Polynésie 2008 EXERCICE III : À PROPOS DE LA RADIOACTIVITÉ (4 points)

Cet exercice traite de quelques aspects de la radioactivité à partir des informations tirées du site internet www.laradioactivité.com. Les quatre parties sont indépendantes.

1. La radioactivité β^-

Certains noyaux atomiques instables sont la source de rayonnements, désignés par les trois premières lettres de l'alphabet grec : alpha (α), bêta (β) et gamma (γ).

[…] La radioactivité β^- fut observée sous la forme d'un rayonnement qui était dévié par des champs électriques ou des aimants en sens contraire du rayonnement alpha. Elle est donc portée par des charges électriques négatives.

[…] Un exemple de radioactivité β^- est celui d'un isotope naturel à vie très longue du potassium, le potassium 40, dont 4000 noyaux se désintègrent par seconde dans le corps humain.

On donne un extrait de la classification périodique des éléments :

Élément	Chlore	Argon	Potassium	Calcium	Scandium
Symbole	Cl	Ar	K	Ca	Sc
Numéro atomique	17	18	19	20	21

1.1. Définir un noyau radioactif.

1.2. Donner la composition du noyau de potassium 40.

1.3. En indiquant les lois de conservation à respecter, donner l'équation de la désintégration de ce noyau en supposant que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité.

1.4. Le noyau fils obtenu est-il un isotope du potassium ? Justifier la réponse.

2. La radioactivité α

Un exemple de désintégration alpha est celui, historique, du radium 226 qui se transforme en un noyau de radon en éjectant une particule alpha. La réaction libère 4,6 MeV. Le noyau résiduel de radon est un gaz rare lui-même radioactif, ce qui permit à Rutherford de le détecter en 1898 à Montréal.

Données :

La masse des noyaux peut être exprimée en unité de masse atomique (u), définie par : 1 u = $1{,}66054.10^{-27}$ kg.

Masse des noyaux : $m(^{226}Ra) = 225{,}97701$ u
$m(^{4}He) = 4{,}00150$ u
$m(^{222}Rn) = 221{,}97029$ u

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

1 MeV = $1{,}60.10^{-13}$ J

2.1. Écrire l'expression littérale, en fonction des données, de l'énergie libérée par la désintégration du radium 226 :

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

Calculer cette énergie en J puis en MeV.

2.2. Montrer que l'écart relatif entre la valeur de cette énergie et celle indiquée dans le texte est inférieur à 7%.

3. Le curie

L'activité d'une source radioactive a longtemps été exprimée en curie (Ci). L'activité était alors calculée par rapport au radium 226 considéré comme un étalon : le curie étant l'activité d'un gramme de radium 226 soit 37 milliards de désintégration par seconde.

3.1. Exprimer la valeur du curie avec l'unité légale du système international.

3.2. On se propose de retrouver cette valeur à partir des données suivantes :

Constante radioactive du radium 226 : $\lambda = 1{,}4.10^{-11}\ s^{-1}$
Masse molaire du radium 226 : $M = 226\ g.mol^{-1}$
Constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$

On rappelle que l'activité d'un échantillon est donnée par la relation $A = \lambda.N$, où λ représente la constante radioactive et N le nombre de noyaux radioactifs.

3.2.1. Exprimer A en fonction de λ, M, N_A et la masse m de l'échantillon ne contenant que du radium 226.

3.2.2. Faire l'application numérique et comparer à la valeur obtenue à la question 3.1.

4. Corriger les mesures pour améliorer la précision des âges

La plus connue des techniques de datation est la datation au carbone 14.

[…] Le calcul suppose que le taux de formation du carbone 14 atmosphérique n'a pas varié par rapport au moment où le fossile vivait. Ceci n'est pas tout à fait vrai et il est nécessaire de recaler dans le temps et d'effectuer des corrections.

[…] Pour des datations peu anciennes, l'étalonnage de la formation de radiocarbone en fonction des années repose sur la "dendrochronologie », c'est-à-dire l'examen des troncs d'arbres abattus. La section d'un tronc d'arbre est un extraordinaire témoin de la vie végétale. Chaque anneau correspond au bois formé une année donnée. En comptant les anneaux, on date l'année. En mesurant la teneur en carbone 14 d'un anneau, on mesure l'activité d'un échantillon de l'année en question. On recale ainsi la datation au carbone 14.

L'objectif de cette question est de montrer comment on peut déterminer l'activité A_0 d'un échantillon de bois ancien à la date de sa mort.

On rappelle que l'activité A d'un échantillon subit la loi de décroissance radioactive.

Donnée :

Demi-vie du carbone 14 : $t_{1/2} = 5{,}73.10^3$ ans

4.1. On considère un anneau d'un arbre dont la mort, déterminée grâce à la dendrochronologie, remonte à t = 1570 ans. On mesure son activité actuelle A.
Exprimer l'activité A_0 de cet anneau à la date de sa mort en fonction des grandeurs A, $t_{1/2}$ et t.

4.2. Faire l'application numérique pour obtenir A_0 en fonction de A.