Nelle Calédonie 2004 - Deux isotopes de l'iode pour étudier la thyroïde (4 pts)

La glande thyroïde produit des hormones essentielles à différentes fonctions de l'organisme à partir de l'iode alimentaire. Pour vérifier la forme ou le fonctionnement de cette glande, on procède à une scintigraphie thyroïdienne en utilisant les isotopes 131 ($^{131}_{53}I$) ou 123 ($^{123}_{53}I$) de l'iode.

Pour cette scintigraphie, un patient ingère une masse m = 1,00 µg de l'isotope $^{131}_{53}I$.

Données:

Constante d'Avogadro: $6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}   *Masse molaire atomique de l'isotope $^{131}_{53}I$:*   *$M = 131$ g.mol^{-1}*

1. Donner la composition du noyau de l'isotope $^{131}_{53}I$. 53p$^+$ et 78n

2. Montrer que le nombre d'atomes radioactifs (donc de noyaux radioactifs) initialement présents dans la dose ingérée est égal à $4{,}60 \times 10^{15}$ atomes. *Ce nombre sera noté N_0 pour la suite de l'exercice.* *L'instant de l'ingestion est pris pour origine des dates (t = 0 s).*

n_0 (en mol) = $\frac{m}{M}$ et nbr noyaux = nb atomes = $n \times N_A$ ⇒ $N_0 = \frac{m}{M} \times N_A = \frac{1.10^{-6} \times 6{,}02.10^{23}}{131}$ $= 4{,}60.10^{15}$ noy.

3. *L'isotope $^{131}_{53}I$ est radioactif β^-.* Après avoir précisé les lois de conservation utilisées, écrire l'équation de sa désintégration.

On admettra que le noyau fils n'est pas produit dans un état excité. On donne quelques symboles d'éléments chimiques:

antimoine	tellure	iode	xénon	césium
$_{51}Sb$	$_{52}Te$	$_{53}I$	$_{54}Xe$	$_{55}Cs$

$^{131}_{53}I \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{131}_{54}Xe$

4. *La demi-vie de l'isotope $^{131}_{53}I$ vaut 8,0 jours.*

4.1. Rappeler la loi de décroissance radioactive en faisant intervenir N_0 et la constante radioactive λ : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

4.2. Demi-vie d'un échantillon radioactif.

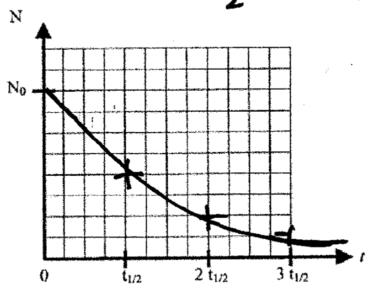
4.2.1. Définir la demi-vie ($t_{1/2}$) d'un échantillon radioactif.

Durée au bout de laquelle le nbr de noyaux radioactifs a diminué de moitié

4.2.2. En déduire la relation $\ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2}$.

$N_{t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \rightarrow \frac{N_{t_{1/2}}}{N_0} = \frac{1}{2}$ or $\frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N_{t_{1/2}}}{N_0} = e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$

$\Rightarrow e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$ ou $e^{+\lambda t_{1/2}} = 2 \rightarrow \ln(e^{\lambda t_{1/2}}) = \ln 2 \rightarrow \lambda t_{1/2} = \ln 2$



4.3. Tracer, sur la figure ci-contre dessous, l'allure de la courbe correspondant à l'évolution au cours du temps du nombre de noyaux radioactifs dans l'échantillon, en justifiant le raisonnement utilisé. On placera correctement les points correspondant aux instants de $t_{1/2}$, $2\,t_{1/2}$ et $3\,t_{1/2}$.

A t_0 : N_0 noyaux

à $t_{1/2} \rightarrow \frac{N_0}{2}$ à $2t_{1/2} \rightarrow \frac{N_0}{4}$ à $3t_{1/2} \Rightarrow \frac{N_0}{8}$

5. *On rappelle que l'activité A(t), à l'instant de date t, d'un échantillon de noyaux radioactifs est définie par* $A(t) = \left|\frac{dN(t)}{dt}\right|$

5.1. A partir de la loi de décroissance radioactive montrer que l'activité de l'échantillon $^{131}_{53}I$ à l'instant de date t est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs à cet instant.

$\frac{dN_t}{dt} = \frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt} = N_0.(-\lambda)e^{-\lambda t} = -\lambda.N_0 e^{-\lambda t} = -\lambda N_{(t)}$

$\rightarrow A_t = \left|\frac{dN_t}{dt}\right| = \boxed{\lambda N(t) = A_t}$ rq : $(e^{ax})' = a.e^{ax}$

5.2. En déduire l'expression littérale de l'activité A_0 de l'échantillon à l'origine des dates, en fonction de N_0 et $t_{1/2}$. Calculer sa valeur numérique, exprimée dans le système international.

$\Rightarrow \underset{\text{à } t=0}{A_0} = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} . N_0 = \frac{\ln 2}{8{,}0 \times 24 \times 3600} . 4{,}60.10^{15} = 4{,}6.10^{9}$ Bq

5.3. Calculer, dans le système international, l'activité A de l'échantillon d'isotope ${}^{131}_{53}I$ à l'instant de l'examen, sachant qu'en général l'examen est pratiqué quatre heures après l'ingestion de l'iode radioactif ${}^{131}_{53}I$.

$$A_{(4h)} = A_0\, e^{-\lambda . t} = 4,6\,10^9 \times e^{-\left(\frac{\ln 2}{8,0\times 24 \times \cancel{3600}} \times 4 \times \cancel{3600}\right)} = 4,5\,10^9 \text{ Bq}$$

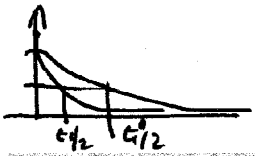
(Rq : valeur exacte ds la calculatrice)

5.4. En déduire la perte relative d'activité $\frac{|\Delta A|}{A_0} = \frac{|A(t) - A_0|}{A_0}$ entre les deux instants évoqués. (exprimée en pourcentage.)

$$\frac{(4,6 - 4,5)\,10^9}{4,6\,10^9} = 0,02 \quad (2\%)$$

6. *La demi-vie de l'isotope ${}^{123}_{53}I$ de l'iode est 13,2 heures. On considère maintenant que le patient ingère une quantité d'isotope ${}^{123}_{53}I$ telle que l'activité initiale de cet isotope soit la même que celle de l'isotope ${}^{131}_{53}I$ trouvé à la question 5.2.*

L'activité A (valeur calculée à la question 5.3.) sera-t-elle atteinte après une durée identique, plus petite ou plus grande qu'avec l'isotope ${}^{131}_{53}I$ de l'iode? Justifier. Une méthode graphique peut être utilisée.



Si la demi-vie est + courte une activité donnée est + vite atteinte
13,2 h pour ^{123}I : + courte → décroit. + rapide

09/2005 Polynésie - LE POLONIUM (4 points)

Le Polonium est un élément métallique radioactif rare de symbole Po. Son numéro atomique est 84. Il a été trouvé dans un minerai, la pechblende, en 1898, par le chimiste français Pierre Curie, qui lui donna le nom de la patrie d'origine de son épouse : la Pologne. Le Polonium 210 est le seul isotope que l'on trouve dans la nature. La plupart des isotopes du Polonium se désintègrent en émettant des particules alpha. L'élément constitue donc une source de radiations alpha (α).

(d'après http://www.ac-creteil.fr).

Les notations α et ${}^{4}_{2}He$ sont équivalentes. On donne un extrait de la classification périodique des éléments :

Symbole	Th	Pb	Bi	Po	At
N° atomique	81	82	83	84	85

I - Première Partie :

1. Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

Un noyau instable qui va se désintégrer naturellement

2. Quelle est la composition du noyau de Polonium 210 ? 84 protons et 126 neutrons

3. Écrire l'équation traduisant la désintégration de ce noyau, en indiquant les lois de conservation à respecter.

$${}^{126}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{122}_{82}Pb$$

Conservation de la charge (Z) et de la masse (A)

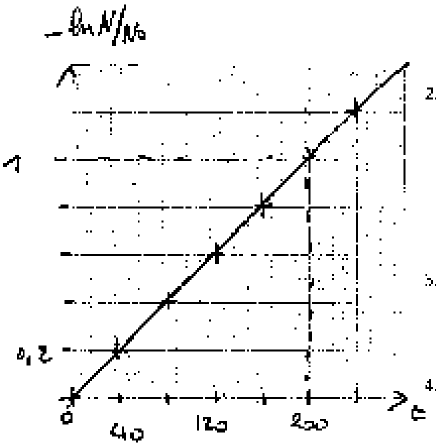
II - Deuxième partie :

Soit N(t) le nombre de noyaux radioactifs d'un échantillon de Polonium, non désintégrés à la date t. A t = 0 on note N_0 le nombre de noyaux radioactifs initial. Un détecteur de radioactivité α associé à un compteur à affichage numérique permet d'effectuer les mesures regroupées dans le tableau ci-dessous :

t (jours)	0	40	80	120	160	200	240
$N(t)/N_0$	1	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30
$-\ln[N(t)/N_0]$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2

1. Compléter la ligne 3 du tableau

Sur une feuille de papier millimétré, tracer la courbe $-\ln[N(t)/N_0]=f(t)$ en respectant l'échelle : En abscisse : 1 cm représente 40 jours En ordonnées : 1 cm représente 0,2.



2. Rappeler la loi de décroissance du nombre de noyaux non désintégrés d'un échantillon contenant initialement N_0 noyaux. Est-elle en accord avec la représentation graphique précédente ? Justifier la réponse.

$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \rightarrow N/N_0 = e^{-\lambda t}$

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

$\Leftrightarrow$ droite de la forme $y = a\,x$

3. Calculer la pente du graphe et déterminer λ constante de radioactivité caractéristique de l'isotope 210 du Polonium. Quelle est l'unité de λ ?

$\lambda = \text{coeff dir}(a) = \frac{1-0}{200-0} = 5.10^{-3}$ j^{-1}

4. En déduire la constante de temps τ. Quelle est son unité ? Donner l'expression de la durée de demi-vie de l'échantillon notée $t_{1/2}$ et la calculer.

$\tau = \frac{1}{\lambda} = 200$ j et $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{5.10^{-3}} = 140$ j

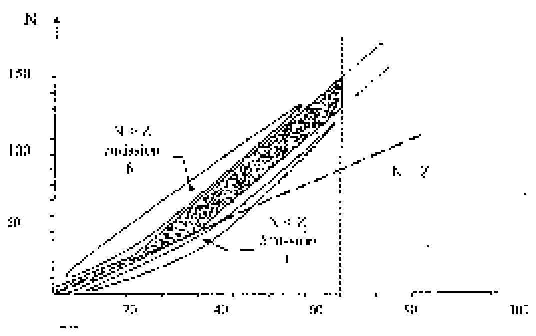
Réunion 2003. Radioactivité et datation au carbone 14 (4 points)

Calculatrice interdite *La radioactivité naturelle (qui concerne les nucléides existant naturellement dans la nature) fut découverte en 1896, de manière fortuite, par Henri Becquerel (physicien français 1852 - 1908). Le signe le plus perceptible de la radioactivité est l'existence d'un rayonnement émis par les atomes de certains nucléides et dont l'origine se situe au niveau de leur noyau qui est instable. On observe ainsi, par exemple, les rayonnements (au nom de radioactivité) β (bêta+ ou bêta-), qui s'accompagnent souvent d'émission γ (gamma), radiation électromagnétique de même nature que la lumière, provenant du retour à l'état fondamental d'un noyau fils suite à la transmutation d'un noyau père radioactif.*

1. Équation de désintégration nucléaire, diagramme (Z, N)

1.1. Parmi les 3 types de radioactivité étudiés en classe de terminale, citer celle qui n'a pas été évoquée dans le texte plus haut. Donner la composition de la particule émise lors de cette radioactivité.

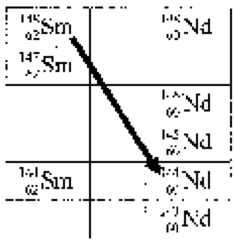
Le diagramme ci-dessous est un diagramme (Z, N) très simplifié et schématique



1.2 Que représente la zone grisée dans le diagramme (Z, N).

vallée de stabilité

1.3 Soit la réaction nucléaire de transmutation indiquée par la flèche ci-contre entre un noyau père et son noyau fils.



1.3.1 Sachant qu'une seule particule est émise en plus du noyau fils, écrire cette réaction de désintégration nucléaire en indiquant les deux lois de conservation (lois de Soddy) qui régissent toute réaction nucléaire.

$^{148}_{62}Sm \rightarrow {}^{144}_{60}Nd + {}^{4}_{2}He$

conservations charge (Z) et masse (m)

1.3.2 Quel type de radioactivité concerne la réaction précédente (celle du 1.3.1) ? α

De toutes les méthodes radio chronologiques (basées sur la loi statistique de Curie Rutherford Soddy ou loi de décroissance radioactive), celle de la datation du carbone 14 est la plus connue. Dans la haute atmosphère, soumis au RCG (rayonnement cosmique galactique constitué de protons), des neutrons secondaires interagissent avec des noyaux d'azote 14. Cette réaction forme un isotope $^{A}_{Z}X$ du carbone : le fameux carbone 14. Immédiatement formé, le carbone 14 s'oxyde en se combinant à l'oxygène pour former du dioxyde de carbone qui se mélange avec le reste de l'atmosphère. Or le carbone 14 est radioactif. Williard Frank Libby (physicien et chimiste américain 1908 - 1980) a montré que la teneur en carbone 14 est constante dans le monde (dans l'atmosphère comme dans chaque organisme vivant). Cela est dû à un équilibre entre la désintégration et la production de carbone 14. Chaque gramme de carbone contient des atomes de carbone 14. On enregistre en moyenne 13,5 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Lorsqu'un arbre, par exemple, est abattu, le bois cesse de vivre, le processus de photosynthèse s'arrête et il n'y a plus absorption de dioxyde de carbone. Le carbone 14 est alors libre de se désintégrer sans compensation. On peut donc dater l'âge de la mort de l'organisme (au moment où cesse tout échange de CO_2 avec l'atmosphère).

Données : Z (C) = 6, Z (N) = 7.

2 Formation du carbone 14 dans la haute atmosphère

2.1 L'azote 14 et le carbone 14 sont-ils isotopes? Justifier non Azote (Z = 7) Carbone (Z = 6)

2.2 Dans la haute atmosphère, l'équation de la réaction qui a lieu entre un neutron secondaire et un noyau d'azote 14 s'écrit :
$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{A}_{Z}X + ^{1}_{1}p$. Vérifier, en justifiant avec les lois de conservation, que $^{A}_{Z}X$ est bien du carbone 14.

$7 + 0 = Z + 1 \longrightarrow Z = 6$
$14 + 1 = A + 1 \longrightarrow A = 14$ } $^{14}_{6}C$ ($Z = 6 \rightarrow$ Élément C)

3. Décroissance du carbone 14

L'étude de l'évolution de la population moyenne d'un ensemble de noyaux radioactifs permet d'écrire : $\Delta N = -\lambda N \Delta t$ où N est le nombre de noyaux à la date t et ΔN est la variation du nombre de noyaux pendant la durée Δt (entre t et $t + \Delta t$). Cette relation conduit à la loi de décroissance radioactive $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$ dans laquelle N_0 est le nombre de noyaux à la date $t = 0$.

3.1 Dans l'expression de la loi de décroissance radioactive, comment se nomme λ ? constante radioactive

3.2 *D'après les travaux de Libby, la demi-vie ou période $t_{1/2}$ du carbone 14 est $t_{1/2} = 5730$ ans.*

3.2.1 Donner la définition de la demi-vie ou période $t_{1/2}$ du carbone 14. $t_{1/2}$: le nbre de noyaux rad. à $\frac{1}{2}$.

3.2.2 En utilisant la loi de décroissance radioactive et en s'aidant de la définition de la demi-vie demandée au 3.2.1, montrer que λ est lié à la demi-vie $t_{1/2}$ par la relation $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \longrightarrow N(t_{1/2}) = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \longrightarrow \frac{N_0}{N(t)} = \frac{1}{e^{-\lambda t_{1/2}}} = e^{\lambda t_{1/2}}$

et $\frac{N_0}{N(t)} = 2$ (défini) $\Longrightarrow e^{\lambda t_{1/2}} = 2 \Longrightarrow \lambda t_{1/2} = \ln 2$

3.2.3 Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de λ.

$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ $[\lambda] = \frac{\text{ss unité}}{s} \longrightarrow (\lambda \text{ en } s^{-1})$

3.3 On rappelle que l'activité A d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations par seconde. À partir de cette définition, montrer que l'activité A à l'instant t et le nombre N de noyaux présents dans l'échantillon à l'instant t sont liés par la relation : $A = \lambda N$.

$A = \left|\frac{\Delta N}{\Delta t}\right| = \frac{\lambda . N . \Delta t}{\Delta t} = \lambda N$ ou $A = \left|\frac{dN_t}{dt}\right| = \left|\frac{d}{dt} N_0 e^{-\lambda t}\right| = \left|-\lambda N_0 e^{-\lambda t}\right| = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda N_t$

3.4 En utilisant l'expression obtenue au 3.3, calculer, en faisant apparaître l'application numérique, le nombre N d'atomes de carbone 14 dans 1 g de carbone tel que $A = 13,5$ désintégrations par minute pour ce gramme de carbone.

Données : 1 an = $5,26 \times 10^5$ min = $60 \times 5,26 \times 10^5$ s ; $\frac{\ln 2}{5730} = 1,209 \times 10^{-4}$; $\frac{5730}{\ln 2} = 8267$; $\frac{13,5 \times 5,26 \times 10^5}{1,209 \times 10^{-4}} = 5,88 \times 10^{10}$; $\frac{13,5 \times 5,26 \times 10^5}{8267} = 858,9$; $\frac{5,26 \times 10^5}{8267 \times 13,5} = 4,713$; $\boxed{13,5 \times 8267 \times 5,26 \times 10^5 = 5,88 \times 10^{10}}$

$A = \lambda . N(t) \longrightarrow N(t) = \frac{1}{\lambda} \times A = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times A$

$N(t) = \frac{5730}{\ln 2} \times 5,26 \cdot 10^5 \text{ (min)} \times 13,5 \text{ (dés/min)} = \boxed{8267 \times 5,26 \cdot 10^5 \times 13,5} = 5,88 \cdot 10^{10}$ noy.

4. Datation au carbone 14

La loi de décroissance radioactive concernant le carbone 14 peut également s'écrire en fonction de son activité : $A = A_0 \times e^{-\lambda t}$ avec A_0 = activité initiale du carbone 14 (par exemple 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 Hemaka à Sakara fournit une activité au moment de la mesure telle que A = 6,68 désintégrations par minute et par gramme de carbone alors que A_0 = 13,5 désintégrations par minute et par gramme de carbone.

4.1 Démontrer que l'expression de l'âge t de la mort d'un organisme s'écrit : $t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$ avec $t_{1/2} = 5730$ ans.

$\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t} \longrightarrow \frac{A_0}{A} = \frac{1}{e^{-\lambda t}} = e^{\lambda t} \longrightarrow \ln\frac{A_0}{A} = \lambda t \longrightarrow t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$

4.2 Calculer, en faisant apparaître l'application numérique, l'âge t de la tombe de ce vizir de la première dynastie des pharaons.

<u>**Données :**</u> $\frac{5730}{\ln 2}\times\ln\left(\frac{6,68}{13,5}\right) = -5816$; $\frac{5730}{\ln 2}\times\ln\left(\frac{13,5}{6,68}\right) = 5816$; $\frac{\ln 2}{5730}\times\ln\left(\frac{6,68}{13,5}\right) = -8,511\times10^{-5}$; $\frac{\ln 2}{5730}\times\ln\left(\frac{13,5}{6,68}\right) = 8,511\times10^{-5}$

$$t = \frac{5730\,(\text{ans})}{\ln 2}\times\ln\left(\frac{13,5\ \text{des/min}}{6,68\ \text{des/min}}\right) = 5816\ \text{ans}$$

MAROC 2004 - calculatrice autorisée - DATATION AU CARBONE 14

(fin de l'exercice)

Dans le cycle du carbone, l'élément carbone est présent sous forme de :

- Deux isotopes stables : le carbone 12 (majoritaire), le carbone 13 (minoritaire)
- Un isotope instable : le carbone 14 (très minoritaire)

Le temps de demi-vie du carbone 14 est de l'ordre de 5570 ans. Il est continuellement produit dans la haute atmosphère grâce à des réactions nucléaires entre les noyaux des atomes d'azote 14 de l'air et des neutrons d'origine cosmique. Ces réactions maintiennent une teneur constante en carbone 14 dans l'atmosphère.
Le carbone 14 formé réagit rapidement avec le dioxygène de l'air pour former du dioxyde de carbone, CO_2.
Tous les organismes vivants échangent du dioxyde de carbone avec l'atmosphère par la respiration et l'alimentation. Ils fixent le carbone 14 dans leurs tissus jusqu'à leur mort, à une teneur égale à celle de l'atmosphère. Après la mort, l'absorption et le rejet de dioxyde de carbone s'arrêtent.

<u>*Données :*</u>

Carbone 12 : $^{12}_{6}C$ Carbone 13 : $^{13}_{6}C$ Azote 14 : $^{14}_{7}N$

On donne: $\ln 2 = 0,69$

<u>**4. Datation au carbone 14.**</u>

En 1983 fut découverte l'épave d'un drakkar dans la vase du port de Roskilde (à l'ouest de Copenhague).
Pour valider l'hypothèse indiquant que ce navire est d'origine viking, une datation au carbone 14 est réalisée sur un échantillon de bois prélevé sur sa coque.
L'activité A mesurée pour cet échantillon est de 12,0 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Or l'activité pour 1 gramme de carbone participant au cycle du dioxyde de carbone de l'atmosphère est égale à $A_0 = 13,6$ désintégrations par minute.

4.1. Justifier la variation d'activité d'un échantillon de bois au cours du temps.

L'arbre étant mort, il n'y a plus d'échanges avec l'atmosph, et le ^{14}C se désintègre

4.2. Sachant que la loi de décroissance de l'activité en fonction du temps s'écrit : $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$

4.2.1. Exprimer le temps t en fonction des autres grandeurs $A(t)$, A_0 et λ.

$$\ln\frac{A_t}{A_0} = \ln(e^{-\lambda t}) \Rightarrow -\lambda t = \ln\frac{A_t}{A_0} \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda}\ln\frac{A_t}{A_0} = +\frac{1}{\lambda}\ln\frac{A_0}{A_t}$$

4.2.2. Calculer t.

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{A_0}{A} = \frac{5570}{0,69}\ln\frac{13,6}{12} = 1010\ \text{ans}$$

4.2.3. Le temps t correspond au temps écoulé entre la date de fabrication du bateau et la date de découverte de l'épave. Déterminer l'année de construction du bateau ?

année construction = 1983 − 1010 = 973

4.2.4. La période Viking s'étend du VIIIème siècle au XIème siècle (entre 700 et 1000 ans). L'hypothèse faite précédemment est-elle vérifiée ?

700 < an 973 < 1000 OK

Datation des roches volcaniques

La méthode potassium argon permet de dater les roches et les minéraux dont la teneur en potassium est significative dans une gamme d'âges de trois milliards d'années à quelques dizaines de milliers d'années.
Les roches volcaniques contiennent du potassium dont l'isotope 40 est radioactif. Lors de sa désintégration, le potassium 40 se désintègre en argon 40 avec une demi-vie (ou période) $t_{1/2}$ de $1{,}4.10^{9}$ ans et une constante radioactive λ. L'argon est un gaz monoatomique qui est en général retenu par la roche.
Lors d'une éruption volcanique, la lave perd l'argon 40 (c'est le dégazage). À la date de l'éruption, la lave solidifiée ne contient donc plus d'argon. Au cours du temps, l'argon 40 s'accumule à nouveau dans la roche, alors que le potassium disparaît peu à peu.
On considère les masses des atomes de potassium 40 et d'argon 40 identiques.

1. Caractéristiques des noyaux

1.1. Qu'appelle-t-on deux noyaux isotopes ?
1.2. L'isotope 40 du potassium est noté $^{40}_{19}K$.
Comment appelle-t-on les nombres entiers positifs situés en indice et en exposant à gauche du symbole K ?
Quelles informations donnent-ils sur la composition du noyau de potassium ? Lequel caractérise l'élément chimique ?

2. Datation d'un échantillon de roche volcanique

L'analyse d'un échantillon de basalte, montre qu'il contient une masse m = 1,40 mg de potassium 40 et une masse m' = 0,20 mg d'argon 40. On prendra l'origine des dates au moment de l'éruption volcanique.

2.1. Écrire l'équation de la désintégration du potassium 40 envisageable sachant que le noyau d'argon obtenu $^{40}_{18}Ar$.

$^{40}_{19}K \longrightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^{0}_{1}e \quad (\beta^{+})$

2.2. Quelle était la masse m_0 de potassium 40 présent dans la roche à la date de l'éruption volcanique ? Justifier.

masse $^{40}K_{init}$? $N_{init}(^{40}K) = N_t(^{40}K) + N_t(^{40}Ar) \rightarrow n_{init}(^{40}K) = n_t(^{40}K) + n_t(^{40}Ar)$

$n_t(^{40}K) = \frac{1{,}40.10^{-3}}{40}$ mol
$n_{init}(^{40}K) = n_t + n_t$
$n_t(^{40}Ar) = \frac{0{,}20.10^{-3}}{40}$ mol

$= \frac{1{,}40.10^{-3} + 0{,}20.10^{-3}}{40} \rightarrow m_{init} = n \times 40 = 2{,}6.10^{-3}$ g

2.3. Soit N_0 le nombre de noyaux de potassium 40 présents dans la roche au moment de l'éruption et N(t), le nombre de noyaux de potassium 40 présent dans la roche à une date t. Exprimer N(t) en fonction de N_0 et de la constante radioactive λ.

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

2.4. À partir de la relation précédente établir la relation entre λ et la demi-vie $t_{1/2}$

$\frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_{t_{1/2}}}{N_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow e^{\lambda t_{1/2}} = 2 \Rightarrow \lambda t_{1/2} = \ln 2$

2.5. Exprimer l'âge t_1 de la roche en fonction de m0, m et $t_{1/2}$

t_1 ? $\frac{N_{t_1}}{N_0} = e^{-\lambda t_1} \Rightarrow \lambda t_1 = \ln\frac{N_0}{N_{t_1}} \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\lambda}\ln\frac{N_0}{N_{t_1}} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{N_0}{N_{t_1}}$

et $\frac{N_0}{N_{t_1}} = \frac{m_0}{m'}$

2.6. Estimer la valeur de t_1.

$\Rightarrow t_1 = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{m_0}{m'} = \frac{1{,}4.10^{9}}{\ln 2}\ln\frac{1{,}40}{0{,}20} = 3{,}93.10^{9}$ ans

Datation par la méthode du potassium-argon

Certaines roches volcaniques contiennent du potassium (symbole K) dont une partie est l'isotope 40 (Z=19 ; A=40) qui se désintègre en calcium ^{40}Ca et en un gaz inerte l'argon ^{40}Ar (Z=18).
La demi-vie du potassium 40 étant $1{,}25.10^{9}$ ans, la datation sera basée sur la proportion, dans la roche, du potassium et de l'argon. Cette méthode permet de dater l'ensemble des $4{,}6.10^{9}$ ans d'histoire de la terre.
Au moment de leur formation ces roches ne contiennent pas d'argon, puis le potassium 40 disparaît en même temps que l'argon apparaît. Pour dater la formation de cette roche, un géologue analyse un échantillon d'obsidienne et constate que les atomes d'argon y sont 2,5 fois moins nombreux que les atomes de potassium 40. *

1. Donner la composition des noyaux de potassium 40 et d'argon 40.
   - Écrire les équations de réactions nucléaires possible, en précisant les lois de conservation utilisées qui permettent à partir du potassium 40 de former l'argon 40 d'une part et le calcium 40 (Z=20) d'autre part.

$^{40}_{19}K$: 19 protons et 21 neutrons $^{40}_{18}Ar$: 18 protons et 22 neutrons

Datation des roches volcaniques

La méthode potassium argon permet de dater les roches et les minéraux dont la teneur en potassium est significative dans une gamme d'âges de trois milliards d'années à quelques dizaines de milliers d'années.
Les roches volcaniques contiennent du potassium dont l'isotope 40 est radioactif. Lors de sa désintégration, le potassium 40 se désintègre en argon 40 avec une demi-vie (ou période) $t_{1/2}$ de $1{,}4.10^{9}$ ans et une constante radioactive λ. L'argon est un gaz monoatomique qui est en général retenu par la roche.
Lors d'une éruption volcanique, la lave perd l'argon 40 (c'est le dégazage). À la date de l'éruption, la lave solidifiée ne contient donc plus d'argon. Au cours du temps, l'argon 40 s'accumule à nouveau dans la roche, alors que le potassium disparaît peu à peu.
On considère les masses des atomes de potassium 40 et d'argon 40 identiques.

1. Caractéristiques des noyaux

1.1. Qu'appelle-t-on deux noyaux isotopes ?
1.2. L'isotope 40 du potassium est noté $^{40}_{19}K$.
Comment appelle-t-on les nombres entiers positifs situés en indice et en exposant à gauche du symbole K ?
Quelles informations donnent-ils sur la composition du noyau de potassium ? Lequel caractérise l'élément chimique ?

2. Datation d'un échantillon de roche volcanique

L'analyse d'un échantillon de basalte, montre qu'il contient une masse m = 1,40 mg de potassium 40 et une masse m' = 0,20 mg d'argon 40. On prendra l'origine des dates au moment de l'éruption volcanique.

2.1. Écrire l'équation de la désintégration du potassium 40 envisageable sachant que le noyau d'argon est noté $^{40}_{18}Ar$.

$$^{40}_{19}K \longrightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^{0}_{1}e \quad (\beta^{+})$$

2.2. Quelle était la masse m_0 de potassium 40 présent dans la roche à la date de l'éruption volcanique ? Justifier.

masse $^{40}K_{init}$? $N_{init}(^{40}K) = N_t(^{40}K) + N'_t(^{40}Ar) \rightarrow n_{init}(^{40}K) = n_t(^{40}K) + n_t(^{40}Ar)$

$$n_t(^{40}K) = \frac{1{,}40.10^{-3}}{40}\,mol \qquad n_{init}(^{40}K) = n_t + n'_t$$

$$n_t(^{40}Ar) = \frac{0{,}20.10^{-3}}{40}\,mol \qquad = \frac{1{,}40.10^{-3} + 0{,}20.10^{-3}}{40} \rightarrow m_{init} = n \times 40 = 1{,}6.10^{-3}\,g$$

2.3. Soit N_0 le nombre de noyaux de potassium 40 présents dans la roche au moment de l'éruption et N(t), le nombre de noyaux de potassium 40 présent dans la roche à une date t. Exprimer N(t) en fonction de N_0 et de la constante radioactive λ.

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

2.4. À partir de la relation précédente établir la relation entre λ et la demi-vie $t_{1/2}$.

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_{t_{1/2}}}{N_0} = \frac{1}{2} \Rightarrow e^{\lambda t_{1/2}} = 2 \Rightarrow \lambda t_{1/2} = \ln 2$$

2.5. Exprimer l'âge t_1 de la roche en fonction de m0, m' et $t_{1/2}$.

$$t_1 \text{ ? } \quad \frac{N_{t_1}}{N_0} = e^{-\lambda t_1} \Rightarrow \lambda t_1 = \ln\frac{N_0}{N_{t_1}} \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\lambda}\ln\frac{N_0}{N_{t_1}} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{N_0}{N_{t_1}}$$

$$\text{et } \frac{N_0}{N_{t_1}} = \frac{m_0}{m'}$$

2.6. Estimer la valeur de t_1.

$$\Rightarrow t_1 = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{m_0}{m'} = \frac{1{,}4.10^{9}}{\ln 2}\ln\frac{1{,}40}{0{,}20} = 3{,}93.10^{9}\text{ ans}$$

Datation par la méthode du potassium-argon

Certaines roches volcaniques contiennent du potassium (symbole K) dont une partie est l'isotope 40 (Z=19 ; A=40) qui se désintègre en calcium ^{40}Ca et en un gaz inerte l'argon ^{40}Ar (Z=18).
La demi-vie du potassium 40 étant $1{,}25.10^{9}$ ans, la datation sera basée sur la proportion, dans la roche, du potassium et de l'argon. Cette méthode permet de dater l'ensemble des $4{,}6.10^{9}$ ans d'histoire de la terre.
Au moment de leur formation ces roches ne contiennent pas d'argon, puis le potassium 40 disparaît en même temps que l'argon apparaît. Pour dater la formation de cette roche, un géologue analyse un échantillon d'obsidienne et constate que les atomes d'argon y sont 2,5 fois moins nombreux que les atomes de potassium 40. *

1. Donner la composition des noyaux de potassium 40 et d'argon 40.
   - Écrire les équations de réactions nucléaires possibles, en précisant les lois de conservation utilisées qui permettent à partir du potassium 40 de former l'argon 40 d'une part et le calcium 40 (Z=20) d'autre part.

$^{40}_{19}K$: 19 protons et 21 neutrons $\quad ^{40}_{18}Ar$: 18 protons et 22 neutrons