Bac S 2011 Amérique du Nord **CORRECTION © http://labolycee.org**
EXERCICE I. MATIÈRE ET ANTIMATIÈRE (5,5 points)

1. L'antimatière au voisinage de la Terre

1.1. Exploitation du texte :

1.1.1. $E = m.c^2$
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 $m.s^{-1}$.

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 ($E = h.\nu$).

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

1.2.1. ${}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{1}e \rightarrow 2\,{}^{0}_{0}\gamma$

1.2.2. $E_{lib} = (\Sigma m_f - \Sigma m_i).c^2$ $E_{lib} = 0 - (m_{électron} + m_{positon}).c^2 = -2.m_{électron}.c^2$
$E_{lib} = -2\times9{,}109\times10^{-31}\times(2{,}998\times10^{8})^2 = -1{,}63743457\times10^{-13}$ J = $\mathbf{-1{,}637\times10^{-13}}$ **J**
Le système {positon + électron} cède $1{,}637\times10^{-13}$ 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 $9{,}109\times10^{-31}$ kg.
Soit N le nombre de positons contenus dans un demi-kilogramme d'antimatière.
$E = N.\ E_{lib}$

$$E = \frac{0{,}500}{9{,}109\times10^{-31}} \times -1{,}63743457\times10^{-13} = -\,8{,}988\times10^{16}\text{ J}$$

Or 1 W.h = 3600 J

$$E = \frac{-8{,}988\times10^{16}}{3600} = -\,2{,}497\times10^{13}\text{ W.h} = -2{,}497\times10^{4}\times10^{9}\text{ W.h} = -2{,}497\times10^{4}\text{GW.h}$$

L'éruption solaire a fourni $2{,}497\times10^{4}$GW.h au milieu extérieur. Ce qui correspond à environ 21 jours ($2{,}497\times10^{4}$ / 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** ${}^{4}_{2}He$.

2.1.2. Réaction 1 **:** transformation nucléaire provoquée ${}^{4}_{2}He + {}^{27}_{13}Al \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$.

2.1.3. $\Delta E = (\Sigma m_f - \Sigma m_i).c^2 = (m_n + m(P) - m(He) - m(Al)).c^2$

2.1.4. __Méthode 1 :__ $\Delta E = (\Sigma m_f - \Sigma m_i).c^2 = (m_n + m(P) - m(He) - m(Al)).c^2$ avec **m en kg**
$\Delta E = (1{,}008\,66 + 29{,}970\,1 - 4{,}001\,50 - 26{,}974\,4)\times1{,}660\,43\times10^{-27}\times(2{,}998\times10^{8})^2$
$\Delta E = 0{,}00286\times1{,}660\,43\times10^{-27}\times(2{,}998\times10^{8})^2 = 4{,}27\times10^{-13}$ J
$\Delta E(MeV) = \Delta E(J) / 1{,}602\times10^{-13}$ = **2,66 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.
$\Delta E = (1{,}008\,66 + 29{,}970\,1 - 4{,}001\,50 - 26{,}974\,4)\times931{,}5 = 0{,}00286\times931{,}5$ = **2,66 MeV**

Cette réaction provoque **un gain de masse** $\Sigma m_f - \Sigma m_i > 0$.

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 :

2.2.1. $^{30}_{15}P \rightarrow {}^{0}_{1}e + {}^{30}_{14}Si$

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 $E_{lib} < 0$ 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.

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

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

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

$e^{-\lambda.t_{1/2}} = ½$

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

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

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

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

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

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

$\dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}.t_1 = \ln\dfrac{A_0}{A_1}$

$t_1 = (\ln\dfrac{A_0}{A_1}).\dfrac{t_{1/2}}{\ln 2}$

$t_1 = (\ln\dfrac{7,2\times10^{13}}{9,0\times10^{12}}) \times \dfrac{156}{\ln 2}$ = 468 s = $\mathbf{4,7\times10^2}$ **s**

3.4. $\dfrac{A_0}{A_1} = \dfrac{7,2\times10^{13}}{9,0\times10^{12}}$ = 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 $2.t_{1/2}$ elle est divisée par quatre, et au bout de $3.t_{1/2}$ elle est divisée par huit.

Soit $t_1 = 3.t_{1/2}$

$t_1 = 3\times156$ = **468 s**