EXERCICE n°2 LA DECOUVERTE DE LA RADIOACTIVITE ARTIFICELLE (5,5 points)
Antilles Guyane 2007

Le but de cet exercice est d'analyser quelques aspects du contenu scientifique du texte ci-dessous.

C'est vers 1932 que le couple de physiciens français Frédéric Joliot et Irène Curie commence à utiliser, pour ses recherches, une source de particules alpha émises spontanément par le polonium, un élément naturellement radioactif. Grâce à elle, ils peuvent provoquer des réactions nucléaires dans les atomes des éléments.

Les Joliot-Curie, avec cette source de particules alpha, bombardent des éléments et analysent les réactions nucléaires produites. Ils remarquent que des éléments légers, en particulier l'aluminium et le bore, éjectent parfois un neutron.

Mais ils observent également un autre phénomène, parfaitement inattendu : « la matière irradiée, notent-ils, conserve une radioactivité relativement durable après l'enlèvement de la source de particules alpha, radioactivité se manifestant par l'émission de positons ». Ainsi, une feuille d'aluminium irradiée émet un rayonnement dont l'intensité décroît exponentiellement en fonction du temps avec une demi-vie de 3 minutes 15 secondes. Un résultat analogue est obtenu avec du bore irradié, mais la demi-vie est différente : 14 minutes. La seule explication possible, c'est que l'aluminium et le bore, éléments naturellement stables, sont devenus radioactifs.

Les Joliot-Curie sont persuadés qu'ils ont trouvé le moyen de provoquer une radioactivité artificielle, par la création d'un élément instable et sa désintégration spontanée. Ils proposent une réaction probable : le noyau d'aluminium, contenant 13 protons et 14 neutrons, aurait capturé une particule alpha et aurait immédiatement réémis un neutron. L'aluminium se serait alors transmuté en un isotope instable du phosphore, composé de 15 protons et de 15 neutrons. Puis le phosphore radioactif se serait à son tour désintégré en silicium stable (14 protons, 16 neutrons), en émettant un positon.

Extrait tiré de : « Les grandes expériences scientifiques » de Michel Rival (Éditions du Seuil)

1. LA SOURCE DE PARTICULES ALPHA UTILISEE PAR LES JOLIOT-CURIE

Le texte indique que les Joliot-Curie ont utilisé le polonium, élément naturellement radioactif, comme source de particules alpha.

1.1. Définir un noyau radioactif.

1.2. Qu'est-ce qu'une particule alpha ?

1.3. L'écriture de l'équation d'une réaction nucléaire utilise la notation ${}^{A}_{Z}X$ où X est le symbole de l'élément envisagé. Préciser ce que représentent A et Z.

1.4. À l'aide du tableau de données ci-dessous, écrire l'équation de la réaction nucléaire pour une émission alpha du polonium 210 dont le noyau est caractérisé par ${}^{210}_{84}Po$.

Notation ${}^{A}_{Z}X$ pour quelques noyaux	${}^{208}_{80}Hg$ Hg : mercure	${}^{206}_{82}Pb$ Pb : plomb	${}^{214}_{86}Rn$ Rn : radon	${}^{212}_{88}Ra$ Ra : radium

2. LA RÉACTION PROBABLE PROPOSÉE PAR LES JOLIOT-CURIE

2.1. Donner la notation ${}^{A}_{Z}X$ du noyau de phosphore (de symbole P) évoqué dans le texte.

2.2. À l'aide du texte et des lois de conservation (ou lois de Soddy), recopier et compléter l'équation de la réaction nucléaire rendant compte de la transmutation de l'aluminium en un isotope instable du phosphore :

$$\cdots\!Al + \cdots\!He \rightarrow {}^{1}_{0}n + \cdots\!P$$

2.3. À propos des isotopes.

2.3.1. Quand dit-on que deux noyaux sont isotopes ?

2.3.2. Trouver dans le tableau de données ci-dessous un autre isotope du phosphore que celui évoqué dans le texte.

Notation ${}^{A}_{Z}X$ pour quelques noyaux	${}^{15}_{5}B$	${}^{31}_{15}P$	${}^{30}_{16}S$	${}^{75}_{30}Zn$

2.4. Radioactivité du phosphore.

2.4.1. Traduire par l'écriture d'une équation de réaction nucléaire la dernière phrase du texte, soit : « *Puis le phosphore radioactif se serait à son tour désintégré en silicium stable (14 protons, 16 neutrons), en émettant un positon* ».
Donnée : symbole du silicium : Si.

2.4.2. De quelle type de radioactivité s'agit-il ?

2.4.3. Lorsqu'un noyau de phosphore se désintègre, un proton du noyau se transforme en un neutron et un positon (ou positron). En utilisant les notations ${}^{1}_{1}p$, ${}^{1}_{0}n$ et ${}^{0}_{1}e$, écrire l'équation de cette transformation.

3. LES LOIS DE DÉCROISSANCE DE ALUMINIUM ET DU BORE IRRADIÉS

Les échantillons d'aluminium irradié et de bore irradié dont il est question dans le texte suivent la loi de décroissance radioactive car ils contiennent des noyaux radioactifs.

3.1. Soient $N(t)$ le nombre de noyaux à l'instant de date t d'un échantillon radioactif et N_0 son nombre de noyaux à l'instant de date $t_0 = 0$ s.
Donner l'expression de la loi de décroissance radioactive en notant λ la constante radioactive.

3.2. On a représenté en **ANNEXE (à rendre avec la copie)** sur le même graphe les lois de décroissance radioactive de deux échantillons de nature différente, numérotés 1 et 2. L'un des échantillons est de l'aluminium irradié et l'autre du bore irradié. Déterminer graphiquement le temps de demi-vie $t_{1/2}$ de chacun des échantillons.

3.3. À l'aide du texte, identifier les échantillons numérotés 1 et 2.

4. L'ASPECT ENERGÉTIQUE DU BORE IRRADIE

La réaction nucléaire envisagée est celle qui donne naissance à l'azote 13 après irradiation du bore 10 par une source de particules alpha. Son équation est :

$$^{10}_{5}B + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{13}_{7}N$$

Masse de certains noyaux ou particule (u)	$^{10}_{5}B$	$^{4}_{2}He$	$^{13}_{7}N$	$^{1}_{0}n$
	10,010194	4,001506	13,001898	1,008655

1 unité de masse atomique notée u correspond à $1{,}66054.10^{-27}$ kg

célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00.10^{8}$ m.s^{-1}

1 eV = $1{,}60218.\ 10^{-19}$ J

4.1. Énoncer la relation d'équivalence masse-énergie.

4.2. En utilisant le tableau de données, vérifier que la variation de masse Δm au cours de le réaction nucléaire ci-dessus est : $\Delta m = -1{,}147000.10^{-3}\ u$.

4.3. Bilan énergétique.

4.3.1. Exprimer la variation d'énergie de masse ΔE au cours de cette réaction nucléaire.

4.3.2. Calculer sa valeur successivement en J puis en MeV.

4.3.3. De l'énergie est-elle libérée au cours de la réaction ? Justifier la réponse.

ANNEXE (à rendre avec la copie)

