

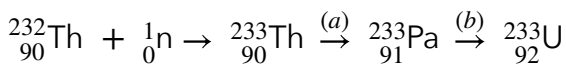
En 1905, Einstein exprime l'**équivalence entre la masse et l'énergie** dans sa célèbre formule $E = mc^2$ (E en J, m en kg et $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$).

Lors d'une réaction qui dégage de l'énergie, la masse des produits formés sera toujours inférieure (un peu) à la masse des réactifs. Le défaut de masse correspond à l'énergie libérée !

$E_{\text{libérée}} = |\Delta m| \times c^2 = |m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}| \times c^2$ multiplié par c^2 donne l'énergie.

Exercice 1 - La filière thorium

Le thorium, quatre fois plus abondant que l'uranium sur terre, est étudié dans certains pays comme une alternative possible à la filière fonctionnant à l'uranium dans les réacteurs nucléaires. Cependant, il est non fissile, et doit être transformé en uranium 233, quant à lui fissile, selon les réactions suivantes :



L'uranium 233 peut subir une fission selon l'équation : ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{233}\text{U} \rightarrow {}_{31}^{77}\text{Ga} + {}_{61}^{155}\text{Pm} + 2{}_0^1\text{n}$

Données :

$m({}_0^1\text{n}) = 1,6744 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $m({}_{92}^{233}\text{U}) = 386,971 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $m({}_{31}^{77}\text{Ga}) = 127,744 \times 10^{-27} \text{ kg}$;

$m({}_{61}^{155}\text{Pm}) = 257,272 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;

1 tep = 11600 kWh

1. La radioactivité du thorium 232 est-elle naturelle ou artificielle ?

il faut la provoquer (bombardement par des neutrons) \Rightarrow artificielle

2. les réactions (a) et (b) correspondent à quel type de désintégration radioactive ? Quelle particule est émise lors de la désintégration ?

Transformation d'un neutron en proton qui s'accompagne de l'émission d'un électron (par conservation de la charge) $\Rightarrow \beta$

3. Calculer la valeur du défaut de masse lors de la fission de l'uranium 233.

$$|\Delta m| = |m(\text{Ga}) + m(\text{Pm}) + 2m(\text{n}) - m(\text{n}) - m(\text{U})| = 0,281 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

4. En déduire l'énergie libérée en MeV lors de la fission de l'uranium 233.

$$E = |\Delta m| \times c^2 = 2,53 \cdot 10^{-11} \text{ J} = \frac{2,53 \cdot 10^{-11}}{1,60 \cdot 10^{-13}} = \underline{158 \text{ MeV}}$$

5. Indiquer le nombre de nucléons mis en jeu dans cette réaction. En déduire l'énergie libérée par nucléon en MeV.

$$\frac{158 \text{ MeV}}{234} = 0,675 \text{ MeV par nucléon}$$

6. Calculer l'énergie libérée par la fission d'1,0 g d'uranium 233, exprimée en kWh, puis en tep. Commenter.

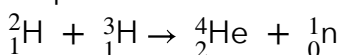
$$\frac{1,0 \text{ g}}{m(\text{U})} \times 2,53 \cdot 10^8 \text{ J} = 6,5 \cdot 10^{10} \text{ J} = \frac{6,5 \cdot 10^{10}}{3,6 \cdot 10^6} \text{ kWh} = 1,8 \cdot 10^4 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow 1,0 \text{ g d'Uranium libère } \frac{1,8 \cdot 10^4}{1,16 \cdot 10^4} = 1,6 \text{ tep}$$

Exercice 2 - ITER

Le réacteur expérimental ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), en cours de construction depuis les années 2010, vise à démontrer la réalisation de la fusion en tant que source d'énergie.

La réaction de fusion envisagée met en jeu un noyau de deutérium et un noyau de tritium selon l'équation :



Données :

noyau	${}^1_0\text{n}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$
masse (en u)	1,00866	2,01355	3,01550	4,00150

u est l'unité de masse atomique. $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$

1. Calculer la valeur du défaut de masse lors de cette réaction de fusion.

$$|\Delta m| = |m(\text{He}) + m(\text{n}) - m({}^2\text{H}) - m({}^3\text{H})| = 0,03136 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

2. En déduire la valeur de l'énergie libérée, en MeV, lors de la fusion.

$$E = |\Delta m| \times c^2 = 2,82 \cdot 10^{-12} \text{ J} = 17,6 \text{ MeV}$$

3. L'énergie libérée par nucléon lors de la fission nucléaire au sein des réacteurs actuels est de 0,76 MeV par nucléon environ.

Calculer l'énergie libérée par nucléon lors de la fusion et comparer à la fission.

$$\frac{17,6}{5} = 3,53 \text{ MeV par nucléon}$$