

Exercice 1

L'injection intraveineuse d'une solution contenant le phosphore 32 radioactif permet dans certains cas le traitement de la multiplication anormale des globules rouges au niveau des cellules de la moelle osseuse.

Données : Les masses en unité atomique **u**

$$m({}^{32}_{15}\text{P}) = 31,9840\text{u} ; m(\beta^-) = 5,5 \cdot 10^{-4}\text{u} ; m({}^A_Z\text{Y}) = 31,9822\text{u} ; 1\text{MeV} = 1,6022 \times 10^{-13}\text{J} ; 1\text{u} = 931,5\text{MeV}/c^2$$

La demi-vie du nucléide phosphore : $m({}^{32}_{15}\text{P}) = 14,3 = t_{1/2}$ jours

1. L'activité radioactive du nucléide radioactif ${}^{32}_{15}\text{P}$

Le nucléide ${}^{32}_{15}\text{P}$ est radioactif β^- , sa désintégration donne naissance au nucléide ${}^A_Z\text{Y}$

1-1 écrire l'équation de la désintégration du nucléide de phosphore ${}^{32}_{15}\text{P}$ en précisant A et Z.

1-2 calculer en MeV la valeur absolue de l'énergie libérée lors de la désintégration du nucléide ${}^{32}_{15}\text{P}$.

2. L'injection intraveineuse au phosphore ${}^{32}_{15}\text{P}$

à l'instant $t=0$, on prépare un échantillon du phosphore ${}^{32}_{15}\text{P}$ dont l'activité radioactive est a_0

2-1 définir l'activité radioactive 1Bq.

2-2 à l'instant t_1 , on injecte à un patient une quantité d'une solution de phosphore ${}^{32}_{15}\text{P}$ dont l'activité radioactive est $a_1 = 2,5 \cdot 10^9\text{Bq}$.

a- Calculer en jour, la durée Δt nécessaire pour que l'activité nucléaire a_2 du phosphore ${}^{32}_{15}\text{P}$ soit égale à 20% de a_1 .

b- On note N_1 le nombre de nucléides du phosphore ${}^{32}_{15}\text{P}$ restant à l'instant t et on note N_2 le nombre nucléides restant à l'instant t_2 dont l'activité radioactive de l'échantillon est a_2 .

Trouver l'expression du nombre de nucléides désintégrés pendant la durée Δt en fonction de a_1 et $t_{1/2}$.

c- En déduire, en joule, la valeur absolue de l'énergie libérée pendant la durée Δt .

Un réacteur nucléaire fonctionne avec l'uranium enrichi qui est constitué de $p=3\%$ de ${}^{235}\text{U}$ fissible et $p'=97\%$ de ${}^{238}\text{U}$ non fissible.

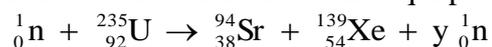
La production de l'énergie au sein de cette centrale nucléaire est basée sur la fission de l'uranium ${}^{235}\text{U}$ bombardé par des neutrons.

Donnés :

$$m({}^{140}_{54}\text{Xe}) = 139,8920\text{u} ; m({}^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,8945\text{u} ; m({}^{235}_{92}\text{U}) = 234,9935\text{u} ; m({}^1_0\text{n}) = 1,0087\text{u} ; \text{MeV} = 11,6 \cdot 10^{-13}\text{J} ;$$

$$1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg} = 931,5\text{MeV} \cdot c^{-2}$$

Parmi les réactions nucléaires qui peuvent se produire on observe la réaction d'équation :



1- Compléter l'équation en calculant x et y.

2- Calculer en joule (J) l'énergie $|\Delta E_0|$ libérée par la fission de $m_0 = 1\text{g}$ de ${}^{235}\text{U}$

3- Pour produire une quantité d'énergie électrique $W = 3,73 \cdot 10^{16}\text{J}$, un réacteur nucléaire de rendement $r = 25\%$ consomme une masse m de l'uranium enrichi.

Exprimer m en fonction de W , $|\Delta E_0|$, m_0 , r et p . Calculer m

4- Dans ce réacteur nucléaire se trouve aussi une faible quantité du nucléide ${}^{234}\text{U}$ qui est radioactif α .

La mesure de l'activité radioactive, à l'instant $t=0$, d'un échantillon de l'uranium ${}^{234}_{92}\text{U}$ a donné la valeur

$$a_0 = 5,4 \cdot 10^8\text{Bq} . \text{ Calculer la valeur de l'activité nucléaire de cet échantillon à l'instant } t = \frac{t_{1/2}}{4}$$

L'énergie solaire provient de la réaction de fusion des noyaux d'hydrogène. Les physiciens s'intéressent à produire l'énergie nucléaire à partir de la réaction de fusion des isotopes

d'hydrogène : deutérium ${}^2_1\text{H}$ et tritium ${}^3_1\text{H}$

Données : Les masses en unité u : $m({}^3_1\text{H}) = 3,01550\text{u}$; $m({}^2_1\text{H}) = 2,01355\text{u}$; $m({}^4_2\text{He}) = 4,00150\text{u}$;

$$m({}^1_0\text{n}) = 1,00866\text{u} ; 1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg} = 931,5\text{MeV} \cdot c^{-2}$$

1- la radioactivité β du tritium

Le nucléide tritium ${}^3_1\text{H}$ est radioactif β , sa désintégration donne lieu à un isotope de l'élément Hélium.

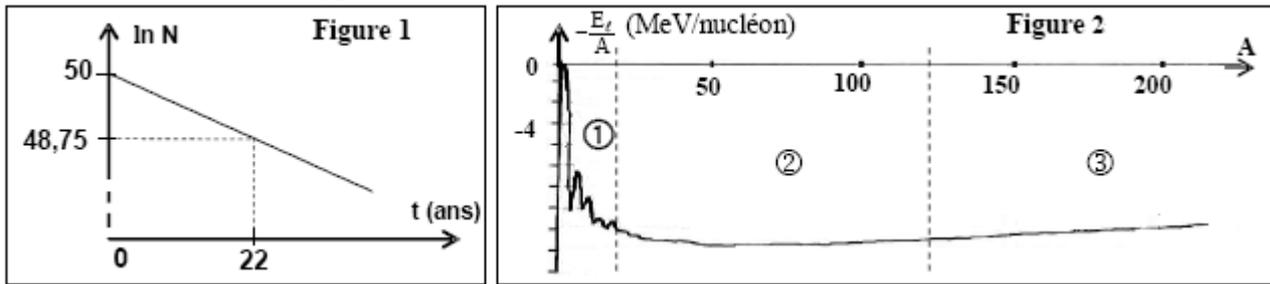
1.1- Ecrire l'équation de cette désintégration .

1.2- On dispose d'un échantillon radioactif du nucléide tritium ${}^3_1\text{H}$ contenant N_0 nucléides à l'instant $t=0$.

Soit N le nombre de nucléides tritium dans l'échantillon à l'instant t .

Le graphe de la figure 1 représente les variations de $\ln(N)$ en fonction du temps t .

Déterminer la demi-vie $t_{1/2}$ du tritium .

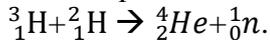


2- Fusion nucléaire

2.1- La courbe de la figure 2 représente les variations de l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de nucléons A .

Déterminer, parmi les intervalles ① , ② et ③ indiqués sur la figure 2, celui dans lequel les nucléides sont susceptibles de subir des réactions de fusion . Justifier la réponse .

2.2- L'équation de la réaction de fusion des noyaux de deutérium ${}^2_1\text{H}$ et de tritium ${}^3_1\text{H}$ s'écrit :



On peut extraire 33mg de deutérium à partir de 1,0L de l'eau de mer .

Calculer, en MeV la valeur absolue de l'énergie que l'on peut obtenir à partir de la réaction de fusion du tritium et du deutérium extrait de 1 m³ de l'eau de mer .

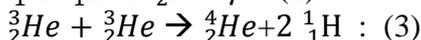
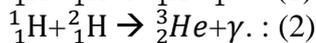
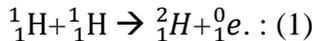
1- Donner une définition rapide des mots « fusion nucléaire » et « fission nucléaire ».

2- En considérant les charges des noyaux en cause dans le mécanisme de fusion, expliquer pourquoi ces réactions ne peuvent se produire qu'à très haute température ($2,1 \cdot 10^7$ °C). On parle alors de fusion thermonucléaire...

3- Les étoiles jeunes, comme le Soleil sont essentiellement constituées d'hydrogène.

Lorsque le cœur de l'étoile est à une température de l'ordre de 15 millions de K, les protons subissent des réactions de fusion

conduisant à la formation de noyaux d'hélium selon le processus en chaîne suivant :



3-1. A partir d'une combinaison des équations (1), (2) et (3), montrer que le bilan de la réaction de formation des noyaux d'hélium à partir de noyaux d'hydrogène s'écrit : $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_1\text{e} + 2 \gamma : (4)$

3-2. Calculer l'énergie libérée par la formation d'un noyau d'hélium puis de 1g d'hélium.

3-3. La puissance rayonnée par le Soleil est $3,9 \cdot 10^{26}$ W.

On suppose que toute l'énergie libérée par les réactions de fusion est transférée par rayonnement.

a. Calculer la masse d'hélium formée chaque seconde.

b. Calculer la perte de masse subie par le Soleil chaque seconde.

c. On considère que la masse de l'hydrogène ${}^1_1\text{H}$ représente 10% de la masse du soleil. Trouver, en ans, la durée nécessaire à la consommation de tout l'hydrogène présent dans le soleil.

données : La masse actuelle du Soleil est de l'ordre de $2 \cdot 10^{30}$ kg.

$m({}^1_1\text{H}) = 1,007 28 \text{ u}$; $m({}^4_2\text{He}) = 4,001 50 \text{ u}$; $m({}^0_1\text{e}) = 0,000 55 \text{ u}$;

Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,660 54 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

Toutes les plantes absorbent le carbone C qui se trouve dans l'atmosphère (${}^{12}\text{C}$ et ${}^{14}\text{C}$) à travers le dioxyde de

carbone de telle sorte que le rapport du nombre $N({}^{14}\text{C})$ des noyaux de carbone 14 à celui des noyaux du carbone $N(\text{C})$ dans les plantes reste constant durant leur vie : $\frac{N({}^{14}\text{C})_0}{N(\text{C})_0} = 1,2 \cdot 10^{-12}$

A partir de l'instant où la plante meurt, ce rapport commence à diminuer à cause de la désintégration du

carbone 14 qui est un isotope radioactif .

Données : Demi-vie du carbone 14 : $t_{1/2} = 5730$ ans ; $1\text{an} = 3,15 \cdot 10^7$ s .

Masse molaire du carbone : $M(\text{C}) = 12,0$ g.mol⁻¹ ;

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹ ;

Le noyau du carbone 14 est radioactif β^- , sa désintégration donne un noyau ${}^A_Z Y$.

La figure (1) donne une partie du diagramme de Segri (Z,N) .

1.1- Ecrire l'équation de la transformation nucléaire du carbone 14 en déterminant le noyau fils ${}^A_Z Y$.

1.2- La désintégration du noyau du carbone ${}^{14}_6\text{C}$ donne un noyau de bore ${}^{A'}_{Z'}\text{B}$.

Ecrire l'équation de cette transformation nucléaire en déterminant A' et Z' . A l'aide du diagramme énergétique représenté dans la figure (2) :

2.1- Trouver l'énergie de liaison par nucléon du noyau de carbone 14 .

2.2- Trouver la valeur absolue de l'énergie produite par la désintégration d'un noyau du carbone 14 .

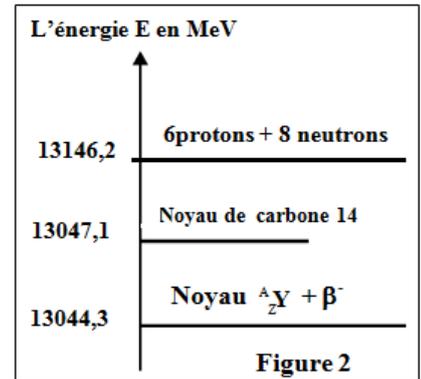
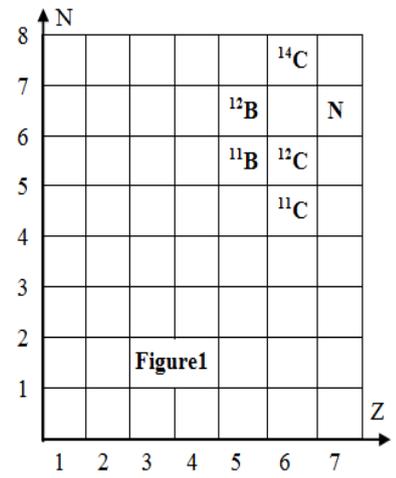
On veut déterminer l'âge d'un morceau de bois très ancien , pour cela on y prélève à un instant t un échantillon de masse $m = 0,295$ g , on trouve que cet échantillon donne 1,40 désintégrations par minute. On considère que ces désintégrations

proviennent uniquement du carbone 14 qui se trouve dans l'échantillon étudié.

On prélève d'un arbre vivant un morceau de même masse que l'échantillon précédent $m = 0,295$ g , on trouve que le pourcentage massique du carbone dans ce morceau est 51,2%

3.1- Calculer le nombre de noyaux du carbone C et le nombre de noyaux du carbone 14 dans le morceau qui a été prélevé de l'arbre vivant .

3.2- Déterminer l'âge du morceau de bois ancien .



L'acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ est connu sous le nom de la vitamine C.

On dissout une masse $m = 440$ mg de vitamine C dans l'eau distillée et on obtient une solution (S) de volume $v = 250$ mL et de concentration c_0 et de $\text{pH} = 3,1$.

1) Déterminer c_0 .

2) Écrire l'équation de la réaction de l'acide ascorbique avec l'eau .

3) Trouver l'expression du taux d'avancement final τ en fonction de c_0 et du pH . Calculer τ . Conclure.

4) Trouver l'expression de la constante d'équilibre en fonction de τ et de c_0 . La calculer .

5) On dilue la solution (S) 20 fois et on obtient une solution S_1 de concentration c_1 .

5.1/ Calculer c_1 .

5.2/ Calculer τ_1 la nouvelle valeur du taux d'avancement de la solution S_1 .

5.3/ Calculer pH_1 le nouveau pH . En déduire quel est l'effet de la dilution sur le taux d'avancement et sur le pH ?

On donne $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{O}) = 16$; $M(\text{C}) = 12$