EXERCICE I. DÉCHETS RADIOACTIFS ET SYNTHÈSE ORGANIQUE (8 points)
Antilles 09/2008

Cet exercice comporte deux parties indépendantes. La première partie traite des déchets radioactifs et la seconde traite de la synthèse d'un ester.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

1. Étude de déchets radioactifs

Données :

Nombre d'Avogadro N_A	$6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}
Unité de masse atomique	1 u = $1{,}660\,54 \times 10^{-27}$ kg
Électronvolt	1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J
Mégaélectronvolt	1 MeV = 1×10^{6} eV
Célérité de la lumière dans le vide	c = $3{,}00 \times 10^{8}$ m.s^{-1}

Nom du noyau ou de la particule	Uranium (238)	Uranium (239)	Neptunium (239)	Plutonium (239)	Neutron	Proton	Électron
Symbole	$^{238}_{92}U$	$^{239}_{92}U$	$^{239}_{93}Np$	$^{239}_{94}Pu$	$^{1}_{0}n$	$^{1}_{1}p$	$^{0}_{-1}e$
Masse (en u)	238,050 79	239,054 29	239,052 94	239,052 16	1,008 66	1,007 83	0,000 55

1.1. Un déchet radioactif à vie courte dans le lait de vache

Le lait de vache contient du césium 137 dont l'activité est de l'ordre de 0,22 Bq pour un litre.

La demi-vie du césium 137 est égale à environ 30 ans.

On considère que la radioactivité du lait de vache est due uniquement à la présence de césium 137.

1.1.1. Qu'est-ce qu'une particule α ? Donner sa représentation symbolique sous la forme $^{A}_{Z}X$.

1.1.2. Qu'est-ce qu'une particule β^- ? Qu'est-ce qu'une particule β^+ ?

1.1.3. Combien de désintégrations par seconde se produit-il dans un litre de lait ?

1.1.4. Donner la définition de la demi-vie d'un élément radioactif.

1.1.5. Donner la loi de décroissance radioactive.

1.1.6. À l'aide des réponses obtenues aux questions 1.1.4. et 1.1.5., démontrer la relation suivante : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$ où λ représente la constante radioactive de l'élément radioactif considéré et $t_{1/2}$ sa demi-vie.

1.1.7. En déduire la valeur de la constante radioactive du césium 137 en an^{-1} puis en s^{-1}.

1.1.8. Déterminer le nombre de noyaux radioactifs de césium 137 présents dans un litre de lait.

1.1.9. En déduire la concentration molaire volumique en césium 137 du lait de vache.

1.1.10. On prend comme origine des dates l'instant où on mesure l'activité d'un litre de lait de vache soit lorsque A = 0,22 Bq.
Au bout de combien de temps ne restera-t-il plus que 1% de cette activité ?

1.2. Les déchets radioactifs à vie longue

« Le plutonium, de numéro atomique 94, est radioactif. Sa demi-vie est égale à 24 000 ans. Il en existe donc peu à l'état naturel. En revanche, il s'en forme dans le cœur des réacteurs nucléaires, par une réaction en chaîne. Quand un noyau d'uranium 238 capture un neutron, il se transforme en uranium 239. (...)

En libérant un électron, l'uranium 239 se transforme en neptunium 239. Cet élément libère à son tour un électron et donne ainsi naissance au plutonium 239 (^{239}Pu). »

D'après un article paru dans le magazine Science et Vie (Hors série n°225 de décembre 2003).

1.2.1. Écrire l'équation de réaction nucléaire correspondant à la capture d'un neutron par l'uranium 238 en énonçant les lois de conservation utilisées.

1.2.2. L'uranium 239 et le plutonium 239 sont-ils des isotopes ? Justifier.

1.2.3. Écrire l'équation de désintégration qui permet de passer de l'uranium 239 au neptunium 239 puis celle qui permet de passer du neptunium 239 au plutonium 239.

1.2.4. Calculer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau d'uranium 239 en neptunium 239. Convertir le résultat en eV.

1.2.5. En déduire l'énergie libérée par 1,0 g d'uranium 239.

2. Synthèse d'un ester : « l'ester de rhum »
Pour réaliser la synthèse de cet ester, on introduit dans un ballon 10 mL d'acide méthanoïque et 10 mL d'éthanol. On introduit également dans le ballon quelques grains de pierre ponce ainsi qu'une pointe de spatule d'acide paratoluène sulfonique (solide blanc). On chauffe à reflux pendant une vingtaine de minutes, puis on verse le contenu du ballon dans un grand becher contenant de l'eau glacée.

2.1. Étude de la réaction

2.1.1. Écrire la formule semi-développée de l'éthanol.

2.1.2. Écrire la formule semi-développée de l'acide méthanoïque.

2.1.3. En utilisant ces deux formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction qui a eu lieu entre l'éthanol et l'acide méthanoïque.

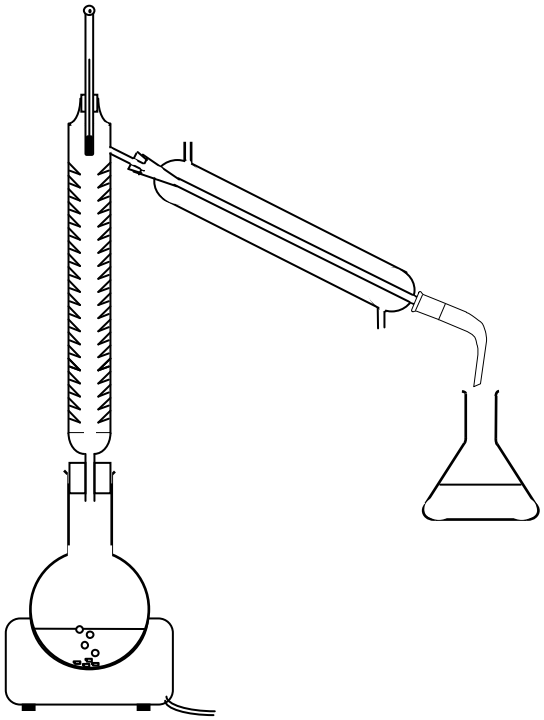
2.1.4. Quel est le nom de l'ester synthétisé dans la nomenclature officielle ?

2.2. Quel est l'intérêt d'utiliser un dispositif de chauffage à reflux ?

2.3. À la place de l'acide paratoluène sulfonique on aurait pu utiliser de l'acide sulfurique.
Quel est le rôle de ces deux acides ?

2.4. Pour augmenter le rendement de cette synthèse, on aurait pu utiliser, à la place de l'acide méthanoïque, un autre réactif.
Donner sa formule semi-développée et son nom.

2.5. Pour améliorer le rendement sans changer la nature des réactifs, on peut utiliser le dispositif ci-après :



2.5.1. Quel est le nom de ce dispositif ?

2.5.2. Après avoir identifié, à l'aide du tableau de données ci-après, la première espèce chimique récupérée dans l'erlenmeyer, expliquer pourquoi ce dispositif permet d'améliorer le rendement.

	Température d'ébullition en °C sous la pression atmosphérique
Acide méthanoïque	101
Éthanol	78
Ester synthétisé	54