

1. Lasers et énergie reçue par la cible

$$1.1.1. \lambda_1 = \frac{c}{\nu_1} \text{ soit } \nu_1 = \frac{c}{\lambda_1}$$

$$\text{La fréquence triple alors } \lambda_2 = \frac{c}{\nu_2} = \frac{c}{3\nu_1} = \frac{c}{3 \frac{c}{\lambda_1}} = \frac{c}{\frac{3c}{\lambda_1}} = c \cdot \frac{\lambda_1}{3c} = \frac{\lambda_1}{3}$$

$$\lambda_2 = \frac{1050}{3} = \mathbf{350 \text{ nm}}$$

1.1.2. $\lambda_1 > 800 \text{ nm}$ donc rayonnement infrarouge

$\lambda_2 < 400 \text{ nm}$ donc rayonnement ultraviolet

1.2. Chaque laser produit une énergie $E_{\text{laser}} = 7,5 \text{ kJ}$, le texte d'introduction indique la présence de 240 lasers.

$$E_{\text{LMJ}} = 240 E_{\text{laser}}$$

$$E_{\text{LMJ}} = 240 \times 7,5 = 1,8 \times 10^3 \text{ kJ} = \mathbf{1,8 \text{ MJ}}$$
 on retrouve la valeur annoncée de 1,8 mégajoule.

$$1.3. E_{\text{LMJ}} = P_{\text{LMJ}} \cdot \Delta t$$

$$\text{Soit } P_{\text{LMJ}} = \frac{E_{\text{LMJ}}}{\Delta t}$$

$$P_{\text{LMJ}} = \frac{1,8 \times 10^6}{5,0 \times 10^{-9}} = 3,6 \times 10^{14} \text{ J.s}^{-1} = 3,6 \times 10^{14} \text{ W } (= 3,6 \times 10^2 \text{ TW})$$

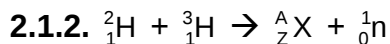
2. Réaction de fusion deutérium-tritium dans la cible

2.1.1. Composition des noyaux de deutérium et de tritium :

Deutérium ${}^2_1\text{H}$: $Z = 1$ donc 1 proton et $A - Z = 1$ donc 1 neutron

Tritium ${}^3_1\text{H}$: 1 proton et deux neutrons

Ces deux noyaux sont isotopes car ils possèdent le même nombre de proton mais des nombres de neutrons différents.



Conservation du nombre de nucléons : $2 + 3 = A + 1$ ainsi $A = 5 - 1 = 4$

Conservation du nombre de charges : $1 + 1 = Z + 0$ ainsi $Z = 2$

Le noyau produit est de l'hélium : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$.

2.2. Énergie de liaison d'un noyau

2.2.1. Les noyaux susceptibles de fusionner sont de petits noyaux qui se situent dans la zone où A est petit, approximativement pour $A < 20$.

2.2.2. L'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau pour le dissocier en ses nucléons isolés et au repos.

$$E_\ell({}^A_Z\text{X}) = (\text{défaut de masse}) \cdot c^2$$

$$E_\ell({}^A_Z\text{X}) = (\text{somme des masses des nucléons} - \text{masse du noyau}) \cdot c^2$$

$$E_\ell({}^A_Z\text{X}) = \Delta m \cdot c^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m({}^A_Z\text{X})] \cdot c^2$$

$$2.2.3. \frac{E_\ell({}^A_Z\text{X})}{c^2} = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m({}^A_Z\text{X})$$

$$m({}^A_Z\text{X}) = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - \frac{E_\ell({}^A_Z\text{X})}{c^2}$$

$$2.2.4. m({}_2^4\text{He}) = 2.m_p + 2.m_n - \frac{E_\ell({}_2^4\text{He})}{c^2}$$

$$m({}_1^2\text{H}) = m_p + m_n - \frac{E_\ell({}_1^2\text{H})}{c^2}$$

$$m({}_1^3\text{H}) = m_p + 2.m_n - \frac{E_\ell({}_1^3\text{H})}{c^2}$$

2.3 Énergie libérée lors de la réaction de fusion : ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$

$$2.3.1. |\Delta E| = |m({}_2^4\text{He}) + m({}_0^1\text{n}) - m({}_1^3\text{H}) - m({}_1^2\text{H})|.c^2$$

2.3.2. On utilise les expressions obtenues en 2.2.4.,

$$|\Delta E| = |2.m_p + 2.m_n - \frac{E_\ell({}_2^4\text{He})}{c^2} + m_n - (m_p + 2.m_n - \frac{E_\ell({}_1^3\text{H})}{c^2}) - (m_p + m_n - \frac{E_\ell({}_1^2\text{H})}{c^2})|.c^2$$

$$|\Delta E| = |2.m_p + 2.m_n - \frac{E_\ell({}_2^4\text{He})}{c^2} + m_n - m_p - 2.m_n + \frac{E_\ell({}_1^3\text{H})}{c^2} - m_p - m_n + \frac{E_\ell({}_1^2\text{H})}{c^2}|.c^2$$

$$|\Delta E| = |-\frac{E_\ell({}_2^4\text{He})}{c^2} + \frac{E_\ell({}_1^3\text{H})}{c^2} + \frac{E_\ell({}_1^2\text{H})}{c^2}|.c^2$$

$$|\Delta E| = | - E_\ell({}_2^4\text{He}) + E_\ell({}_1^3\text{H}) + E_\ell({}_1^2\text{H}) |$$

$$|\Delta E| = | - (E_\ell({}_2^4\text{He}) - E_\ell({}_1^3\text{H}) - E_\ell({}_1^2\text{H})) | = | E_\ell({}_2^4\text{He}) - E_\ell({}_1^3\text{H}) - E_\ell({}_1^2\text{H}) |$$

$$|\Delta E| = | 28,29 - 8,48 - 2,22 |$$

$$|\Delta E| = 17,59 \text{ MeV}$$

3. Bilan énergétique dans la cible

3.1. $m = m_D + m_T$ où m_D représente la masse de deutérium dans l'échantillon et m_T la masse de tritium dans l'échantillon.

Le mélange étant équimolaire le nombre N de noyaux de tritium est égal au nombre N de noyaux de deutérium.

$m = N. m({}_1^2\text{H}) + N. m({}_1^3\text{H})$ où $m({}_1^2\text{H})$ est la masse d'un seul noyau de deutérium et $m({}_1^3\text{H})$ la masse d'un seul noyau de tritium.

$$m = N.(m({}_1^2\text{H}) + m({}_1^3\text{H}))$$

$$\text{alors } N = \frac{m}{m({}_1^2\text{H}) + m({}_1^3\text{H})}$$

L'énoncé indique que la masse du mélange est $m = 300 \mu\text{g} = 300 \times 10^{-6} \times 10^{-3} \text{ kg}$

$$N = \frac{300 \times 10^{-6} \times 10^{-3}}{(2,01355 + 3,01550) \times 1,66054 \times 10^{-27}} = 3,59 \times 10^9 \text{ noyaux}$$

$$3.2. E_{\text{tot}} = N.|\Delta E|$$

$$E_{\text{tot}} = 3,59 \times 10^9 \times 17,59 = 6,31481 \times 10^{20} \text{ MeV} = 6,31481 \times 10^{20} \times 10^6 = 6,31481 \times 10^{26} \text{ eV}$$

$$E_{\text{tot}}(\text{J}) = E_{\text{tot}}(\text{eV}) \times 1,602 \times 10^{-19}$$

$$E_{\text{tot}}(\text{J}) = 6,31481 \times 10^{26} \times 1,602 \times 10^{-19} = 1,01 \times 10^8 \text{ J}$$

$$E_{\text{tot}}(\text{MJ}) = \frac{1,01 \times 10^8}{10^6} = 101 \text{ MJ}$$

$$E_{\text{LMJ}} = 1,8 \text{ MJ}$$

$$E_{\text{LMJ}} < E_{\text{tot}}$$

On récupère une énergie plus grande que l'énergie dépensée.