

EXERCICE I. MATIÈRE ET ANTIMATIÈRE (5,5 points)

1. L'antimatière au voisinage de la Terre

1.1. Exploitation du texte :

1.1.1. $E = m \cdot c^2$

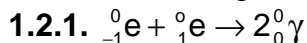
Il s'agit de l'équivalence masse-énergie.

E : énergie de masse en joules (J) d'une particule au repos.

m : masse de la particule en kilogrammes (kg).

c : célérité de la lumière dans le vide en $m \cdot s^{-1}$.1.1.2. D'après Einstein, il y a équivalence entre la masse et l'énergie. Au cours de l'annihilation, la masse des particules est convertie en énergie sous forme de rayonnement ($E = h \cdot \nu$).

1.2. Énergie créée lors de l'éruption solaire de juillet 2002 :



1.2.2. $E_{\text{lib}} = (\sum m_f - \sum m_i) \cdot c^2$ $E_{\text{lib}} = 0 - (m_{\text{électron}} + m_{\text{positon}}) \cdot c^2 = -2 \cdot m_{\text{électron}} \cdot c^2$

$$E_{\text{lib}} = -2 \times 9,109 \times 10^{-31} \times (2,998 \times 10^8)^2 = -1,63743457 \times 10^{-13} \text{ J} = \mathbf{-1,637 \times 10^{-13} \text{ J}}$$

Le système {positon + électron} cède $1,637 \times 10^{-13}$ J au milieu extérieur.

1.2.3. En 2002, l'éruption solaire a formé 0,5 kg d'antimatière, soit 0,5 kg de positons.

Or l'énergie précédente est celle libérée pour la consommation d'un seul positon de masse $9,109 \times 10^{-31}$ kg.

Soit N le nombre de positons contenus dans un demi-kilogramme d'antimatière.

$$E = N \cdot E_{\text{lib}}$$

$$E = \frac{0,500}{9,109 \times 10^{-31}} \times -1,63743457 \times 10^{-13} = -8,988 \times 10^{16} \text{ J}$$

Or 1 W.h = 3600 J

$$E = \frac{-8,988 \times 10^{16}}{3600} = -2,497 \times 10^{13} \text{ W.h} = -2,497 \times 10^4 \times 10^9 \text{ W.h} = \mathbf{-2,497 \times 10^4 \text{ GW.h}}$$

L'éruption solaire a fourni $2,497 \times 10^4$ GW.h au milieu extérieur. Ce qui correspond à environ 21 jours ($2,497 \times 10^4 / 1200$) de consommation électrique en France.

2. La création d'éléments radioactifs artificiels.

2.1. Étude de la réaction 1 :

2.1.1. Une « particule alpha » est un **noyau d'hélium** ${}_{2}^4\text{He}$.2.1.2. Réaction 1 : transformation nucléaire provoquée ${}_{2}^4\text{He} + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_{0}^1\text{n}$.

2.1.3. $\Delta E = (\sum m_f - \sum m_i) \cdot c^2 = (m_n + m(\text{P}) - m(\text{He}) - m(\text{Al})) \cdot c^2$

2.1.4. **Méthode 1 :** $\Delta E = (\sum m_f - \sum m_i) \cdot c^2 = (m_n + m(\text{P}) - m(\text{He}) - m(\text{Al})) \cdot c^2$ avec **m en kg**

$$\Delta E = (1,008\ 66 + 29,970\ 1 - 4,001\ 50 - 26,974\ 4) \times 1,660\ 43 \times 10^{-27} \times (2,998 \times 10^8)^2$$

$$\Delta E = 0,00286 \times 1,660\ 43 \times 10^{-27} \times (2,998 \times 10^8)^2 = 4,27 \times 10^{-13} \text{ J}$$

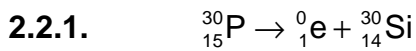
$$\Delta E(\text{MeV}) = \Delta E(\text{J}) / 1,602 \times 10^{-13} = \mathbf{2,66 \text{ MeV}}$$

Méthode 2 : Sachant que 1 u correspond à une énergie de 931,5 MeV, il suffit d'exprimer la variation de masse en u et de la multiplier par 931,5 pour avoir l'énergie libérée en MeV.

$$\Delta E = (1,008\ 66 + 29,970\ 1 - 4,001\ 50 - 26,974\ 4) \times 931,5 = 0,00286 \times 931,5 = \mathbf{2,66 \text{ MeV}}$$

Cette réaction provoque un **gain de masse** $\sum m_f - \sum m_i > 0$.*Remarque : Cette réaction ne se produit que si le système reçoit cette énergie qui lui est apportée sous la forme d'énergie cinétique des particules alpha.*

2.2. Étude de la réaction 2 :



Il s'agit d'une **désintégration β^+** qui libère un positon.

2.2.2. C'est une réaction nucléaire **spontanée qui provoque une perte de masse.**

Elle fournit de l'énergie au milieu extérieur, donc $E_{\text{lib}} < 0$ car $(\Sigma m_f - \Sigma m_i) < 0$.

3. Décroissance radioactive du phosphore.

3.1. L'activité est égale au nombre moyen de désintégrations chaque seconde.

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

A_0 activité à la date $t = 0$ exprimée en becquerels
 λ constante radioactive exprimée en s^{-1}
 t date exprimée en s

3.2. Le temps demi-vie $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle la population d'un échantillon radioactif a été divisé par deux. Il en est de même pour l'activité.

$$A(t_{1/2}) = A_0/2$$

$$A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = A_0/2$$

$$e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = 1/2$$

$$\ln(e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}) = \ln(1/2) = -\ln 2$$

$$\text{Soit } -\lambda \cdot t_{1/2} = -\ln 2$$

$$\text{Finalement } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}.$$

3.3. $A(t_1) = A_1 = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_1}$

$$\ln(A(t_1)) = \ln A_1 = \ln (A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_1}) = \ln A_0 - \lambda \cdot t_1$$

$$\lambda \cdot t_1 = \ln A_0 - \ln A_1$$

$$\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t_1 = \ln \frac{A_0}{A_1}$$

$$t_1 = \left(\ln \frac{A_0}{A_1} \right) \cdot \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$$

$$t_1 = \left(\ln \frac{7,2 \times 10^{13}}{9,0 \times 10^{12}} \right) \times \frac{156}{\ln 2} = 468 \text{ s} = \mathbf{4,7 \times 10^2 \text{ s}}$$

3.4. $\frac{A_0}{A_1} = \frac{7,2 \times 10^{13}}{9,0 \times 10^{12}} = 8,0$

$A_1 = A_0/8$ L'activité initiale a été divisée par 8.

Or au bout de $t_{1/2}$ elle est divisée par deux, au bout de $2 \cdot t_{1/2}$ elle est divisée par quatre, et au bout de $3 \cdot t_{1/2}$ elle est divisée par huit.

$$\text{Soit } t_1 = 3 \cdot t_{1/2}$$

$$t_1 = 3 \times 156 = \mathbf{468 \text{ s}}$$