

I. L'américium 241 et quelques utilisations industrielles

Une des utilisations industrielles de l'américium 241 est la production de sources de neutrons dans les réacteurs nucléaires pour amorcer la réaction de fission.

D'autre part, certains détecteurs de fumée, équipant encore de nombreuses installations industrielles, malgré les difficultés de recyclage, utilisent aussi l'américium 241.

L'américium est un élément dont l'isotope 241 n'existe pas à l'état naturel. Il est produit dans les réacteurs nucléaires à partir du plutonium 241 (^{241}Pu) par désintégration β .

- Dans cet exercice, nous étudierons ces deux utilisations : les sources de neutrons et les détecteurs de fumée.

- **Données :**

- extraits de la classification périodique des éléments :
- valeur du temps de demi-vie de l'américium 241 : $t_{1/2} = 433$ années
- masse molaire de l'américium 241 : $M(^{241}\text{Am}) = 241 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,0\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Extraits de la classification périodique :

${}_3\text{Li}$	${}_4\text{Be}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$	${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$
lithium	béryllium	bore	carbone	azote	oxygène	fluor

${}_{92}\text{U}$	${}_{93}\text{Np}$	${}_{94}\text{Pu}$	${}_{95}\text{Am}$	${}_{96}\text{Cm}$	${}_{97}\text{Bk}$	${}_{97}\text{Cf}$
uranium	neptunium	plutonium	américium	curium	berkélium	californium

1. Obtention de l'américium 241

- 1.1. Énoncer les règles de conservation qui permettent d'écrire l'équation d'une réaction nucléaire.
- 1.2. En vous aidant des données, écrire l'équation de la réaction de désintégration β donnant naissance à l'américium 241 à partir du plutonium 241.
- 1.3. L'américium 241 et le plutonium 241 sont-ils des isotopes ? Justifier.

2. Désintégration de l'américium 241

- 2.1. Lors de la désintégration d'un noyau d'américium 241, on obtient un noyau de neptunium 237 et une particule. Écrire l'équation de cette réaction nucléaire en vous aidant des données. Comment nomme-t-on ce type de désintégration ?
- 2.2. Le noyau de neptunium est obtenu dans un état excité. Quelle est la nature du rayonnement alors émis ? Quelle est son origine ?
- 2.3. La loi de décroissance du nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs d'un échantillon s'exprime par la relation :
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$
 - 2.3.1. Que représentent les grandeurs N_0 et λ ? Préciser l'unité de ces grandeurs dans le système international.
 - 2.3.2. Citer les trois paramètres dont dépend le nombre de désintégrations dans un échantillon.
- 2.4. L'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif peut s'exprimer par la relation suivante $A(t) = \lambda N(t)$.
 - 2.4.1. En déduire la loi de décroissance de l'activité $A(t)$.
 - 2.4.2. Que représente une activité d'un becquerel ?
 - 2.4.3. On prépare à partir d'un échantillon d'américium 241 deux sources secondaires : une première de masse m et une seconde de masse $2m$. Ont-elles la même activité ? Justifier.
- 2.5. La valeur du temps de demi-vie d'un échantillon d'américium 241 est d'environ 433 années.
 - 2.5.1. Définir le temps de demi-vie radioactive $t_{1/2}$ d'un échantillon.
 - 2.5.2. En déduire, en fonction de son activité présente notée A_0 , l'activité d'un échantillon de masse m d'américium 241 : 433 ans plus tard, 1299 ans plus tard.

3. Utilisations industrielles de l'américium 241

3.1. Source de neutrons

- Le mélange béryllium - américium sert de source de neutrons pour amorcer des réactions de fission. Le béryllium réagit avec les particules α émises par l'américium 241 pour donner un noyau A_ZX et un neutron.

3.1.1 A l'aide du tableau dans les données, écrire l'équation de cette réaction et déterminer la nature du noyau A_ZX .

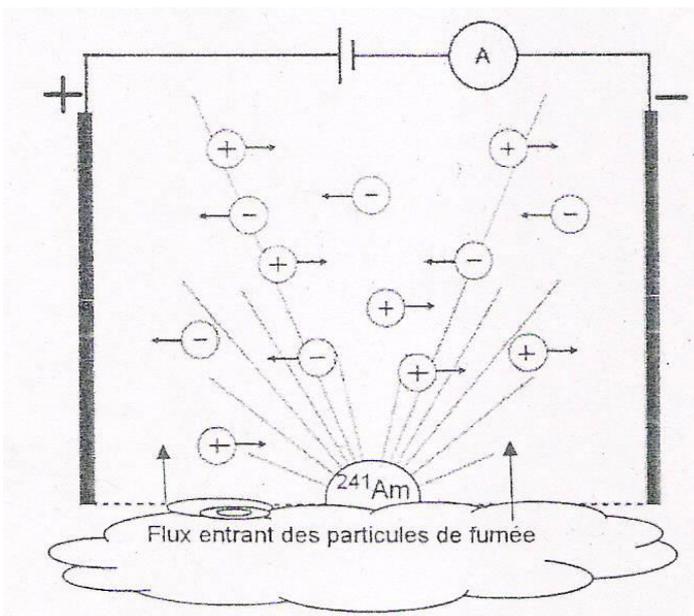
3.1.2 Les réacteurs nucléaires exploitent l'énergie dégagée par les nombreuses réactions de fission possibles comme par exemple : ${}_0^1n + {}_{92}^{235}U \longrightarrow {}_{36}^{91}Kr + {}_{56}^{142}Ba + 3 {}_0^1n$

3.1.2.1 En s'appuyant sur l'exemple, définir une réaction de fission nucléaire.

3.1.2.2 Expliquer pourquoi la source d'américium n'est utile qu'au démarrage de la réaction nucléaire.

3.2. Détecteur de fumée

- Un détecteur de fumée est constitué d'une chambre de détection dans laquelle se trouvent deux électrodes sous tension et une source contenant quelques dixièmes de milligrammes d'américium (figure ci-dessous).



- Le rayonnement α produit lors de la désintégration de l'américium ionise les molécules contenues dans l'air de la chambre de détection. Les ions et les électrons obtenus sont attirés par la plaque positive ou négative suivant le signe de leur charge. L'ampèremètre détecte un courant dans le circuit
- Quand de la fumée entre dans la chambre de détection, les ions et les électrons se fixent sur les particules contenues dans la fumée. La modification de la valeur de l'intensité du courant déclenche l'alarme.
- Afin de déterminer la masse d'américium contenue dans un détecteur, on mesure l'activité de l'échantillon à un instant de date t_0 . On trouve $A_0 = 2,1 \times 10^7$ Bq.

3.2.1 En vous référant aux questions 2.3 et 2.5.1, montrer que la relation entre la constante de désintégration λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est : $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$

3.2.2 En utilisant la relation donnée en 2.4, calculer le nombre N_0 de noyaux présents au moment de la mesure. On donne $\ln(2) = 0,7$ et on considère que 433 années valent 10^{10} s.

3.2.3 En déduire la quantité de matière n_0 d'américium 241 puis calculer la masse m_0 de l'échantillon en grammes.

II. Étude cinétique de la dismutation de l'eau oxygénée

- L'eau oxygénée commerciale est une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène utilisée comme désinfectant pour des plaies, pour l'entretien des lentilles de contact ou comme agent de blanchiment.
 - Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) intervient dans deux couples oxydant-réducteur : $H_2O_2(aq) / H_2O(l)$ et $O_2(g) / H_2O_2(aq)$.
 - Le peroxyde d'hydrogène est capable dans certaines conditions de réagir sur lui-même c'est à dire de se dismuter selon l'équation de réaction suivante : $2 H_2O_2(aq) = 2 H_2O(l) + O_2(g)$ **Réaction 1**
 - Cette réaction est lente à température ordinaire mais sa vitesse peut être augmentée en présence d'un catalyseur.
- **Donnée** : Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_M \approx 25$ L.mol⁻¹.

- La partie 3 est indépendante des parties 1 et 2.

1. Partie 1 : Étude de la réaction de dismutation

- 1.1. Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction des deux couples auxquels le peroxyde d'hydrogène appartient.
- 1.2. Compléter le tableau d'évolution du système sur la feuille réponse.

2. Partie 2 : Détermination de la concentration initiale de la solution de peroxyde d'hydrogène

- L'eau oxygénée du commerce se présente en flacons opaques afin d'éviter que la lumière favorise la transformation chimique précédente. Le flacon utilisé dans cette étude porte la mention suivante : eau oxygénée à 10 volumes. Cette indication est appelée le titre de l'eau oxygénée.
- Par définition, le titre est le volume de dioxygène (exprimé en litres) libéré par un litre de solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène suivant la réaction de dismutation dans les conditions normales de température et de pression (réaction 1). On considérera, en première approximation, que les conditions de l'expérience sont assimilables aux conditions normales.
- Avant de réaliser le suivi cinétique de la réaction de dismutation, on désire vérifier l'indication donnée sur le flacon concernant le titre de l'eau oxygénée de la solution commerciale utilisée.

2.1. Calcul de la valeur attendue de la concentration en peroxyde d'hydrogène.

2.1.1 Par définition du titre de l'eau oxygénée, quel volume de dioxygène $V(O_2)$ serait libéré par un volume $V = 1,00$ L de la solution commerciale au cours de la réaction de dismutation du peroxyde d'hydrogène ?

2.1.2 Calculer la quantité de dioxygène formé au cours de cette transformation.

2.1.3 La transformation précédente étant considérée comme totale, calculer la concentration en peroxyde d'hydrogène notée $[H_2O_2]_{th}$ de cette solution commerciale (valeur théoriquement attendue). Aucune justification n'est demandée.

2.2. Détermination de la valeur réelle de la concentration en peroxyde d'hydrogène.

- Pour vérifier la valeur de la concentration précédente, on réalise le titrage d'un volume $V_0 = 10,0$ mL de cette solution par une solution de permanganate de potassium acidifiée de concentration en soluté $C_1 = 2,0 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹. Les couples oxydant-réducteur intervenant au cours du titrage sont $MnO_4^- (aq) / Mn^{2+} (aq)$ et $O_2 (g) / H_2O_2 (aq)$. Le volume de permanganate de potassium versé pour obtenir l'équivalence est $V_{eq} = 14,6$ mL.

- L'équation de la réaction de titrage est la suivante :



2.2.1 La réaction doit avoir lieu en milieu acide. Pourquoi ?

2.2.2 L'ion permanganate $MnO_4^- (aq)$ donne une coloration violette aux solutions aqueuses qui le contiennent. Comment l'équivalence est-elle repérée au cours du titrage ?

2.2.3 Quelle relation peut-on écrire entre la quantité initiale de peroxyde d'hydrogène se trouvant dans le bécher $n_0(H_2O_2)$ et la quantité d'ions permanganate introduits dans le bécher à l'équivalence $n_{eq}(MnO_4^-)$?

2.2.4 Donner l'expression de la concentration en peroxyde d'hydrogène de la solution commerciale $[H_2O_2]_{exp}$ en fonction de C_1 , V_0 et V_{eq} .

2.2.5 Calculer la concentration expérimentale $[H_2O_2]_{exp}$.

2.2.6 Comparer à la valeur obtenue à la question 2.1.3. Les erreurs de manipulation mises à part, comment peut-on expliquer l'écart de concentration obtenu ?

3. Partie 3 : Étude cinétique de la dismutation du peroxyde d'hydrogène

- La dismutation du peroxyde d'hydrogène est une réaction lente mais qui peut être accélérée en utilisant par exemple des ions fer III ($Fe^{3+} (aq)$) présents dans une solution de chlorure de fer III, un fil de platine ou de la catalase, enzyme se trouvant dans le sang.
- L'équation de la réaction associée à cette transformation est donnée dans l'introduction (réaction 1).

3.1. Donner la définition d'un catalyseur.

- La transformation étudiée est catalysée par les ions fer III. On mélange 10,0 mL de la solution commerciale d'eau oxygénée avec 85 mL d'eau. À l'instant $t = 0$ s, on introduit dans le système 5,0 mL d'une solution de chlorure de fer III.

- Au bout d'un temps déterminé, on prélève 10,0 mL du mélange réactionnel que l'on verse dans un becher d'eau glacée. On titre alors le contenu du bécher par une solution de permanganate de potassium afin de déterminer la concentration en peroxyde d'hydrogène se trouvant dans le milieu réactionnel.

- On obtient les résultats suivants :

t(min)	0	5	10	20	30	35
$[H_2O_2]$ (mol.L ⁻¹)	$7,30 \times 10^{-2}$	$5,25 \times 10^{-2}$	$4,20 \times 10^{-2}$	$2,35 \times 10^{-2}$	$1,21 \times 10^{-2}$	$0,90 \times 10^{-2}$

- 3.2. Tracer sur la feuille de papier millimétré sur **la feuille réponse** l'évolution de la concentration en peroxyde d'hydrogène en fonction du temps.
Échelles : en abscisses 2 cm pour 5 min ; en ordonnées 2 cm pour $1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- 3.3. En utilisant le tableau d'évolution du système proposé de **la feuille réponse**, exprimer l'avancement de la transformation $x(t)$ en fonction de $n_t(\text{H}_2\text{O}_2)$ quantité de peroxyde d'hydrogène présent à l'instant t et de $n_0(\text{H}_2\text{O}_2)$ quantité initiale de peroxyde d'hydrogène.
- 3.4. La vitesse volumique v de la transformation chimique est définie comme étant le rapport de la dérivée de l'avancement $x(t)$ en fonction du temps par le volume V du système : $v = \frac{1}{V} \frac{dx(t)}{dt}$
En utilisant la relation obtenue à la question 3.3., montrer que cette vitesse v peut être exprimée par la relation suivante : $v = -\frac{1}{2} \frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt}$
- 3.5. En s'aidant de la relation précédente et de la courbe d'évolution de la concentration en eau oxygénée en fonction du temps, indiquer comment évolue la vitesse de la transformation chimique au cours du temps. Expliquer le raisonnement.
- 3.6. Donner la définition du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.
- 3.7. En déduire graphiquement la valeur de $t_{1/2}$.
- 3.8. Si la transformation chimique étudiée avait été réalisée à une température plus élevée, tracer sur le graphe l'allure de la courbe. Justifier.

III. Oscillateur électrique

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Étude d'un condensateur

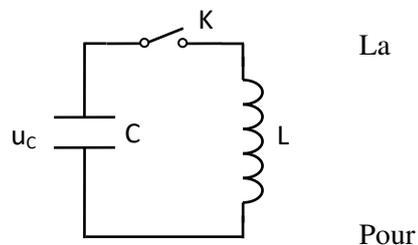
- 1.1. Un générateur idéal de tension constante notée E alimente un condensateur de capacité C en série avec un conducteur ohmique de résistance R .
Le condensateur étant initialement déchargé, on souhaite visualiser, à l'aide d'un oscilloscope numérique, la tension aux bornes du générateur sur la voie A et la tension aux bornes du condensateur sur la voie B, lors de la fermeture du circuit.

Compléter le schéma du montage (**figure 1 de la feuille réponse** en représentant les symboles des deux dipôles (condensateur et conducteur ohmique) et les flèches des tensions visualisées sur chacune des voies.

- 1.2. L'écran de l'oscilloscope est représenté sur la **figure 2 de la feuille réponse** Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants : sensibilité verticale : 2 V/div ; base de temps : 0,5 ms/div.
- 1.2.1 A quelle voie de l'oscilloscope correspond chacune des deux courbes ? Justifier .
- 1.2.2 Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme, la valeur de la tension E délivrée par le générateur .
- 1.2.3 Donner l'expression de la constante de temps τ du dipôle (R, C). Montrer que τ a la dimension d'un temps.
- 1.2.4 Déterminer à l'aide de l'oscillogramme de la figure 2 la valeur de τ en expliquant la méthode utilisée.

2. Étude de l'association d'un condensateur et d'une bobine

- On réalise maintenant le montage schématisé ci-contre. Le condensateur de capacité C est initialement chargé. La tension à ses bornes est égale à 5,0 V. bobine d'inductance L a une résistance négligeable. Ainsi on considère que la résistance totale du circuit est négligeable.



- 2.1. Établir l'équation différentielle que vérifie la tension u_C aux bornes du condensateur après la fermeture de l'interrupteur K .
- 2.2. On rappelle que la période propre d'un dipôle (L, C) est $T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$.
le dipôle étudié, la valeur calculée est $T_0 = 4,0 \times 10^{-3} \text{ s}$.
Un ordinateur muni d'une carte d'acquisition permet de visualiser l'évolution de la tension aux bornes du condensateur u_C . Le début de l'enregistrement est synchronisé avec la fermeture de l'interrupteur ($t = 0$).
- 2.2.1 Représenter, sur **la figure 3 de la feuille réponse**, l'allure de la tension observée sur l'écran.
- 2.2.2 On remplace le condensateur par un autre de capacité $C' = 4 C$, en conservant la même bobine.
Exprimer la nouvelle période propre T_0' en fonction uniquement de T_0 .
- 2.2.3 Donner les expressions des énergies emmagasinées par le condensateur et par la bobine.
Laquelle de ces deux énergies est nulle à $t = 0$? Justifier.
A quelle date, l'autre énergie sera-t-elle nulle pour la première fois ?

2.3. En réalité, la résistance totale du circuit est faible mais pas négligeable.

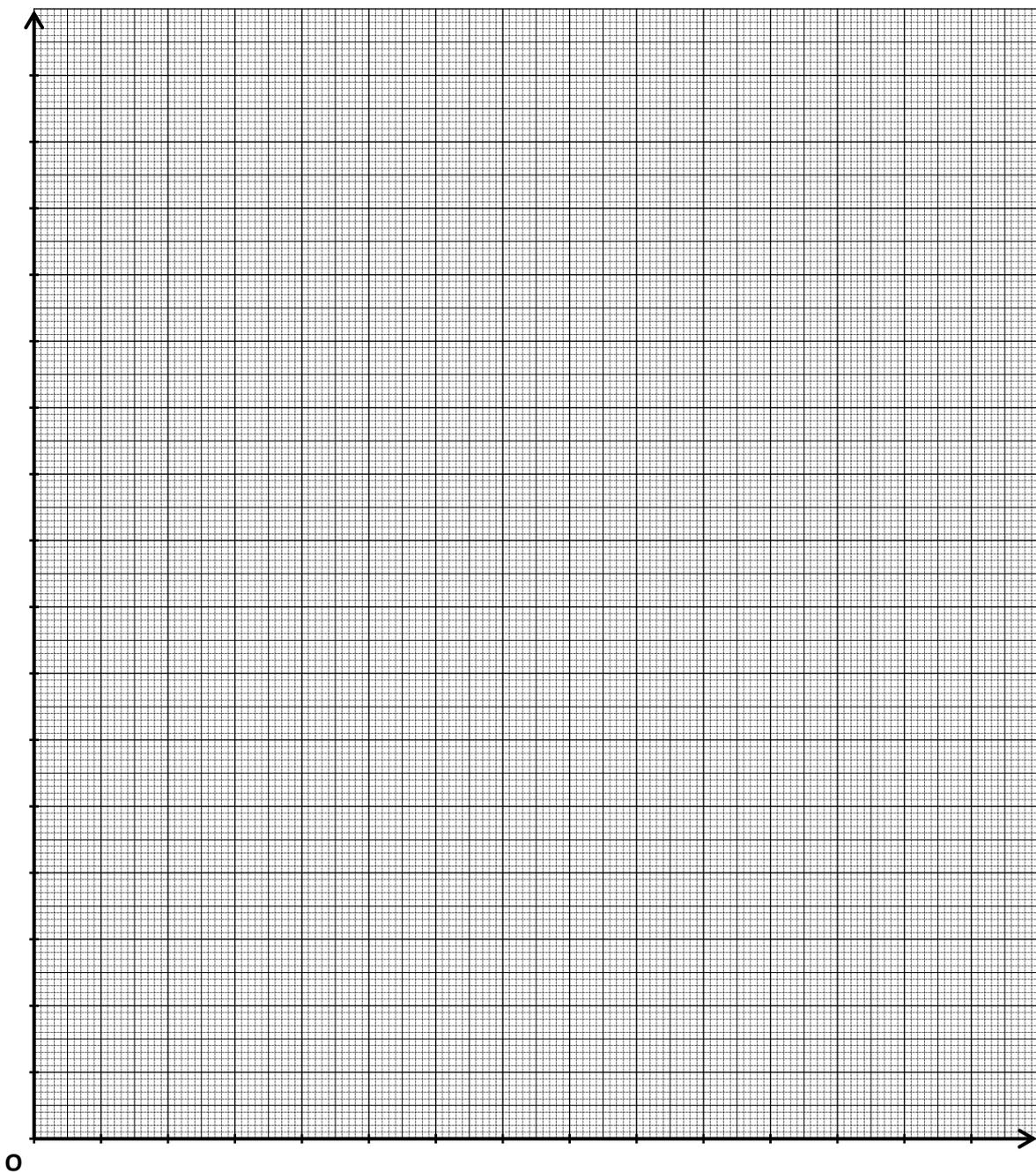
2.3.1 Quelle conséquence cela a-t-il d'un point de vue énergétique ? Justifier.

2.3.2 Comment qualifie-t-on ce régime ?

Annexe

Étude cinétique de la dismutation de l'eau oxygénée

équation-bilan		$2 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$	=	$\text{O}_{2(\text{g})}$	+	$2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
Etat initial	$x = 0$	$n_0 (\text{H}_2\text{O}_2)$				
en cours	x					
Etat final	$x = x_{\text{max}}$					



Oscillateur électrique

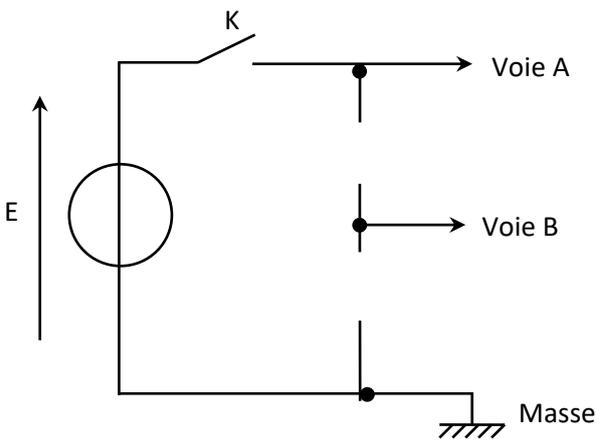


Figure 1

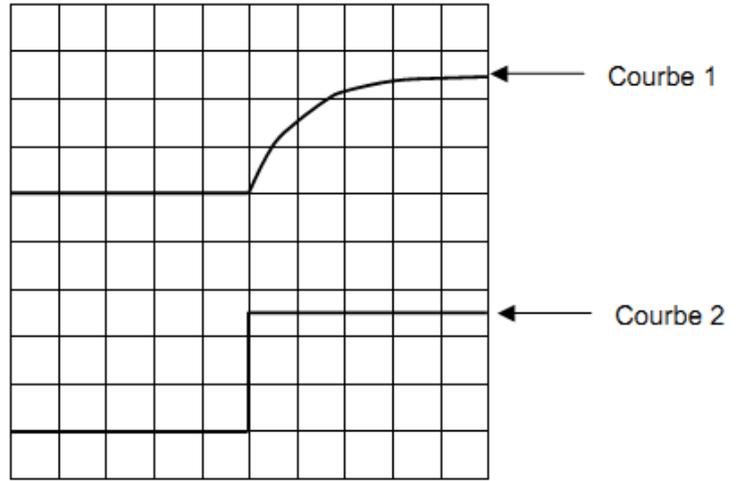


Figure 2

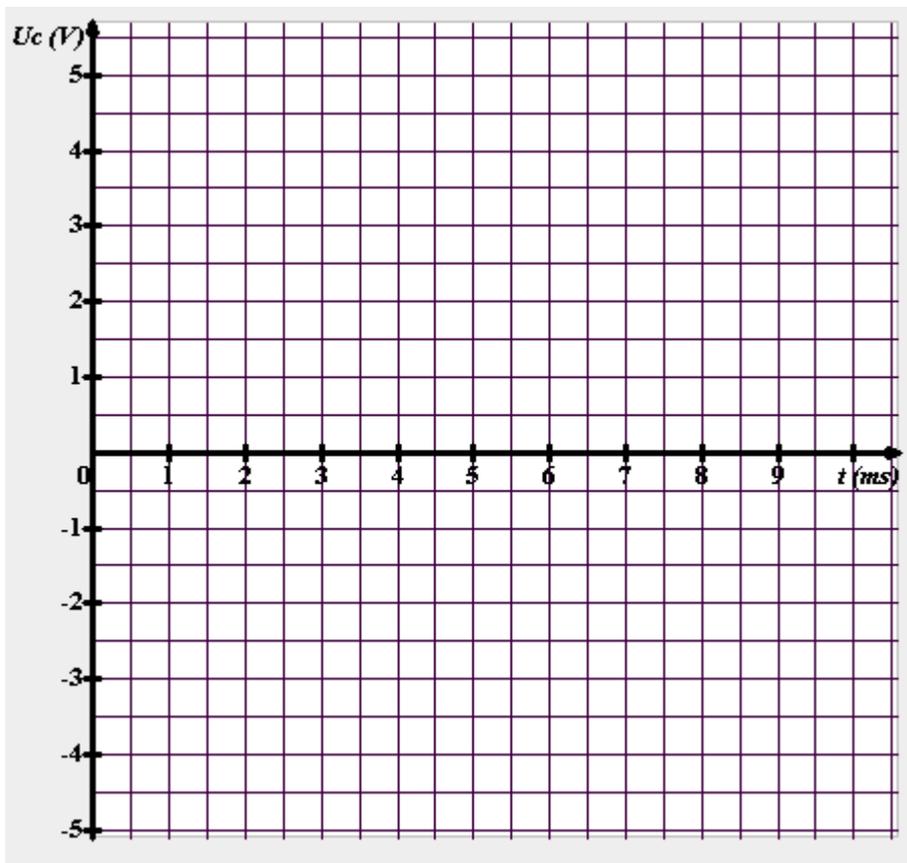


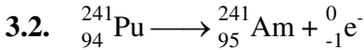
Figure 3

Correction

I. I. L'américium 241 et quelques utilisations industrielles

3. Obtention de l'américium 241

3.1. Au cours d'une réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de nucléons, et de la charge électrique.



3.3. L'américium 241 et le plutonium 241 ne sont pas isotopes car ils n'ont pas le même nombre de charges

4. Désintégration de l'américium 241

4.1. ${}_{95}^{241}\text{Am} \longrightarrow {}_{93}^{237}\text{Np} + {}_2^4\text{He}$. Il y a libération d'un noyau d'hélium, il s'agit d'une désintégration α

4.2. Le noyau de neptunium est formé dans un état excité, il se réorganise et se **désexcite** en libérant un **rayonnement électromagnétique gamma**.

4.3.

4.3.1 N_0 représente le nombre de noyaux initialement présents, il s'agit d'un nombre **sans unité**.

λ représente la constante radioactive qui caractérise chaque type de noyau, elle s'exprime en s^{-1} dans le système international.

4.3.2 Le nombre de désintégrations dans un échantillon dépend du type de noyau radioactif et donc de la constante radioactive λ , de la durée Δt durant laquelle on compte les désintégrations, et enfin du nombre de noyaux présents dans l'échantillon.

4.4. L'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif peut s'exprimer par la relation suivante $A(t) = \lambda N(t)$.

4.4.1 $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ avec $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ alors $A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$.

4.4.2 Une activité d'un becquerel correspond à une moyenne **d'une désintégration par seconde**.

4.4.3 On a établi $A(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$, pour les deux échantillons la **constante radioactive est la même**. Par ailleurs le nombre initial de noyaux N_0 est **proportionnel à la masse de l'échantillon**. Donc l'activité de l'échantillon de masse $2m$ est **double** de celle de masse m .

4.5. La valeur du temps de demi-vie d'un échantillon d'américium 241 est d'environ 433 années.

4.5.1 Le temps de demi-vie d'un échantillon de noyaux radioactifs est égal à la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon se désintègrent.

4.5.2 $A(t = 433 \text{ ans}) = A(t_{1/2}) = A_0/2$; $A(t = 1299 \text{ ans}) = 3 \times 433 \text{ ans}) = A(3t_{1/2}) = A_0/8$.

5. Utilisations industrielles de l'américium 241

5.1. Source de neutrons

5.1.1 ${}_4^9\text{Be} + {}_2^4\text{He} \longrightarrow {}_6^{12}\text{C} + {}_0^1\text{n}$ par conservation du nombre de nucléons, et de la charge électrique.

5.1.2

5.1.2.1 Au cours d'une réaction de fission, sous l'impact d'un neutron, un gros noyau se scinde en deux noyaux plus petits en libérant plusieurs neutrons et de l'énergie.

5.1.2.2 La source n'est utile qu'au démarrage de la réaction nucléaire car ensuite les trois neutrons produits permettent d'enclencher d'autres fissions.

5.2. Détecteur de fumée

5.2.1 $N(t_{1/2}) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = N_0/2$ soit $e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} = \frac{1}{2}$ ou $e^{\lambda \cdot t_{1/2}} = 2$ soit $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln(2)$ d'où $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$

5.2.2 $A_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} N_0$ soit $N_0 = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} A_0$; $N_0 = \frac{10^{10}}{0,7} \times 2,1 \times 10^7 = 3 \times 10^{17}$ noyaux présents

5.2.3 $n_0 = \frac{N_0}{N_A}$; $n_0 = \frac{3 \times 10^{17}}{6,0 \cdot 10^{23}} = 0,5 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-7}$ mol de noyaux

$m_0 = n_0 \times M({}^{241}\text{Am}) = 5 \times 10^{-7} \times 241 = 1205 \times 10^{-7} \approx 1 \times 10^{-4} \text{ g} = 0,1 \text{ mg d'américium}$ dans le détecteur de fumée.

II. Étude cinétique de la dismutation de l'eau oxygénée (Réunion 2007)

6. Partie 1 : Étude de la réaction de dismutation

6.1. Couple $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+(\text{aq}) = 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Couple $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$ $\text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{e}^- + 2 \text{H}^+(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$

6.2. Compléter le tableau d'évolution du système en annexe à remettre avec la copie.

7. Partie 2 : Détermination de la concentration initiale de la solution de peroxyde d'hydrogène

7.1. Calcul de la valeur attendue de la concentration en peroxyde d'hydrogène.

7.1.1 Par définition, $V(\text{O}_2) = 10 \text{ L}$ puisque le flacon porte la mention « 10 volumes ».

7.1.2 Si la transformation est totale, $n(\text{O}_2) = x_{\text{max}} = \frac{V(\text{O}_2)}{V_M}$; $n(\text{O}_2) = \frac{10}{25} = 0,40 \text{ mol}$

7.1.3 D'après le tableau d'avancement, si la transformation est totale alors le peroxyde d'hydrogène est totalement consommé, soit $n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x_{\text{max}} = 0$ ou $[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{th}} \cdot V - 2x_{\text{max}} = 0$ avec $x_{\text{max}} = \frac{V(\text{O}_2)}{V_M}$.

$$\text{Alors } [\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{th}} = 2 \times \frac{V(\text{O}_2)}{V_M \times V}; [\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{th}} = 2 \times \frac{10}{25 \times 1,00} = \mathbf{0,80 \text{ mol.L}^{-1}}$$

7.2. Détermination de la valeur réelle de la concentration en peroxyde d'hydrogène.

7.2.1 La réaction doit avoir lieu en milieu acide car il y a présence d'ions H^+ lors de la réaction qui se trouvent prépondérants en milieu acide

7.2.2 Avant l'équivalence, MnO_4^- est réactif limitant, la solution est incolore. A l'équivalence, il y a changement de réactif limitant. Juste au-delà de l'équivalence, les ions permanganate constituent le réactif en excès. Ils donnent une coloration violette au milieu réactionnel, ce qui permet de repérer l'équivalence.

7.2.3 A l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques, soit d'après l'équation chimique : $\frac{n_0(\text{H}_2\text{O}_2)}{5} = \frac{n_{\text{eq}}(\text{MnO}_4^-)}{2}$

$$7.2.4 \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}} V_0}{5} = \frac{C_1 V_{\text{eq}}}{2} \text{ soit } [\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}} = \frac{5 C_1 V_{\text{eq}}}{2 V_0}$$

$$7.2.5 [\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}} = \frac{5 \times 2,0 \cdot 10^{-1} \times 14,6}{2 \times 10,0} = \mathbf{7,3 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}}$$

7.2.6 $[\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{th}} = 8,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} > [\text{H}_2\text{O}_2]_{\text{exp}}$. On peut penser qu'une partie du peroxyde d'hydrogène a réagi sur lui-même avant que l'on procède au titrage. Cette réaction est lente à température ordinaire, mais elle peut expliquer que l'on obtienne une concentration expérimentale inférieure à la concentration théorique.

8. Partie 3 : Étude cinétique de la dismutation du peroxyde d'hydrogène

8.1. Un catalyseur est une espèce chimique qui, par sa présence dans le milieu réactionnel, augmente la vitesse d'une transformation chimique spontanée et se retrouve inaltérée, du point de vue chimique, à la fin de la transformation.

8.2. Voir feuille annexe

$$8.3. n_t(\text{H}_2\text{O}_2) = n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - 2x(t) \text{ donc } x(t) = \frac{n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - n_t(\text{H}_2\text{O}_2)}{2}$$

$$8.4. v = \frac{1}{V} \frac{dx(t)}{dt} = \frac{1}{V} \frac{d(([\text{H}_2\text{O}_2]_0 - [\text{H}_2\text{O}_2])/2)}{dt} \text{ et comme } [\text{H}_2\text{O}_2]_0 = \text{constante, on obtient : } v = -\frac{1}{2} \frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt}$$

8.5. $\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt}$ représente le coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de $[\text{H}_2\text{O}_2]$ en fonction du temps. A la date $t = 0$ min, ce coefficient directeur est très négatif, la courbe décroît rapidement. Alors la vitesse volumique de la transformation est la plus élevée. Puis au cours du temps, la tangente à la courbe est de moins en moins inclinée, la vitesse diminue.

8.6. Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement a atteint la moitié de sa valeur finale :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_F}{2}$$

$$8.7. \text{ Graphiquement, } [\text{H}_2\text{O}_2](\text{à } t_{1/2}) = \frac{7,30 \cdot 10^{-2}}{2} = 3,65 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}. \quad \boxed{t_{1/2} \approx 12 \text{ min}}$$

8.8. La température est un facteur cinétique, une température plus élevée aurait augmenté la vitesse volumique de la transformation. La concentration initiale étant restée la même, $[\text{H}_2\text{O}_2]$ aurait diminué plus rapidement et le temps de demi-réaction serait plus court.

III. Oscillateur électrique

9. Étude d'un condensateur

9.1. Voir Feuille annexe

9.2. L'écran de l'oscilloscope est représenté sur la **figure 2 de l'annexe**. Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants : sensibilité verticale : 2 V/div ; base de temps : 0,5 ms/div.

9.2.1 Quand on ferme l'interrupteur la tension u_g passe instantanément de 0 à E volts, elle est donc représentée par la courbe 2. La courbe 2 correspond à la voie A.

Le condensateur ne se charge pas instantanément : u_C augmente exponentiellement puis tend vers une tension constante lorsque la charge est terminée. La courbe 1 correspond à la voie B.

9.2.2 E correspond à 2,5 divisions sur l'écran, soit $E = 2,5 \times 2 = 5\text{V}$

$$9.2.3 \tau = R \times C ; [\tau] = [R] \times [C] \text{ Or } U = R \times I \text{ (loi d'Ohm) et } U = \frac{q}{C}. \text{ Il vient : } [\tau] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[Q]}{[U]} = \frac{[Q]}{[I]} = [T]$$

τ est bien homogène à un temps.

9.2.4 La méthode de la tangente est peu précise. Pour $t = \tau$ alors $u_C(\tau) = 0,63 \cdot E$ soit $u_C(\tau) = 0,63 \times 5,0 = 3,15 \text{ V}$, à l'écran environ 1,6 div. D'autre part, pour $t = 5 \tau$, on peut considérer que la tension aux bornes du

condensateur est égale à celle aux bornes du générateur. 5τ représentées par 5 div, donc τ correspond à une division. $\tau = 0,5$ ms (ne pas conserver pas trop de chiffres significatifs !)

10. Étude de l'association d'un condensateur et d'une bobine

10.1. D'après la loi d'additivité des tensions, on a : $u_C + u_L = 0$

$$u_C + L \frac{di}{dt} = 0 \text{ or } i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt} ; u_C + L C \frac{d^2u_C}{dt^2} = 0 \text{ soit } \frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C = 0$$

10.2.

10.2.1 Voir annexe

10.2.2 $T_0' = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{L \times 4C} = 2 \times 2\pi \sqrt{L \times C} = 2 T_0.$

10.2.3 Énergie emmagasinée dans le condensateur : $E_C = \frac{1}{2} C u_C^2$;

Énergie emmagasinée dans la bobine : $E_L = \frac{1}{2} L i^2$

À la date $t = 0$ s, le condensateur est chargé, donc $i = 0$, l'énergie emmagasinée dans la bobine est nulle par continuité de l'intensité dans la bobine.

ou $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$ et $\frac{du_C}{dt}$ est égale au coefficient directeur de la tangente à la courbe représentative de $u_C =$

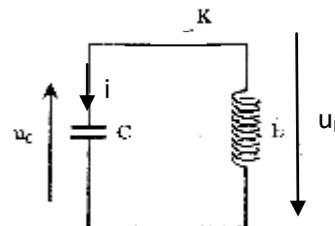
$f(t)$. Or à $t = 0$ s, cette tangente est horizontale.

La tension aux bornes du condensateur s'annule au bout d'une durée égale à $T_0/4 = 1$ ms, ce qui correspond à une énergie emmagasinée dans le condensateur nulle.

10.3. En réalité, la résistance totale du circuit est faible mais pas négligeable.

10.3.1 La résistance totale du circuit n'étant pas négligeable, il y a **dissipation d'énergie** sous forme de chaleur en raison de l'**effet Joule**.

10.3.2 C'est le **régime pseudo-périodique**. On observe un amortissement des oscillations électriques, l'amplitude de la tension aux bornes du condensateur (et aux bornes de la bobine) diminue au cours du temps.



équation-bilan		$2 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} = \text{O}_{2(\text{g})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$		
Etat initial	$x = 0$	$n_0 (\text{H}_2\text{O}_2)$	0	solvant
en cours	x	$n_0 (\text{H}_2\text{O}_2) - x$	$x = n(\text{O}_2)$	solvant
Etat final	$x = x_{\text{max}}$	$n_0 (\text{H}_2\text{O}_2) - 2 x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}} = n(\text{O}_2)$	solvant

