

Devoir maison ***2BACSM***

Les transformations nucléaires

Exercice 1: ((6pts)) **Sous-Marin Nucléaire**

La propulsion nucléaire navale ou propulsion nucléaire maritime est un type de propulsion des navires, sous-marins et navires de surface, lesquels sont dans ce cas équipés d'un ou plusieurs réacteurs nucléaires produisant de la chaleur transformée en vapeur pour activer une turbine ou un ensemble électrique. Dans cet exercice on étudie Un sous-marin à propulsion nucléaire utilise comme combustible de l'uranium enrichi en isotope U(235;92)(Figure 1).



Figure 1

I - Fission de l'uranium 235 :

1. Donner la structure de ${}_{92}^{235}\text{U}$. (0,5pt)
2. Les noyaux d'uranium ${}_{92}^{235}\text{U}$ peuvent subir différentes fissions. La plus fréquente est donnée par l'équation suivante : ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \longrightarrow {}_{z-16}^A\text{Xe} + {}_z^{A+46}\text{Sr} + 2.{}_0^1\text{n}$.
 - 2.1 Déterminer A et Z. (0,5pt)
 - 2.2 Montrer que le défaut d'énergie de la réaction précédente s'écrit sous la forme : $\Delta E = E_1(\text{U}) - E_1(\text{Xe}) - E_1(\text{Sr})$ et déduire l'énergie libérée en MeV. (1p)

II - Réacteur à eau sous pression :

Le réacteur à eau pressurisée (acronyme REP), également appelé réacteur à eau sous pression ou PWR pour pressurized water reactor en anglais, Ce réacteur se compose de trois circuits, qui lui permettent d'utiliser l'énergie fournie par la fission des atomes d'uranium 235 faiblement enrichi contenus dans son « cœur nucléaire ». la proportion d'isotope U-235 fissile est $p=3,5\%$.

1. Montrer que le nombre du noyaux d'uranium 235 qui existent dans une masse m d'un échantillon de l'oxyde d'uranium faiblement enrichi est : $N(^{235}\text{U}) = \frac{m \cdot p}{(M(^{235}\text{U}) + (p^{-1} - 1) \cdot M(^{238}\text{U}))}$. (1pt)
2. Pour un réacteur de $P_{\text{elec}} = 1000\text{MW}$ par ans on a besoin de 30 tonnes d'uranium fissile ($p=3,5\%$). Calculer r le rendement. (0,5pt)
3. La réaction précédente s'accompagne de l'émission de 3 neutrons. on suppose que à chaque Δt (la durée entre deux fission successif) reste la même tant que la densité d'uranium 235 invariante dans le milieu réactif. Montrer par récurrence que la puissance entre $t=0\text{s}$ et $t_n = n \cdot \Delta t$ s'écrit sous forme : $P_n = P_0 \cdot \frac{(3^{n+1} - 1)}{2^n}$ et déduire l'expression de P_0 . (1.5pt)
4. Sachant que la $P_{\text{elec}} = 1000\text{MW}$ et le rendement de PWR est r . Calculer n et déduire Δt . (1pt)

Donnée : $\xi(\text{U}) = 7,5893$ Mev/nucléons ; $\xi(\text{Sr}) = 8,5296$ Mev/nucléons ; $\xi(\text{Xe}) = 8,3099$ Mev/nucléons

$1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{kg}$; $1\text{Mev} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{J}$; $1\text{an} = 365,25\text{jrs}$.

Exercice 2: ((6pts)) le potassium 40

Le potassium est présent dans la nature sous 3 formes : $^{39}_{19}\text{K}$ (93,26%) stable, $^{41}_{19}\text{K}$ (6,73%) stable et le $^{40}_{19}\text{K}$ (0,012%) radioactif. Le potassium 40 est le responsable de la majorité de la radioactivité du corps humain.

1. Comment nomme-t-on ces éléments chimiques de même numéro atomique ? (0,5pt)
2. Sachant que la masse de potassium dans le corps humain vaut environ $m=170\text{g}$, calculer le nombre d'atome de potassium radioactif N_{kradio} dans un corps humain ? (0,5pt)
3. Le potassium 40 se désintègre selon 2 manières : soit par désintégration β^- , soit par capture électronique.

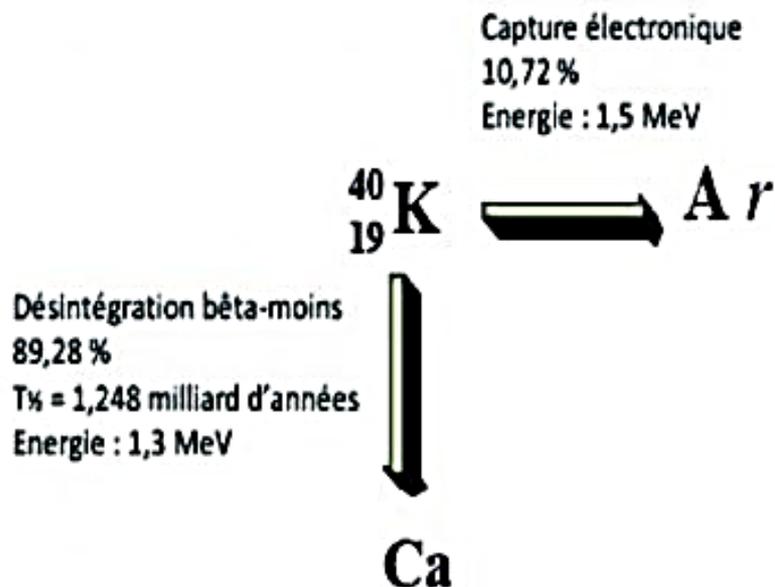


Figure 2

- 3.1 Déterminer les nombres A et Z du Calcium produit par la désintégration β^- . (0,5pt)
- 3.2 Déterminer les nombres A' et Z' de l'Argon produit par la captation électronique avec émission du rayonnement γ . (0,5pt)
- 3.3 La radioactivité β^- est absorbée par les tissus du corps humain; 5 mm de tissus (muscle, peau) diminue le rayonnement de moitié. On estime à 5000 Bq l'activité β^- du potassium.
- 3.3.1 Calculer l'activité encore présente après l'absorption par 2 cm de tissus humain. (0,75pt)
- 3.3.2 A 5 mm près, quelle épaisseur de peau absorbera 99 % des 5000 Bq ? (0,75pt)
- 3.4 les équations différentielles portant sur les nombres du noyaux c, $N_{Ar}(t)$ et $N_{Ca}(t)$ sont :

$$A. \frac{dN_K(t)}{dt} = -(\lambda_{\beta^-} + \lambda_{c.e.}) \cdot N_K(t).$$

$$C. \frac{dN_{Ca}(t)}{dt} = \lambda_{\beta^-} \cdot N_K(t).$$

$$B. \frac{dN_{Ar}(t)}{dt} = \lambda_{c.e.} \cdot N_K(t).$$

- 3.4.1 Déterminer d'après l'équation différentielle (A) le nombre de noyaux restants du potassium $N_K(t)$. (0,5pt)
- 3.4.2 D'après l'équation différentielle (B) montrer que le nombre de noyaux d'argon qui apparaît pendant une durée donnée s'écrit sous forme : $N_{Ar}(t) = \frac{\lambda_{c.e.} N_0}{(\lambda_{\beta^-} + \lambda_{c.e.})} (1 - e^{-(\lambda_{\beta^-} + \lambda_{c.e.})t})$. (0,75pt)
- 3.4.3 Une roche contient 5 % en masse de potassium. 0,0118 % de ce potassium est sous forme de potassium 40. Dans les conditions normales de pression et de température (CNTP), le volume d'argon mesuré dans l'échantillon est de $5,204 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3$. On rappelle que la masse molaire du potassium est de $40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et que le volume molaire des gaz parfaits dans les CNTP est de $22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$. Montrer que l'âge de cette roche s'écrit sous forme :

$$t = \frac{1}{(\lambda_{\beta^-} + \lambda_{c.e.})} \cdot \ln \left(\frac{V \cdot M}{V_m \cdot m} \cdot \frac{(\lambda_{\beta^-} + \lambda_{c.e.})}{\lambda_{c.e.}} + 1 \right)$$

Et calculer sa valeur. (1,25pt)

Donnée : $\lambda_{\beta^-} = 4,963 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$; $\lambda_{c.e.} = 5,810 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$.