DM2 : **Autour de l'énergie nucléaire**

1. Pour la radioactivité β^-, le noyau gagne une charge et forme du nickel : $\boxed{{}^{60}_{27}\mathrm{Co} = {}^{60}_{28}\mathrm{Ni} + \mathrm{e}^- + \overline{\nu_\mathrm{e}}.}$

   Pour la radioactivité β^+, le noyau perd une charge et forme de l'oxygène : $\boxed{{}^{18}_{9}\mathrm{F} = {}^{18}_{8}\mathrm{O} + \mathrm{e}^+ + \nu_\mathrm{e}.}$

   Pour la radioactivité α, le noyau perd deux charges et forme le thorium : $\boxed{{}^{238}_{92}\mathrm{U} = {}^{234}_{90}\mathrm{Th} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}.}$

2. On calcule la fraction : $\boxed{N = \dfrac{10^{-3}\ \mathrm{kg}}{m({}^{238}\mathrm{U}) \times 1\mathrm{u}}}\ \underline{= 2,53.10^{21}}.$

3. En secondes, $\underline{t_{1/2} = 4,5.10^9 \times 365 \times 3600 = 1,42.10^{17}\ \mathrm{s}}.$

   Au bout de cette durée, la moitié du gramme d'${}^{238}\mathrm{U}$, donc des N noyaux, aura été consommée. On en déduit l'activité $\boxed{A = \dfrac{N/2}{t_{1/2}}}\ \underline{= 8,9.10^3\ \mathrm{s}^{-1} = 8900\ \mathrm{Bq}.}$

4. La valeur obtenue ne correspond pas exactement à $12434\ \mathrm{Bq}$, mais l'ordre de grandeur est bon. En effet, nous avons effectué une approximation linéaire du comportement qui est en réalité exponentiel de la désintégration. Il faudrait prendre ne compte un facteur $\ln 2$ en plus, ce qui corrige le résultat.

5. De la question 1, on déduit $\boxed{\Delta m = m({}^{238}\mathrm{U}) - \left[\mathrm{m}({}^{234}\mathrm{Th}) + \mathrm{m}(\alpha)\right]}\ \underline{= 5,8.10^{-3}\ \mathrm{u}}.$

6. L'énergie libérée s'exprime $\boxed{E_\alpha = \Delta m c^2}\ \underline{= 8,64.10^{-13}\ \mathrm{J} = 5,39\ \mathrm{MeV}}.$

7. La puissance est le produit de l'activité par l'énergie libérée par désintégration : $\boxed{\mathcal{P} = A \times E_\alpha}\ \underline{= 7,65.10^{-9}\ \mathrm{W.g}^{-1}}.$
   Rapporté à une tonne ($1\ \mathrm{t} = 10^6\ \mathrm{g}$), on obtient une puissance de $\underline{7,65.10^{-3}\ \mathrm{W} = 7,65\ \mathrm{mW}}.$

   Le résultat obtenu est dix fois plus faible que celui proposé, mais on ne considère qu'une seule désintégration dans une chaine qui en comporte un plus grand nombre : la valeur expérimentale sera plus élevée que celle calculée.

8. On écrit d'abord les noyaux puis on calcule le nombre de neutrons formés : $\boxed{{}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} = {}^{92}_{36}\mathrm{Kr} + {}^{141}_{56}\mathrm{Ba} + 3{}^{1}_{0}\mathrm{n}.}$
   On vérifie que le nombre de protons est bien conservé et que la réaction de fission produit 3 neutrons, ce qui permet une réaction en chaine.

9. On calcule la variation de masse : $\underline{\Delta m = \left[m({}^{235}_{92}U) + m({}^{1}_{0}n)\right] - \left[m({}^{92}_{36}Kr) + m({}^{141}_{56}Ba) + 3m({}^{1}_{0}n)\right] = 1,86.10^{-1}\ \mathrm{u}}.$
   On en déduit l'énergie libérée $\underline{E_{\text{fission}} = \Delta m c^2 = 2,78.10^{-11}\ \mathrm{J} = 173\ \mathrm{Mev}}.$

10. Dans $1\ \mathrm{g}$ d'${}^{235}\mathrm{U}$, on dénombre $N = 2,56.10^{21}$ noyaux. Si l'intégralité de ces noyaux venait à fissioner, cela libérerait une énergie $\boxed{E_{\text{tot}} = N \times E_{\text{fission}}}\ \underline{= 7,12.10^{10}\ \mathrm{J} = 71,2\ \mathrm{GJ}}.$

11. Pour obtenir la même énergie, il faudrait bruler une masse $\boxed{m_{\text{petrole}} = \dfrac{E_{\text{tot}}}{45\ \mathrm{MJ}}}\ \underline{= 1,58.10^3\ \mathrm{kg}}.$

    Le rapport est largement en faveur de la fission de l'uranium 235. Toutefois, l'abondance naturelle de cet isotope est faible, de l'ordre de 1%. La masse d'uranium naturel correspondante serait donc plutôt de $100\ \mathrm{g}$ d'uranium pour obtenir $1\ \mathrm{g}$ d'${}^{235}\mathrm{U}$.

    Par ailleurs, le pétrole est beaucoup plus simple d'utilisation que le combustible nucléaire et son approvisionnement est aisé.