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

Où est passée l'antimatière ?

« Il est communément admis par les scientifiques que, juste après le Big Bang, l'énorme quantité d'énergie disponible dans notre Univers naissant s'est transformée en des quantités égales de matière et d'antimatière.
Particules et antiparticules étant de même masse mais de charges opposées auraient dû tout naturellement s'annihiler les unes aux autres, débouchant sur un univers rempli de rayonnement mais vide de matière.
Manifestement, l'Univers dans lequel nous vivons aujourd'hui est constitué de matière et aucun atome d'antimatière à l'état naturel n'a pu être découvert. Les antiparticules ne sont produites que lors d'interactions de particules cosmiques avec l'atmosphère terrestre. C'est ainsi qu'en 1933 ont été découverts les premiers positons (anti électrons de charge positive). La disparition de l'antimatière dans l'univers est donc une énigme (…) »

D'après Science revue n°36 nov/dec/janv 2009

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. L'antimatière au voisinage de la Terre

Les éruptions solaires peuvent créer des paires électron-positon. Celle de juillet 2002 a crée un demi-kilogramme d'antimatière, assez pour couvrir la consommation d'énergie d'un grand pays pendant plusieurs jours.

Données :

Particules	électron	positon	neutron	proton
Masse en kg	$9{,}109\times10^{-31}$	$9{,}109\times10^{-31}$	$1{,}674\ 92\times10^{-27}$	$1{,}672\ 62\times10^{-27}$

Célérité de la lumière dans le vide $c = 2{,}998 \times 10^{8}$ m.s^{-1}
1 eV = $1{,}602 \times 10^{-19}$ J
1 W.h = 3600 J

1.1. Exploitation du texte :

1.1.1. Einstein a proposé une relation : $E = m.c^2$. Nommer et donner l'unité des grandeurs apparaissant dans cette relation.

1.1.2. En s'appuyant sur cette relation, commenter la phrase en gras dans le texte.

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

1.2.1. Écrire l'équation de la réaction nucléaire entre un électron et un positon sachant que cette réaction produit deux photons γ de masse nulle.

1.2.2. Calculer l'énergie libérée par la réaction entre un positon et un électron.

1.2.3. En déduire l'énergie créée lors de l'éruption solaire de juillet 2002 et la comparer à la consommation journalière moyenne d'énergie électrique française égale à 1200 GW.h en 2006.

2. La création d'éléments radioactifs artificiels.

L'étude des réactions nucléaires réalisées en bombardant des éléments légers comme l'aluminium par des rayons alpha va conduire Irène et Frédéric Joliot-Curie à observer, au cours de ces réactions, l'émission de neutrons et de positons accompagnant la création d'un élément X qu'ils n'identifient pas tout d'abord.
Ils constatent ensuite que les neutrons et les positons ne sont pas émis simultanément et que la réaction observée se produit en deux temps. Les particules alpha éjectent d'abord des neutrons hors de l'élément léger. Dans le cas de l'aluminium, des noyaux de phosphore 30 (élément X) sont créés suivant l'équation :

alpha + aluminium $\rightarrow$ phosphore 30 + neutron (réaction 1)

Ensuite le phosphore 30 qui est radioactif se désintègre en émettant un positon et en se transformant en silicium (réaction 2).

D'après le site radioactivité.com

Données :

$_{12}Mg$	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$

Noyaux et particules	phosphore 30	aluminium 27	particule alpha	neutron
Masse en u	29,970 1	26,974 4	4,001 50	1,008 66

- unité de masse atomique : 1 u = 1,660 43 × 10^{-27} kg
- énergie de l'unité de masse atomique :

1 u correspond à une énergie de 931,5 MeV

2.1. Étude de la réaction 1 :

2.1.1. Qu'appelle-t-on « particule alpha » ?

2.1.2. En appliquant les lois de conservation, écrire l'équation de la réaction 1 en utilisant les symboles des noyaux et des particules mis en jeu.

2.1.3. Donner l'expression de la variation d'énergie de la réaction (1).

2.1.4. Calculer sa valeur en MeV. Cette réaction provoque-t-elle une perte de masse ou un gain de masse ?

2.2. Étude de la réaction 2 :

2.2.1. En appliquant les lois de conservation, écrire l'équation de désintégration du phosphore 30 (réaction 2). De quel type de désintégration s'agit-il ?

2.2.2. Cette réaction est-elle spontanée ou provoquée ? Justifier sans calcul si cette réaction provoque une perte ou un gain de masse.

3. Décroissance radioactive du phosphore.

À la date $t_0 = 0$*, on arrête le bombardement des noyaux d'aluminium par les particules alpha. L'activité* A_0 *de l'échantillon de phosphore* 30 *est alors égale à* $7{,}2\times10^{13}$ Bq.
À la date t_1*, l'activité* A_1 *de l'échantillon est égale à* $9{,}0\times10^{12}$ Bq.
À un instant t*, l'activité est notée* A(t).

Donnée : temps de demi-vie du phosphore 30, $t_{1/2} = 156$ s.

3.1. Définir l'activité A(t) d'un échantillon radioactif puis donner l'expression de la loi de décroissance radioactive pour l'activité, en expliquant la signification de chaque terme.

3.2. Définir le temps demi-vie $t_{1/2}$ et montrer que : $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$, λ étant la constante de désintégration.

3.3. Exprimer t_1 en fonction de A_0, A_1 et $t_{1/2}$ et calculer sa valeur.

3.4. Montrer que l'on aurait pu trouver ce résultat facilement en calculant le rapport de A_0 sur A_1.