vivants, mais après leur mort, cette proportion diminue en raison de sa désintégration et de son absence de remplacement.

Un échantillon de bois provenant de l'épave d'un navire, trouvé près d'une côte, a été prélevé. L'activité mesurée à l'instant t a une valeur de 21,8Bq, la même mesure a été effectuée sur un morceau de bois récent du même type, ayant la même masse que l'échantillon ancien, et la valeur mesurée était de 28,7Bq.

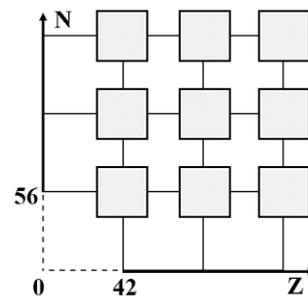
- 1) Donner la composition du noyau du carbone 14, puis écrire l'équation de sa désintégration, sachant que le noyau produit est de l'azote ($^{14}_7\text{N}$).
- 2) En utilisant la loi de décroissance radioactive, montrer que $t_{1/2} = \ln 2 / \lambda$.
- 3) Déterminer la constante de désintégration λ en (ans^{-1}) et (s^{-1}), puis déduire la valeur de la constante τ .
- 4) Calculer le nombre initial de noyaux radioactifs N_0 dans l'échantillon de référence, ainsi que le nombre de noyaux restants N de carbone 14 dans l'échantillon ancien.
- 5) Déterminer en années (ans) l'âge du navire, puis en quelle année il a coulé, sachant que les mesures ont été effectuées en 2023.

Exercice 6

La radiographie osseuse permet d'examiner les os et les articulations, permettant ainsi de diagnostiquer et de suivre les différents types de maladies osseuses. A cet effet, le corps du patient est injecté par voie intraveineuse avec une quantité de technétium radioactif 99 qui est capté par les os. Après au moins quatre heures, on obtient des images des os à l'aide d'une caméra spéciale "gamma-caméra" et ainsi les

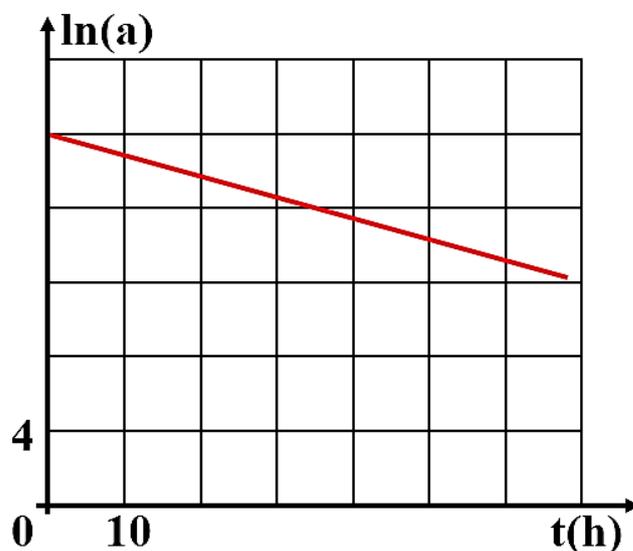
positions de mal (fractures, inflammations, tumeurs...). Le technétium $^{99}_{43}\text{Tc}$ résulte par la désintégration du molybdène $^{99}_{42}\text{Mo}$.

- 1) Écrire l'équation de désintégration en précisant le type de radioactivité, puis le représenter dans le diagramme de Segrè ci-dessous.



- 2) Donner une explication microscopique de ce qui se passe au niveau du noyau, à l'aide d'une équation explicative.

A l'instant $t = 0$, on injecte à un patient un échantillon de Technétium 99 (^{99}Tc) dont la radioactivité initiale dans le corps de ce patient est a_0 , la courbe ci-contre représente les évolutions de $\ln(a)$ en fonction du temps [$\ln(a) = f(t)$], avec « a » l'activité de l'échantillon de Technétium 99 à l'instant t en (Bq).



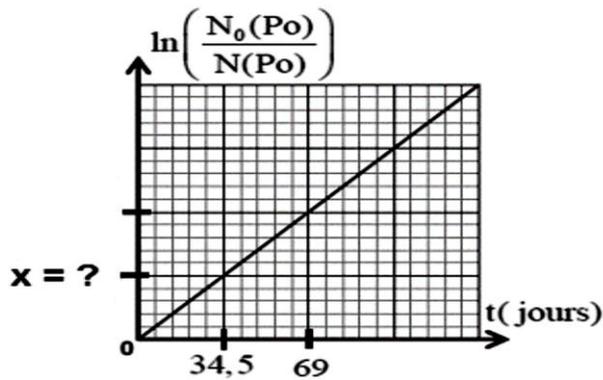
- 3) Donner l'expression de l'activité d'un échantillon $a(t)$, puis déduire l'expression de $\ln(a)$ en fonction de a_0 , t et la constante λ .
- 4) A l'aide de la courbe, déterminer la demi-vie $t_{1/2}$ du technétium 99, l'activité initial a_0 de l'échantillon, puis le nombre de noyaux initiaux N_0 injectés au patient.
- 5) Le traitement du patient se termine lorsque la radioactivité a devient égale à 62 % de sa valeur initiale. Sachant que le patient a reçu une injection de Technétium 99 à 9h00 du matin déterminer l'instant t de fin de traitement en indiquant l'heure correspondante (hh:min:ss).

Exercice 7

Le noyau de polonium $^{210}_{84}\text{Po}$ se désintègre spontanément pour se transformer en un noyau de plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$ avec émission d'une particule particulière.

- 1) Cette désintégration est-elle naturelle ou provoquée ? Écrire son équation.
- 2) Soient $N_0(\text{Po})$ le nombre de noyaux de polonium dans un échantillon à l'instant de date $t=0$ et $N(\text{Po})$ le nombre de noyaux restant dans le même échantillon à un instant de date t . On désigne par N_D le nombre de noyaux de polonium désintégrés à l'instant de date $t=6 \cdot t_{1/2}$. Déterminer N_D en fonction de $N_0(\text{Po})$.

- 3) La courbe ci-dessous représente les variations de $\ln[N_0(\text{Po})/N(\text{Po})]$ en fonction du temps. A l'aide de cette courbe, déterminer la valeur de x sachant que la demi-vie du polonium vaut 138 j.



- 4) Sachant que l'échantillon ne contient pas du plomb à $t=0$, déterminer, l'instant t_1 pour lequel $N(\text{Pb})/N(\text{Po})=2/5$, où $N(\text{Pb})$ est le nombre de noyaux de Plomb formés à cet instant.

Exercice 8

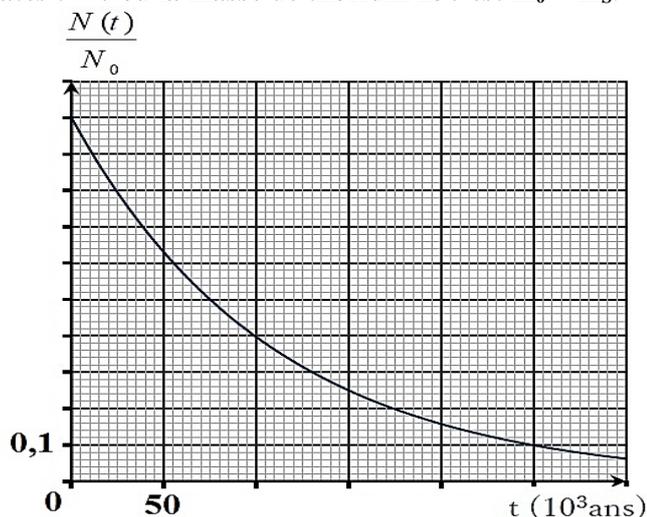
Le thorium 230 est utilisé dans la datation de certaines couches marines en raison de sa radioactivité car un noyau de thorium ${}^{230}_{90}\text{Th}$ génère un noyau de radium ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.

- 1) Donner la composition de noyau de Thorium 230 et radium 226.
- 2) Ecrire l'équation de désintégration. Quelle est la nature de cette radioactivité ?

On appelle $N(t)$ le nombre de noyaux de thorium 230 présents dans un échantillon de corail à l'instant t , et on appelle N_0 le nombre de ces noyaux à $t=0$. Le graphe ci-contre représente l'évolution du rapport $\frac{N(t)}{N_0}$ en fonction du temps.

- 3) Trouver la demi-vie $t_{1/2}$ de Thorium 230.

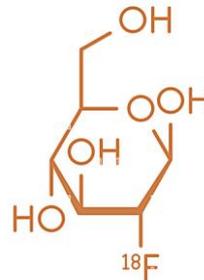
Le graphe ci-dessous est utilisé pour dater un événement de dépôt marin spécifique. On prélève un échantillon au fond de l'océan a la forme d'un cylindre de hauteur h . l'analyse d'une partie de masse m prélevée sur la base supérieure de cet échantillon montre qu'il contient la masse $m_s = 30\mu\text{g}$ de thorium 230, et l'analyse d'une partie de même masse prélevée sur la base inférieure montre qu'il contient une masse de $m_p = 1,2\mu\text{g}$ de thorium 230. On prend l'origine des dates $t = 0$ où la masse de thorium 230 est $m_0 = m_s$.



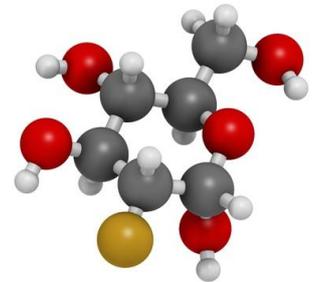
- 4) Montrer que la loi de décroissance radioactive s'écrit sous la forme suivante : $m(t) = m_0.e^{-\lambda t}$.
- 5) Trouver en années l'âge de la partie prélevée sur la base inférieure de l'échantillon

Exercice 9

Plusieurs méthodes sont utilisées pour le diagnostic de cancer, dont l'imagerie médicale, qui repose sur le suivi de molécules de glucose (Fluideoxyglucose) dans lesquelles un groupe chimique (-OH) a été remplacé par un atome de fluor (${}^{18}_9\text{F}$) radioactif.



fluideoxyglucose (${}^{18}\text{F}$)



Le glucose se concentre dans les cellules cancéreuses qui en consomment une grande quantité. Le noyau du fluor 18 a une demi-vie de $t_{1/2}=110$ minutes.

La dose est préparée au moment approprié pour être injectée au patient, de sorte que l'activité de l'échantillon au moment de l'injection soit $a_1=2.6 \times 10^8 \text{Bq}$.

Le noyau du fluor 18 se désintègre en un noyau d'oxygène 18 (${}^{18}_8\text{O}$).

- 1) En physique nucléaire, on utilise le symbole (${}^A_Z\text{X}$), que représente X, A et Z.
- 2) Donner la composition du noyau du fluor 18.
- 3) Ecrire l'équation de désintégration nucléaire du fluor 18, et identifier le type de cette désintégration.
- 4) Trouver l'expression de la demi-vie $t_{1/2}$ en fonction de λ (la démonstration). Ensuite, calculer la valeur de λ , la constante radioactive du fluor 18.
- 5) Calculer τ , la constante de temps pour un échantillon radioactif de fluor 18. Ensuite, déduire la durée approximative Δt nécessaire pour que l'échantillon se désintègre complètement.

Les techniciens en imagerie médicale ont préparé la dose (l'échantillon) contenant du fluor 18 à "8h00" du matin pour l'injecter au patient à "9h00" du matin.

- 6) Déterminer N_1 , le nombre de noyaux de fluor 18 présents dans la dose au moment de l'injection.
- 7) Déduire N_0 , le nombre de noyaux de fluor 18 présents dans la dose au moment de sa préparation.
- 8) Combien de temps faut-il pour que l'activité de l'échantillon devienne égale à 1% de l'activité qu'elle avait à 9h00 ?
- 9) Déterminer l'heure à laquelle l'activité de l'échantillon devient égale à 1% de l'activité qu'elle avait à 9h00.