

FISSION DANS UN SOUS-MARIN NUCLÉAIRE
1. Variation de masse au cours de la réaction nucléaire :

$$\begin{aligned}
 \Delta m_r &= [m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}] \\
 &= [m({}_{40}^{95}\text{Zr}) + m({}_{52}^{138}\text{Te}) + 3 \cdot m_n] - [m({}_{92}^{235}\text{U}) + m_n] \\
 &= m({}_{40}^{95}\text{Zr}) + m({}_{52}^{138}\text{Te}) + 2 \cdot m_n - m({}_{92}^{235}\text{U}) \\
 &= [94,88604 + 137,90067 + 2 \times 1,00866 - 234,99333] \\
 &= -1,89300 \cdot 10^{-1} \text{ u} \\
 &= -3,14342 \cdot 10^{-28} \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Énergie libérée par cette réaction :

$$\begin{aligned}
 \Delta E_r &= \Delta m_r \cdot c^2 \\
 &= -3,14342 \cdot 10^{-28} \times (2,9979 \cdot 10^8)^2 \\
 &= -2,8251 \cdot 10^{-11} \text{ J} \\
 &= -176,3 \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

3. Désintégrations β^- des noyaux fils

$$\text{3.1. } {}_{40}^{95}\text{Zr} \rightarrow {}_{41}^{95}\text{Nb} + {}_{-1}^0\text{e} + {}_{+1}^0\bar{\nu}_e \quad (1) \quad \text{et} \quad {}_{52}^{138}\text{Te} \rightarrow {}_{53}^{138}\text{I} + {}_{-1}^0\text{e} + {}_{+1}^0\bar{\nu}_e \quad (2)$$

3.2. Calcul des pertes de masse au cours des réactions (1) et (2) :

$$\begin{aligned}
 \Delta m_{r_1} &= m({}_{41}^{95}\text{Nb}) + m_e - m({}_{40}^{95}\text{Zr}) & \Delta m_{r_2} &= m({}_{53}^{138}\text{I}) + m_e - m({}_{52}^{138}\text{Te}) \\
 &= 94,88429 + 0,00055 - 94,88604 & &= 137,89324 + 0,00055 - 137,90067 \\
 &= -1,2 \cdot 10^{-3} \text{ u} & &= -6,9 \cdot 10^{-3} \text{ u} \\
 &= -2,0 \cdot 10^{-30} \text{ kg} & &= -1,1 \cdot 10^{-29} \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Calcul des énergies libérées au cours des réactions (1) et (2) :

$$\begin{aligned}
 \Delta E_{r_1} &= \Delta m_{r_1} \cdot c^2 & \Delta E_{r_2} &= \Delta m_{r_2} \cdot c^2 \\
 &= -2,0 \cdot 10^{-30} \times (2,9979 \cdot 10^8)^2 & &= -1,1 \cdot 10^{-29} \times (2,9979 \cdot 10^8)^2 \\
 &= -1,8 \cdot 10^{-13} \text{ J} & &= -9,9 \cdot 10^{-13} \text{ J} \\
 &= -1,1 \text{ MeV} & &= -6,2 \text{ MeV}
 \end{aligned}$$

On constate que ces deux énergies sont très inférieures à celle libérée par la réaction de fission. On peut en déduire que l'énergie nécessaire à la propulsion du sous-marin est apportée quasi exclusivement par la réaction de fission.

4. Fonctionnement du sous-marin pendant un mois
4.1. Énergie mise en jeu durant 30 jours :

$$E_{30j} = P \cdot \Delta t = 25 \cdot 10^6 \times [30 \times 24 \times 60 \times 60] = 6,5 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

4.2. Nombre N de noyaux d'uranium consommés en 30 jours :

$$N_{30j} = \frac{E_{30j}}{|\Delta E_r|} = \frac{6,5 \cdot 10^{13}}{2,8251 \cdot 10^{-11}} = 2,3 \cdot 10^{24} \text{ noyaux}$$

4.3. Masse d'uranium 235 consommé en 30 jours :

$$m_{30j} = N_{30j} \cdot m({}_{92}^{235}\text{U}) = 2,3 \cdot 10^{24} \times (234,99333 \times 1,66055 \cdot 10^{-27}) = 9,0 \cdot 10^{-1} \text{ kg}$$

4.4. Puisque le combustible ne contient que 90% en masse d'uranium 235, la masse de combustible contenant 900 g d'uranium 235 est de 1,0 kg. Il suffit donc de disposer d'un kilogramme de combustible pour assurer le fonctionnement du sous-marin pendant 30 jours.