

EXERCICE 1 : DATATION D'UNE ROCHE

La méthode potassium-argon permet de dater les roches et les minéraux dont la teneur en potassium est significative dans une gamme d'âges de trois milliards d'années à quelques dizaines de milliers d'années.

Les roches volcaniques contiennent du potassium dont l'isotope 40 est radioactif. Lors de sa désintégration, le potassium 40 se désintègre en argon 40 avec une demi-vie (ou période) T de $1,4 \cdot 10^9$ ans et une constante radioactive λ . L'argon est un gaz monoatomique qui est en général retenu par la roche.

Lors d'une éruption volcanique, la lave perd l'argon 40 (c'est le dégazage). À la date de l'éruption, la lave solidifiée ne contient donc plus d'argon. Au cours du temps, l'argon 40 s'accumule à nouveau dans la roche, alors que le potassium disparaît peu à peu.

On considère les masses des atomes de potassium 40 et d'argon 40 identiques.

1. Caractéristiques des noyaux

- 1.1. Qu'appelle-t-on deux noyaux isotopes ?
- 1.2. L'isotope 40 du potassium est noté ${}_{19}^{40}\text{K}$.

Comment appelle-t-on les nombres entiers positifs situés en indice et en exposant à gauche du symbole K ? Quelles informations donnent-ils sur la composition du noyau de potassium ? Lequel caractérise l'élément chimique ?

2. Datation d'un échantillon de roche volcanique

L'analyse d'un échantillon de basalte, montre qu'il contient une masse $m = 1,40$ mg de potassium 40 et une masse $m' = 0,20$ mg d'argon 40.

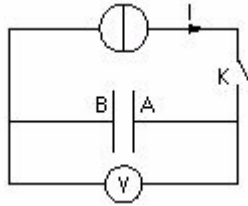
On prendra l'origine des dates au moment de l'éruption volcanique.

- 2.1. Ecrire l'équation de désintégration du noyau de potassium 40 sachant que le noyau obtenu est ${}_{18}^{40}\text{Ar}$.
- 2.2. Quelle était la masse m_0 de potassium 40 présent dans la roche à la date de l'éruption volcanique ? Justifier.
- 2.3. Soit N_0 le nombre de noyaux de potassium 40 présents dans la roche au moment de l'éruption et $N(t)$, le nombre de noyaux de potassium 40 présents dans la roche à une date t .
Exprimer $N(t)$ en fonction de N_0 et de la constante radioactive λ .
- 2.4. A partir de la relation précédente, établir la relation entre λ et la demi-vie T .
En déduire l'expression de $N(t)$ en fonction de N_0 et T .
- 2.5. Exprimer l'âge t_1 de la roche en fonction de m_0 , m et T .
- 2.6. Estimer la valeur de t_1 . On donne : $\ln 2 = 0,7$ et $\ln(8/7) = 0,1$.

EXERCICE 2 : MESURE DE LA CAPACITE D'UN CONDENSATEUR

On se propose de mesurer par deux méthodes, la capacité C d'un condensateur.

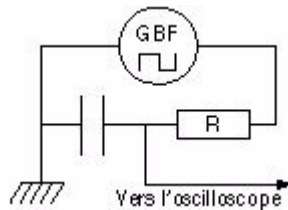
I. Le condensateur est relié à un générateur de courant délivrant un courant d'intensité I constante et réglable. Un voltmètre de résistance infinie permet de mesurer la tension u_{AB} aux bornes du condensateur.



Le condensateur étant initialement déchargé, on ferme l'interrupteur K à l'instant $t_0 = 0$ et l'on observe qu'à l'instant t_1 la tension u_{AB} atteint une certaine valeur u_1 .

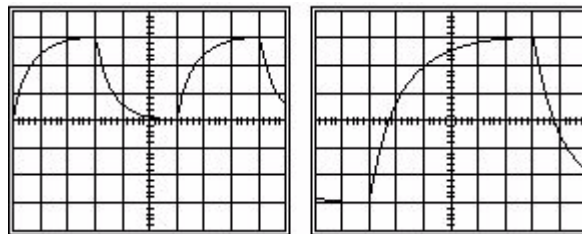
- Déterminer la tension aux bornes du condensateur à l'instant t .
- Pour $I = 10 \mu A$, u_{AB} atteint la valeur $u_1 = 6,0 V$ à l'instant $t_1 = 7,2 s$. Calculer la valeur de la capacité C du condensateur.
- Calculer l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur à l'instant t_1 .

II. On réalise à présent le montage suivant :



Le GBF délivre une tension en créneaux, variant de 0 à 6 V et $R = 1\,000 \Omega$.

Selon les réglages de l'oscilloscope on obtient les oscillogrammes (1) et (2) donnés ci-après.



Oscillogramme (1)

Règles de l'oscilloscope :

- Balayage horizontal : 20 ms/div.
- Sensibilité verticale : 2 V/div.

Oscillogramme (2)

Règles de l'oscilloscope :

- Balayage horizontal : 10 ms/div.
- Sensibilité verticale : 1 V/div.

- En précisant les conventions utilisées, établir l'équation différentielle d'évolution de la tension aux bornes du condensateur lorsque le dipôle RC est soumis à une tension constante $u_{AM} = E$.
- Quelle est l'expression de la solution de l'équation différentielle établie précédemment ?
- Montrer que le produit $\tau = RC$ est homogène à un temps.
- En plus de la durée du balayage horizontal et de la sensibilité verticale, quels réglages a-t-on modifié sur l'oscilloscope pour passer de l'oscillogramme (1) à l'oscillogramme (2) ?
Pour quelle raison ?
- Mesurer τ en utilisant l'oscillogramme le mieux approprié. Indiquer la méthode employée sur l'oscillogramme.

EXERCICE 3 : TITRAGE DE L'ACIDE ASCORBIQUE OU VITAMINE C

La vitamine C ou acide ascorbique est vendue en pharmacie sous la forme de comprimés. On cherche à retrouver dans l'exercice les valeurs de la masse m de vitamine C dans un comprimé.

Données numériques à 25°C

Masse molaire de l'acide ascorbique = $176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $\text{pK}_A = 4,0$; $\text{pK}_e = 14$;

Masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé : $m_c = 500 \text{ mg}$ (indication du fabricant).

Concentration de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée : $C_B = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Rouge de méthyle	rouge	4,2 - 6,2	jaune
Rouge de crésol	jaune	7,2 - 8,8	rouge
Hélianthine	rouge	3,1 - 4,4	jaune

Protocole expérimental

Le comprimé écrasé est dissous dans un bécher dans un peu d'eau. Le contenu du bécher est transvasé dans une fiole jaugée de volume $V = 100,0 \text{ mL}$. On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, la solution obtenue est notée S. On prélève un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S, on le verse dans un bécher et on y ajoute 20 mL d'eau distillée.

Le titrage pH-métrique par une solution d'hydroxyde de sodium donne les résultats représentés sur le document ci dessous.

Questions

L'acide ascorbique est représenté par la formule simplifiée AH.

1.

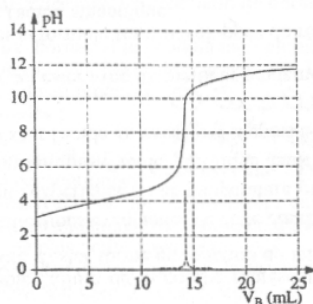
1.1. Ecrire l'équation chimique de la réaction de titrage.

1.2. Calculer la constante de la réaction.

2.

2.1. Définir par une phrase l'équivalence pour ce type de titrage.

2.2. Déduire du graphe ci-dessous les coordonnées du point d'équivalence en précisant la méthode utilisée.



2.3. Quelles sont les espèces chimiques majoritaires à l'équivalence ? Justifier le caractère basique de la solution à l'équivalence.

2.4. A l'aide d'un tableau d'avancement dressé à l'équivalence, déterminer la concentration molaire c_A en acide ascorbique de la solution S.

2.5. En déduire la masse m de vitamine C contenue dans un comprimé. Calculer l'écart relatif avec la valeur indiquée par le fabricant et conclure.

3. Pourquoi ajoute-t-on de l'eau dans la solution S au moment du titrage ? Cela a-t-il une influence sur le volume d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence ? Justifier.

4. Un élève veut refaire le titrage sans utiliser de pH-mètre. Il réalise un titrage colorimétrique.

4.1. Quel est le rôle de l'indicateur coloré ? Quelles précautions doit-on prendre lorsqu'on utilise un indicateur coloré ?

4.2. Lequel doit-il choisir parmi ceux proposés ? Justifier ce choix.

EXERCICE 1 : DATATION D'UNE ROCHE**1. Caractéristiques des noyaux**

- 1.1. On appelle noyaux isotopes des noyaux possédant le même nombre de protons mais des nombres de neutrons différents.
- 1.2. ${}^{40}_{19}\text{K}$: 19 correspond au numéro atomique (ou nombre de protons) ; 40 correspond au nombre de nucléons. Le numéro atomique est caractéristique de l'élément chimique.

2. Datation d'un échantillon de roche volcanique

- 2.1. On a : ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{18}\text{Ar} + {}^0_1\text{e}$.
- 2.2. Initialement, il n'y avait pas d'argon dans la lave (dégazage). Ainsi, la totalité des noyaux de potassium initiaux se trouvent soit encore sous forme de potassium, soit se sont désintégrés en argon. Lors d'une réaction, il y a conservation de la masse.
Il y a avait initialement $m_K = 1,60$ mg.
- 2.3. Par définition, $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$.
- 2.4. Pour $t = T$, $N(t) = \frac{N_0}{2}$. On trouve : $\lambda T = \ln 2$.
- 2.5. On sait que $m = N \times M_K$. Ainsi, on a aussi la relation : $m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$. D'où : $\frac{m}{m_0} = e^{-\lambda t}$.
- On trouve : $t_1 = -\frac{T}{\ln 2} \ln \frac{m}{m_0} = \frac{T}{\ln 2} \ln \frac{m_0}{m}$
- 2.6. On trouve : $t_1 \approx 2.10^8$ ans. La valeur correspond à la gamme d'âge possible avec cette méthode.

EXERCICE 2 : MESURE DE LA CAPACITE D'UN CONDENSATEUR**I.**

- a. Les notations et les conventions sont définies sur la figure ci-contre.

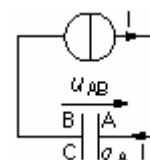
Par définition de la capacité du condensateur, nous avons : $u_{AB} = \frac{q_A}{C}$.

La définition de l'intensité du courant et la conservation de la charge dans le circuit imposent que : $I = \frac{d}{dt} q_A$

Soit q_0 une constante. Puisque I est indépendant du temps : $q_A = I t + q_0$.

Mais, on sait qu'à la date $t_0 = 0$ s, le condensateur est déchargé.

Ainsi : $q_A(0) = 0$ et $q_0 = 0$ et $q_A = I t$. D'où : $u_{AB} = \frac{I t}{C}$



- b. On a : $u_1 = \frac{I t}{C}$ et $C = \frac{I t}{u} = 1,2 \cdot 10^{-5}$ F

- c. À une date t quelconque, l'énergie électrique E_C emmagasinée par le condensateur est donnée par l'expression : $E_C(t) = \frac{1}{2} C \cdot u^2 = \frac{1}{2} q \cdot u$

Puisque $q_A = I t$: $E_C(t) = \frac{1}{2} I \cdot t \cdot u = 2,2 \cdot 10^{-4}$ J

II.

- a. On choisit comme borne positive du GBF la borne droite. D'après la loi d'additivité des tensions, on a

: $u_{GBF} = u_R + u_C$ soit $E = R i + u$ et puisque $i = C \cdot \frac{du}{dt}$, $E = RC \cdot \frac{du}{dt} + u$.

- b. La solution de l'équation différentielle établie précédemment est : $u = A e^{-t/RC} + E$.

A t = 0 s, u = 0 V, soit A = - E et donc $u = E (1 - e^{-t/RC})$.

c. Le produit RC est homogène à un temps : $[RC] = [R].[C] = \Omega.F = \frac{V.C}{A.V} = \frac{A.s}{A} = s$.

d. Par rapport à la courbe de l'oscillogramme 1, celle de l'oscillogramme 2 :

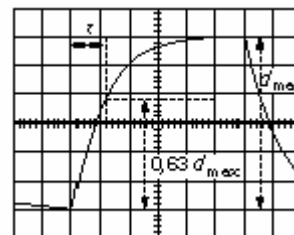
- est plus "étalée" en largeur ; la durée de balayage a donc été modifiée (le balayage horizontal a été diminué) ;
- a une amplitude verticale plus grande ; la sensibilité verticale a donc, elle aussi, été modifiée (elle a été diminuée).

De plus, la ligne 0 V a été décalée vers le bas et il est possible que le cadrage horizontal ait été lui aussi modifié.

Toutes ces modifications ont évidemment pour but d'obtenir à l'écran une courbe plus grande afin d'améliorer la précision des mesures qui seront faites.

e. On sait que pour $t = \tau$, $u(\tau) = 0,63 u_{\max}$.

Le principe de la mesure de τ sur l'oscillogramme 2 est alors schématisé sur la figure ci-contre. Nous trouvons que τ correspond à une déviation horizontale de 1,2 div, soit $\tau = 12$ ms.



f. On obtient : $C = \frac{\tau}{R} = 12 \mu F$. Cette valeur coïncide avec celle trouvée au 1.b.

EXERCICE 3 : TITRAGE DE L'ACIDE ASCORBIQUE OU VITAMINE C

1.

1.1. On a : $AH_{(aq)} + HO^{-}_{(aq)} = A^{-}_{(aq)} + H_2O$.

1.2. Par définition, on a : $Q_{r,f} = \frac{[A^{-}]_f [HO^{-}_{(aq)}]_f}{[AH]_f} = \frac{[A^{-}]_f [H_3O^{+}]_{eq}}{[AH]_f [HO^{-}_{(aq)}]_f [H_3O^{+}]_f} = \frac{K_a}{K_e} = 1,0 \cdot 10^{10}$

2.

2.1. A l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

2.2. On utilise la méthode de la courbe dérivée. On lit : E (14,8).

2.3. A l'équivalence, l'acide $AH_{(aq)}$ a été totalement consommé, de même que les ions $HO^{-}_{(aq)}$ introduits en solution. Il reste des ions $A^{-}_{(aq)}$ et des molécules d'eau H_2O . La solution contient une espèce chimique de caractère basique : son pH est donc basique.

2.4. On a le tableau suivant :

	Avancement (mol)	$AH_{(aq)}$	$HO^{-}_{(aq)}$	$A^{-}_{(aq)}$	H_2O
E.I	$x = 0$	$c_A \cdot V_A$	$c_B \cdot V_B$	0	0
E.F	$x = x_{eq}$	$c_A \cdot V_A - x_{eq}$	$c_B \cdot V_B - x_{eq}$	x_{eq}	x_{eq}

A l'équivalence, on a : $c_A \cdot V_A - x_{eq} = 0$ et $c_B \cdot V_B - x_{eq} = 0$, soit : $c_A \cdot V_A = c_B \cdot V_B$.

On en déduit la valeur de c_A : $c_A = c_B \frac{V_{b,eq}}{V_a} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

2.5. On en déduit la masse de vitamine C présente dans un comprimé, c'est à dire dans les 100 mL de solution contenue dans la fiole : $m = c_A \cdot V \cdot M = 4,9 \cdot 10^2 \text{ mg}$.

L'écart relatif est : $100 \times \left| \frac{500 - m}{500} \right| = 1,4 \%$.

3. On ajoute de l'eau dans le bécher afin que l'électrode pH-métrique soit bien immergée mais cela ne modifie pas la quantité de matière d'ions hydroxyde ajoutée en solution.

4.1. L'indicateur coloré permet, en changeant de teinte, de déterminer l'équivalence du titrage. Il faut en ajouter quelques gouttes en solution afin de ne pas modifier de façon importante le pH de la solution.

4.2. Il faut que la zone de virage de l'indicateur coloré soit contenue dans le saut de pH. Le seul qui correspond ici est le rouge de crésol.