National 2008

EXERCICE III. LA TERRE, UNE MACHINE THERMIQUE (4 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. Transfert thermique et radioactivité du globe terrestre.

Dès l'Antiquité, les premiers mineurs ont constaté que la température du sol augmente avec la profondeur. L'intérieur de la Terre est donc chaud. Comme le transfert thermique a toujours lieu des corps chauds vers les corps froids, il y a une fuite constante d'énergie de la Terre vers l'espace. Vers 1860, Lord Kelvin avait calculé le temps mis par le globe terrestre pour se refroidir complètement, à partir de la perte d'énergie constatée : quelques centaines de millions d'années au plus. Or la Terre est beaucoup plus vieille, et elle n'est pas froide. L'énergie qui s'échappe est donc, pour une grande part, produite par la Terre elle-même. C'est la radioactivité naturelle qui est à l'origine de l'essentiel de cette énergie. Toutes les couches de la Terre contiennent de l'uranium, du thorium et du potassium 40. Ces noyaux radioactifs produisent de l'énergie en se désintégrant.

D'après « Enseigner la géologie » Editions Nathan.

Données :

À l'état naturel, il existe trois isotopes du potassium : les isotopes 39, 40 et 41. Le potassium 40 est radioactif et se transforme en argon 40.

	argon ^{40}Ar	potassium ^{40}K	calcium ^{40}Ca
Numéro atomique Z	18	19	20
Masse des noyaux (kg)	$m(Ar) = 6{,}635913 \times 10^{-26}$	$m(K) = 6{,}636182 \times 10^{-26}$	$m(Ca) = 6{,}635948 \times 10^{-26}$

Masse d'un électron et d'un positon (ou positron) : $m_e = 9{,}1 \times 10^{-31}$ kg.
Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}0 \times 10^{8}$ m.s^{-1}.
1 eV=1,6 $\times 10^{-19}$ J.

1.1. Le potassium 40 et le diagramme (N, Z).

Les noyaux dont le numéro atomique $Z \leq 20$ et tels que le nombre de neutrons $N = Z$ sont stables (sauf exceptions).

1.1.1. Sur la figure représentée en **ANNEXE,** tracer la droite sur laquelle se situent ces noyaux stables.

1.1.2. Placer sur le diagramme (N, Z) les positions respectives des noyaux de potassium 40 et de calcium 40. À partir de ces positions, indiquer lesquels de ces noyaux sont stables ou instables.

1.1.3. Écrire l'équation de la désintégration du potassium 40 en calcium 40 en précisant les lois de conservation utilisées. Déterminer le type de radioactivité correspondant à cette désintégration.

1.2. Autre désintégration du potassium 40.

Le *potassium 40 peut également se désintégrer en argon 40 selon l'équation* $^{40}_{19}\mathrm{K} \rightarrow {}^{40}_{18}\mathrm{Ar} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}$.

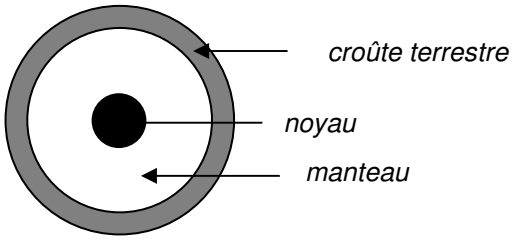
1.2.1. Quel est le type de radioactivité correspondant à cette désintégration ?

1.2.2. Déterminer la valeur de l'énergie libérée lors de cette désintégration ; exprimer le résultat en joules et en mégaélectronvolts (MeV).

2. Évolution temporelle et dynamique interne du globe terrestre.

L'énergie thermique produite par le globe terrestre est évacuée par des courants de confection dans le manteau qui se traduisent en surface par la tectonique des plaques.
Le nombre de noyaux radioactifs diminue régulièrement au cours du temps, par simple décroissance radioactive. Par exemple, la quantité d'uranium 238 présente dans la Terre diminue de moitié tous les 4,5 milliards d'années.
Mais la diminution du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau s'est intensifiée il y a environ deux milliards d'années, à l'époque où s'est formée la majorité du matériel continental de la croûte terrestre. En effet, celui-ci intégra, au fur et à mesure de sa formation, une quantité croissante d'uranium, thorium et potassium, appauvrissant ainsi le manteau en noyaux radioactifs.
D'après « Enseigner la géologie » Editions Nathan.

Schéma très simplifié du globe terrestre



2.1. Choisir le ou les adjectif(s) relatif(s) à la désintégration d'un noyau radioactif donné :
a) prévisible dans le temps b) spontanée c) aléatoire.

2.2. *« Le nombre de noyaux radioactifs ... diminue ... par simple décroissance radioactive ».*
On s'intéresse à une espèce de noyaux radioactifs. On note N le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t, et N_0 le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t_0 choisi comme origine des dates. Soit λ la constante radioactive de l'ensemble des noyaux considérés.

2.2.1. Donner l'expression de la loi de décroissance radioactive du nombre de noyaux *N* au cours du temps. Rappeler l'unité de la constante radioactive λ dans les unités du Système International.

2.2.2. Tracer l'allure de la courbe représentant les variations du nombre de noyaux *N* au cours du temps. Placer quelques points remarquables (au moins deux points).

2.2.3. À quel instant la décroissance radioactive est-elle la plus rapide ? Justifier à partir du graphique tracé.

2.3. Déterminer, en utilisant le texte, la durée au bout de laquelle les trois quarts des noyaux d'uranium 238 présents aujourd'hui auront disparu par désintégration.

2.4. Choisir la proposition correcte en justifiant par une courte phrase issue en partie du texte introduisant cette partie 2.
La croissance des continents explique :
a) l'augmentation du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau
b) une diminution plus rapide du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau
c) la décroissance radioactive par désintégration de l'uranium dans le manteau.

ANNEXE : À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

Le diagramme (N,Z)

