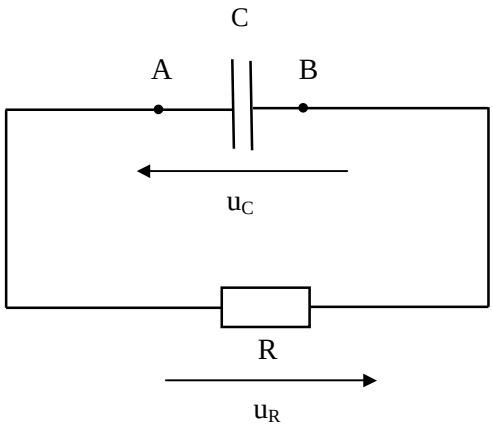
09/2006 Antilles Exercice n°2 (5 points) DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR

On envisage le circuit suivant constitué d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C.



À l' instant t = 0, le condensateur est chargé sous la tension U_0 = 10 V.

On notera :

- u_C la tension aux bornes du condensateur à l'instant t, et l'on a $u_C(0) = U_0$
- u_R la tension aux bornes du conducteur ohmique à l'instant t,
- i l'intensité du courant à l'instant t. Cette intensité a été comptée positivement au cours de la charge du condensateur,
- q_A la charge de l'armature A du condensateur à l'instant t.

1. ÉTABLISSEMENT DE L'ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE LORS DE LA DÉCHARGE

1.1 Quelle relation lie u_R et u_C ?

1.2 Rappeler la relation qui lie la charge q_A de l'armature A à la tension u_C.

1.3 Quel est le signe de i ? Établir la relation liant l'intensité i du courant à la tension u_C.

1.4 Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de u_C peut s'écrire :

$\alpha u_C + \dfrac{du_C}{dt} = 0$ où α est une constante non nulle.

Donner alors l'expression de α en fonction de R et C.

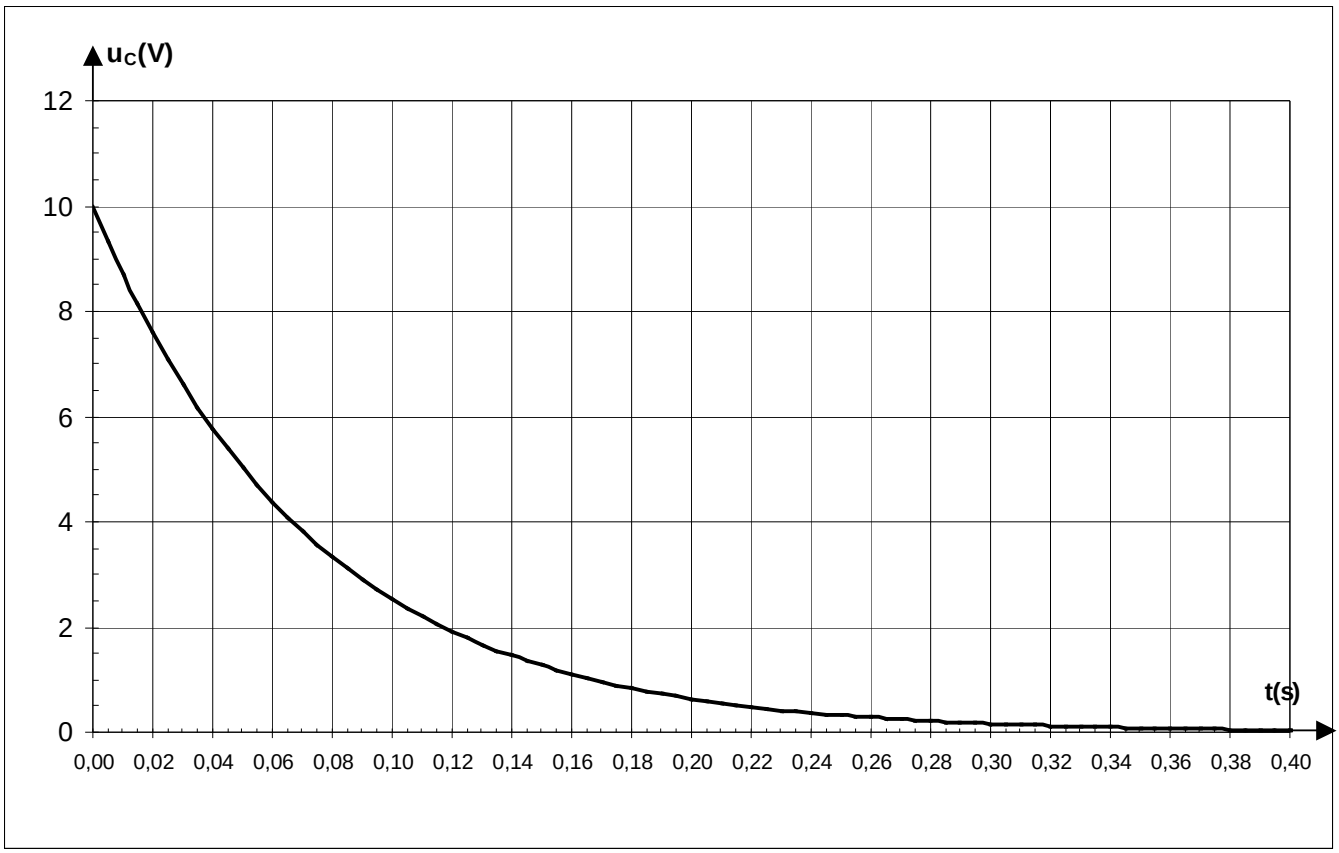
2. SOLUTION DE L'ÉQUATION DIFFÉRENTIELLE

Une solution de l'équation différentielle peut s'écrire $u_C = Ae^{-\beta t}$ où A et β sont deux constantes positives non nulles.

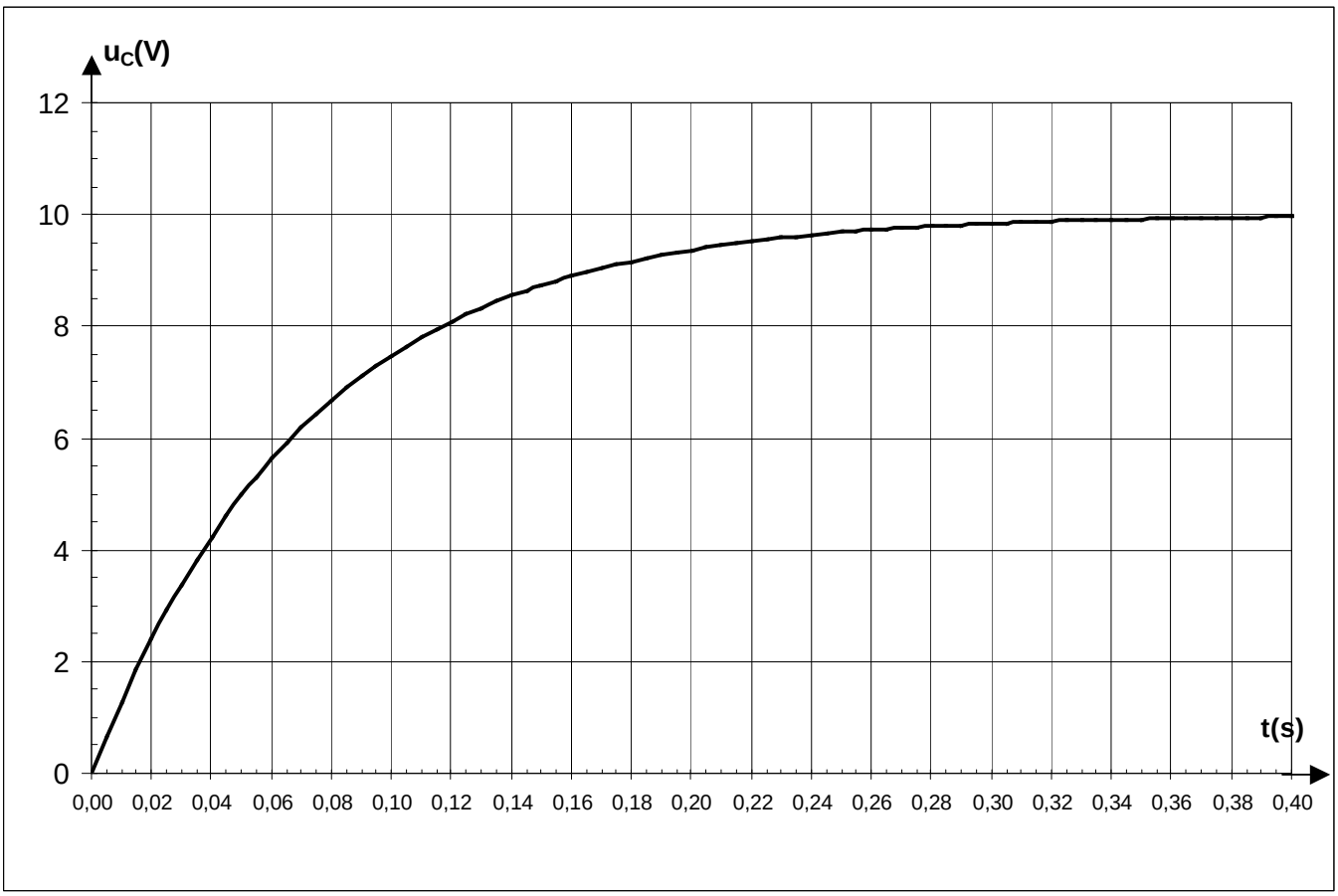
2.1 En utilisant l'équation différentielle, montrer que $\beta = \dfrac{1}{RC}$.

2.2 Déterminer la valeur de A.

2.3 Indiquer parmi les **courbes 1** et **2** données ci-après, celle qui peut représenter u_C. Justifier la réponse.



Courbe 1

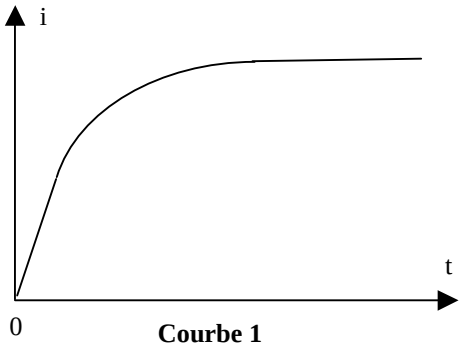


Courbe 2

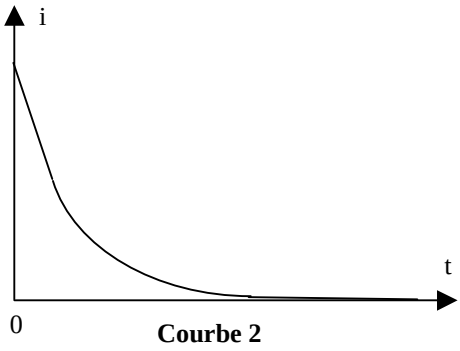
2.4 Donner l'expression littérale de la constante de temps τ.
2.5 Montrer par analyse dimensionnelle que τ a la même unité qu'une durée.
2.6 Déterminer sur la courbe choisie la valeur de la constante de temps τ du circuit.
2.7 Sachant que R = 33 Ω, en déduire la valeur de la capacité C du condensateur.

3. INTENSITÉ DU COURANT

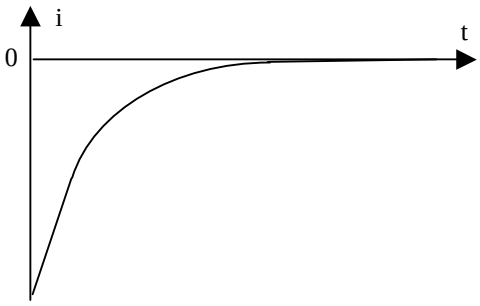
3.1 En utilisant les résultats précédents, montrer que $i = -\frac{U_0}{R} e^{-\left(\frac{t}{RC}\right)}$.
3.2 Déterminer la valeur I_0 de i à t = 0.
3.3 En justifiant la réponse, indiquer parmi les quatre courbes ci-dessous celle qui peut représenter i.



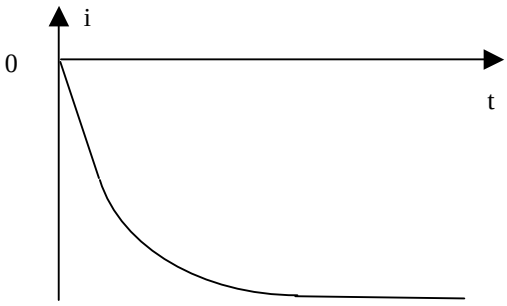
Courbe 1



Courbe 2



Courbe 3



Courbe 4

3.4 Calculer la valeur de i pour t = 0,50 s.
3.5 Déterminer la valeur de u_C à la même date.
3.6 Le condensateur est-il déchargé ? Justifier la réponse.

4. ÉNERGIE EMMAGASINÉE DANS LE CONDENSATEUR

4.1 Rappeler l'expression de l'énergie emmagasinée dans le condensateur du montage étudié en fonction de sa capacité et de la tension u_C à ses bornes, puis en fonction de sa capacité et de la charge q_A de son armature A.
4.2 On remplace ce condensateur par un autre condensateur de capacité C' supérieure à C. Ce condensateur est chargé sous la même tension U_0. L'énergie emmagasinée dans ce condensateur est-elle supérieure à la précédente ?

09/2006 Antilles Exercice n°1 (7 points) MISSION SUR MARS

Un des grands défis de ce siècle (ou du suivant ...) sera d'envoyer une mission d'exploration humaine sur la planète Mars. Le but de cet exercice est d'étudier quelques uns des nombreux problèmes à résoudre avant de pouvoir effectuer une telle mission.
Les trois parties de ce problème sont indépendantes l'une de l'autre.

1. MISE EN ORBITE

On peut imaginer une base relais (pour le matériel comme pour les communications avec la Terre) sur Phobos, un des satellites de Mars.
Dans cette première partie, nous allons étudier le mouvement de ce satellite.
On supposera que tous les objets étudiés sont à répartition sphérique de masse.

Données: $G = 6{,}67.10^{-11}$ N.m^2.kg^{-2} ,
Distance entre le centre de Mars et celui de Phobos : $r = 9{,}38.10^3$ km
Masse de Mars : $m_M = 6{,}42.10^{23}$ kg
La masse de Phobos sera notée m_p
Période de rotation de Mars : T_M = 24h 37 min

On supposera que Phobos a un mouvement circulaire uniforme autour de Mars de vitesse v et on supposera que l'on travaille dans un référentiel galiléen centré sur Mars.

1.1. Donner la définition d'un mouvement circulaire uniforme.

1.2. Représenter le point d'application, la direction et le sens du vecteur accélération de Phobos sur un schéma.

1.3. Donner l'expression (sans justification) de la norme du vecteur accélération de Phobos en fonction de v et r.

1.4. Appliquer la deuxième loi de Newton à ce satellite.

1.5. En déduire que l'expression de sa vitesse de révolution autour de Mars est: $v = \sqrt{\frac{Gm_M}{r}}$.

1.6. Déterminer l'expression reliant v, r et T_p (T_p étant la période de révolution de Phobos autour de Mars).

1.7. Montrer que $\frac{T_p^2}{r^3} = 9{,}22.10^{-13}$ s^2.m^{-3}

1.8. En déduire la valeur de T_p.

1.9. Dans quel plan faut-il placer un satellite pour qu'il soit immobile par rapport à la base relais sur Mars ? Justifier votre réponse sans calcul.

1.10. Quelle est la période T_S de révolution d'un tel satellite ?

2. PROBLÈME ÉNERGÉTIQUE

Une fois sur la planète, les explorateurs devront pouvoir trouver une source fiable d'énergie.
Une possibilité serait d'utiliser du deutérium et du tritium pour alimenter un réacteur de fusion nucléaire.

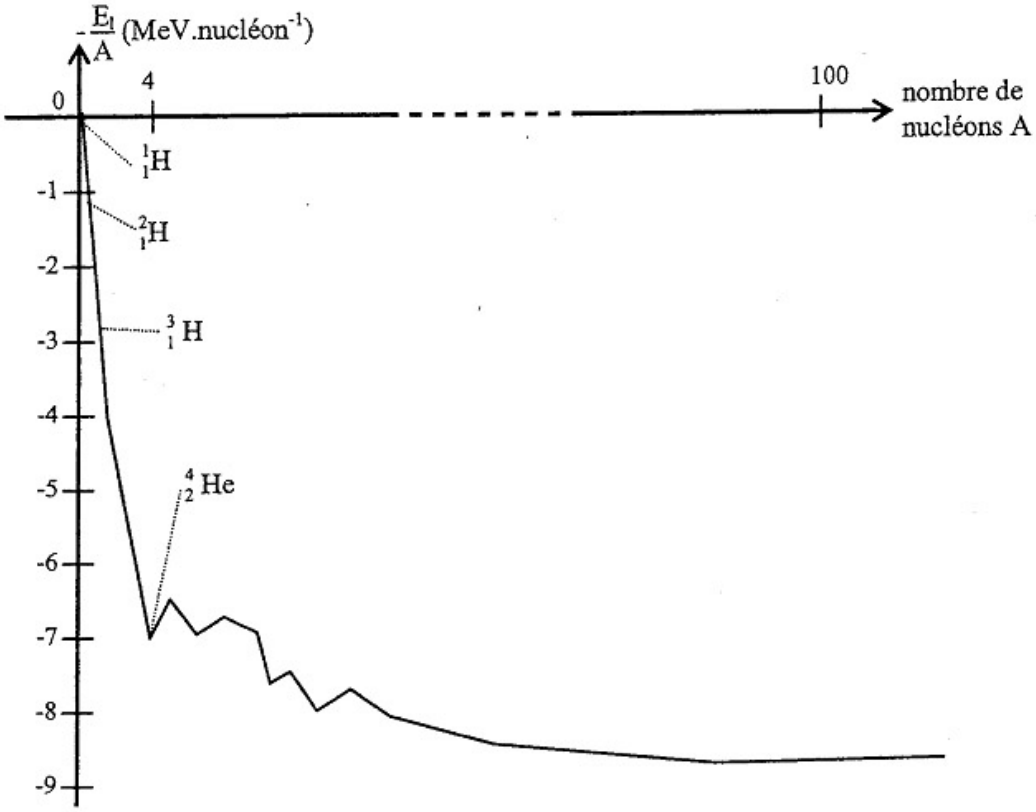
2.1. Intérêt de la réaction de fusion.

2.1.1. L'hydrogène ^1_1H , le deutérium ^2_1H et le tritium ^3_1H sont des isotopes. Donner la définition du mot isotope.

On étudiera la réaction de fusion suivante : ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n$

2.1.2. En utilisant la courbe d'Aston ci-dessous, montrer **qualitativement** que la fusion du deutérium et du tritium dégage de l'énergie.
On rappelle que E_l / A est l'énergie de liaison par nucléon.

Courbe d'Aston



2.2. Étude quantitative de la réaction de fusion : ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n$

Données:
nombre d'Avogadro : $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1}
masse d'un neutron : m(n) = $1{,}674929.10^{-27}$ kg = 1,00869 u
$m({}_{1}^{2}H) = 3{,}3435.10^{-27}$ kg = 2,01355 u
$m({}_{1}^{3}H)$ = 3,01550 u
m(He) = 4,00150 u
c = $2{,}99792.10^{8}$ m.s^{-1}
Conversion : 1 u = $1{,}66050.10^{-27}$ kg
1 eV = $1{,}60.10^{-19}$ J

2.2.1. Montrer que le défaut de masse de la réaction de fusion étudiée vaut $\Delta m = - 0{,}01886$ u.

2.2.2. Rappeler la relation d'équivalence masse - énergie.

2.2.3. Montrer que l'énergie libérée par la réaction de formation d'un noyau d'hélium est $E = - 2{,}81.10^{-12}$ J.

2.2.4. Calculer le nombre de noyaux contenus dans m = 100 g de deutérium.

2.2.5. En déduire que la fusion de m = 100 g de deutérium avec la quantité correspondante de tritium, libère une énergie $E_l = - 8{,}40.10^{13}$ J.

3. PROBLÈME DE L'AIR

Il est inconcevable d'emmener les quantités d'air suffisantes pour la durée de l'exploration de la planète.
L'atmosphère de Mars contient surtout du dioxyde de carbone (95,3%) impropre à la respiration.
Il est nécessaire de fabriquer le dioxygène sur place.
Une solution envisageable est l'électrolyse de l'eau extraite du sol.

3.1. Principe de l'électrolyse de l'eau.
La réaction a pour équation : $2\ H_2O_{(l)} = O_{2\ (g)} + 2\ H_{2\ (g)}$

3.1.1. Les deux couples mis en jeu étant $O_{2\ (g)}$ / $H_2O_{(l)}$ et $H_2O_{(l)}$ / $H_{2\ (g)}$, compléter le schéma de principe de l'électrolyseur (**donné en Annexe et à rendre avec la copie**) en indiquant :
- le nom des électrodes
- la nature de la réaction (oxydation ou réduction) pour chaque électrode.

3.1.2. Rappeler, sans le justifier, si cette électrolyse est une réaction spontanée ou au contraire forcée.

3.2. Étude quantitative de l'électrolyse.

On souhaite produire par électrolyse, le dioxygène nécessaire à la respiration d'un spationaute.

Données: pour les gaz $V_m = 25\ L.mol^{-1}$ à 25°C sous 10^5 Pa
1 faraday (F) = 96 500 $C.mol^{-1}$

3.2.1. Chaque minute, nos poumons envoient un volume v = 0,30 L de dioxygène vers les tissus (respiration normale). Calculer la quantité de matière n_{O_2} de dioxygène envoyée par les poumons pendant une heure (on suppose que la température est de 25°C).

3.2.2. Cette quantité de dioxygène est produite grâce à l'électrolyse étudiée dans la première partie. Montrer, en s'aidant au besoin d'un tableau d'avancement d'une demi-réaction, que la quantité de matière d'électrons échangée vaut $n_{e^-} = 2{,}88$ mol.

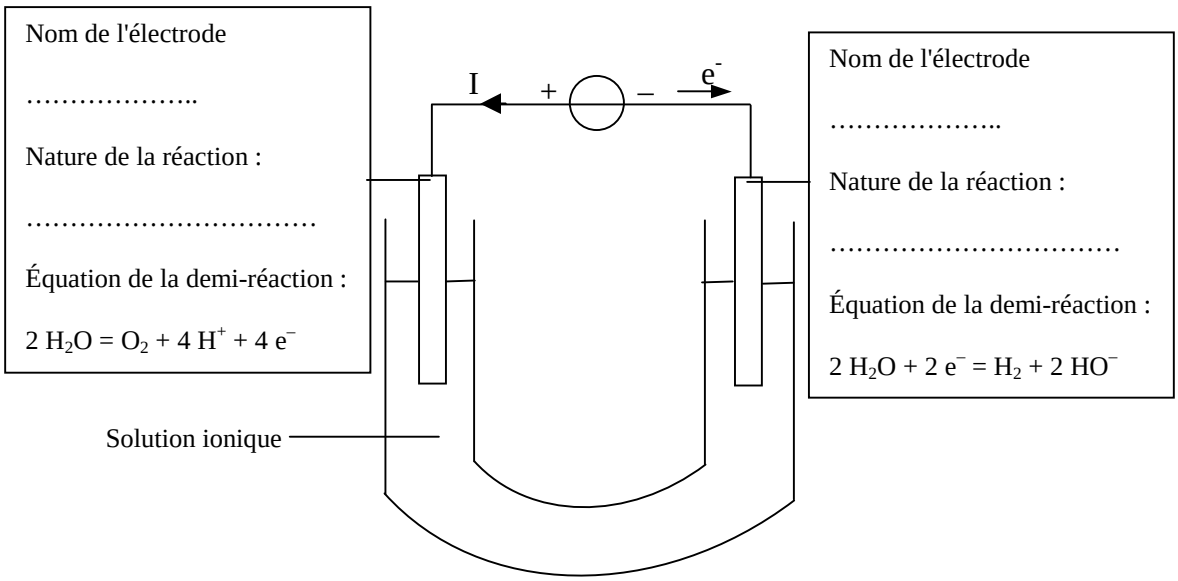
3.2.3. En déduire la quantité d'électricité Q mise enjeu.

3.2.4. Quelle est l'intensité I du courant nécessaire en supposant qu'elle est constante pendant toute l'heure de fonctionnement ?

3.2.5. Si la tension aux bornes du générateur U est de 5,00 V, calculer l'énergie électrique, notée E_{el}, consommée pendant une heure sachant que $E_{el} = UI\Delta t$ où Δt est la durée de fonctionnement.

ANNEXE (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Schéma de principe de l'électrolyseur



09/2006 Antilles Exercice n°3 (4 points) ÉTUDE D'UNE RÉACTION D'ESTÉRIFICATION

1. QUESTIONS PRÉLIMINAIRES

La réaction étudiée met en jeu l'acide éthanoïque (A) de formule CH_3-COOH et un alcool (B), on observe la formation d'un ester (E) de formule CH_3COO-CH_2-CH_2-CH_3 et de l'eau.

La réaction modélisant la transformation étudiée vaut : A+ B = E + H_2O

1.1 Donner la formule semi-développée de l'alcool (B).

1.2 Donner le nom de l'ester (E).

1.3 Rappeler les principales caractéristiques d'une réaction d'estérification.

2. LE PROTOCOLE DE SUIVI DE LA RÉACTION

Dans un bécher placé dans de l'eau glacée, on introduit 0,38 mol d'acide (A) et 0,38 mol d'alcool (B) ainsi que quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Le volume du mélange est de 50 mL.
Après agitation, on prélève à dix reprises un volume V_0 = 5 mL de ce mélange, que l'on introduit dans 10 tubes à essai numérotés de 0 à 9.

Le tube n°0 est placé dans la glace, les tubes numérotés de 1 à 9 sont munis d'un réfrigérant à air, puis introduits dans un bain thermostaté à 60 °C. On déclenche alors un chronomètre.
A l'instant t_1 = 2 minutes, le tube n°1 est placé dans de la glace.
Après quelques minutes, les ions oxonium H_3O^+ (provenant de l'acide sulfurique) et l'acide éthanoïque restant sont dosés par une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration appropriée. On peut ainsi déterminer la quantité d'acide éthanoïque contenue dans ce tube.
On procède de même pour les autres tubes, le contenu du tube n°9 étant dosé à une date t_9 = 90 min.

2.1 Quel est le rôle joué par l'acide introduit dans le mélange initial ?

2.2 Pourquoi les tubes numérotés de 1 à 9 sont-ils placés dans un bain thermostaté à une température supérieure à celle du laboratoire ?

2.3 Expliquer pourquoi la quantité de soude nécessaire au dosage du tube n°1 est supérieure à la quantité de soude nécessaire au dosage du tube n° 9.

2.4 À chaud, l'ester formé E pourrait réagir également avec les ions hydroxyde.

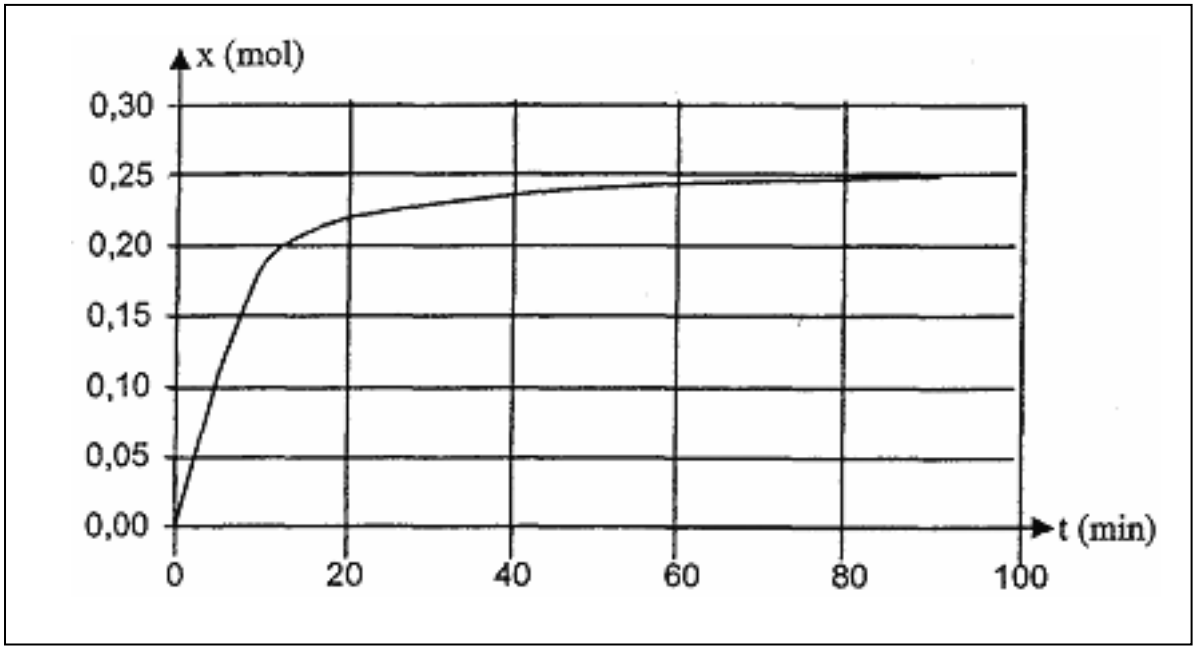
2.4.1. Quelle serait l'équation chimique associée à cette transformation ?

2.4.2. Rappeler les principales caractéristiques d'une réaction d'hydrolyse basique d'un ester.

3. AVANCEMENT DE LA REACTION

3.1 Déterminer l'avancement maximal x_{max} de la réaction d'estérification étudiée (un tableau d'avancement sera éventuellement utilisé).

3.2 L'étude précédente permet d'obtenir les variations de l'avancement x de cette réaction en fonction du temps. On peut alors tracer la courbe suivante :



3.2.1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final x_f de la réaction.

3.2.2. Définir et calculer le taux d'avancement de cette réaction.

4. CINÉTIQUE ET ÉTAT D'ÉQUILIBRE

4.1 À la réaction étudiée $A_{(l)} + B_{(l)} = E_{(l)} + H_2O_{(l)}$, on associe la constante de réaction K = 3,7. Donner l'expression de K.

4.2 À l'instant t_1 = 4 min, la valeur de l'avancement x de la réaction est x = 0,125 mol.

4.2.1. Quelle est la composition du mélange à cet instant ? (Un tableau d'avancement pourra éventuellement être utilisé)

4.2.2. En cinétique, la date t_1 porte un nom particulier, quel est ce nom ?

4.2.3. Calculer le quotient de réaction Q_r pour ce mélange.

4.2.4. Justifier que le mélange est encore en évolution à la date t_1.

4.3 Pour une date t ' supérieure à 1 heure, le système chimique est en équilibre dynamique. Expliquer cette expression. Que vaut alors le quotient de réaction ?

09/2006 Antilles (4 points) Exercice n°3 spécialité DOSAGE DES IONS CUIVRE (II)

Le but de l'exercice est d'illustrer le dosage de solutions parfois utilisées en hydrométallurgie et contenant des ions cuivre (II) : $Cu^{2+}_{(aq)}$.

On dispose d'une solution S_1 contenant des ions $Cu^{2+}_{(aq)}$.

1. UNE PREMIÈRE MÉTHODE DE DOSAGE

Cette méthode met en jeu deux réactions successives : on prélève un volume $V_1 = 20{,}0$ mL de la solution S_1 que l'on place dans un erlenmeyer, on ajoute une solution d'iodure de potassium ($K^+_{(aq)} + I^-_{(aq)}$).
La transformation chimique mise en jeu est modélisée par :

$$2\ Cu^{2+}_{(aq)} + 4\ I^-_{(aq)} = 2\ CuI_{(s)} + I_{2\ (aq)} \qquad \textbf{(réaction 1)}$$

On dose ensuite le diode formé $I_{2(aq)}$ par une solution de thiosulfate de sodium ($2\ Na^+_{(aq)} + S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}$) :
l'erlenmeyer est placé sous une burette contenant la solution de thiosulfate de sodium telle que $[S_2O_3^{2-}{}_{(aq)}] = 0{,}40$ mol.L^{-1}. L'équivalence est repérée grâce à la décoloration d'empois d'amidon ajouté.
Le volume de solution de thiosulfate de sodium ajouté est alors $V_E = 12{,}4$ mL.
La transformation chimique mise en jeu est modélisée par :

$$I_{2(aq)} + 2\ S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} = S_4O_6^{2-}{}_{(aq)} + 2\ I^-_{(aq)} \qquad \textbf{(réaction 2)}$$

1.1. Quelques questions sur cette méthode de dosage.

1.1.1. Dans la réaction (1), il est nécessaire que l'ion iodure $I^-_{(aq)}$ soit en excès par rapport aux ions cuivre $Cu^{2+}_{(aq)}$. Justifier cette nécessité.
On considérera que cette condition est vérifiée par la suite.

1.1.2. La méthode proposée constitue-t-elle un dosage direct ou indirect des ions $Cu^{2+}_{(aq)}$? Justifier votre réponse.

1.2. Exploitation du dosage.

On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

1.2.1. Quelle relation lie les quantités de diiode n_{I_2} et d'ions thiosulfate $n_{S_2O_3^{2-}}$ ayant réagi à l'équivalence ?

1.2.2. Quelle relation lie les quantités de diiode n_{I_2} et d'ions cuivre $n_{Cu^{2+}}$ mises en jeu lors de la réaction (1) ?

1.2.3. En déduire la concentration $[Cu^{2+}]$ de la solution S_1 en ion cuivre (II).

2. DEUXIÈME MÉTHODE DE DOSAGE

On veut maintenant réaliser le dosage spectrophotométrique de la solution S_1.
Pour cela, on prépare un ensemble de solutions de sulfate de cuivre ($Cu^{2+}_{(aq)}$ + $SO_4^{2-}{}_{(aq)}$) à partir d'une solution mère S_m de concentration c_m= 0,50 mol.L^{-1}. La teinte bleue de ces solutions est due à la présence des ions $Cu^{2+}_{(aq)}$.

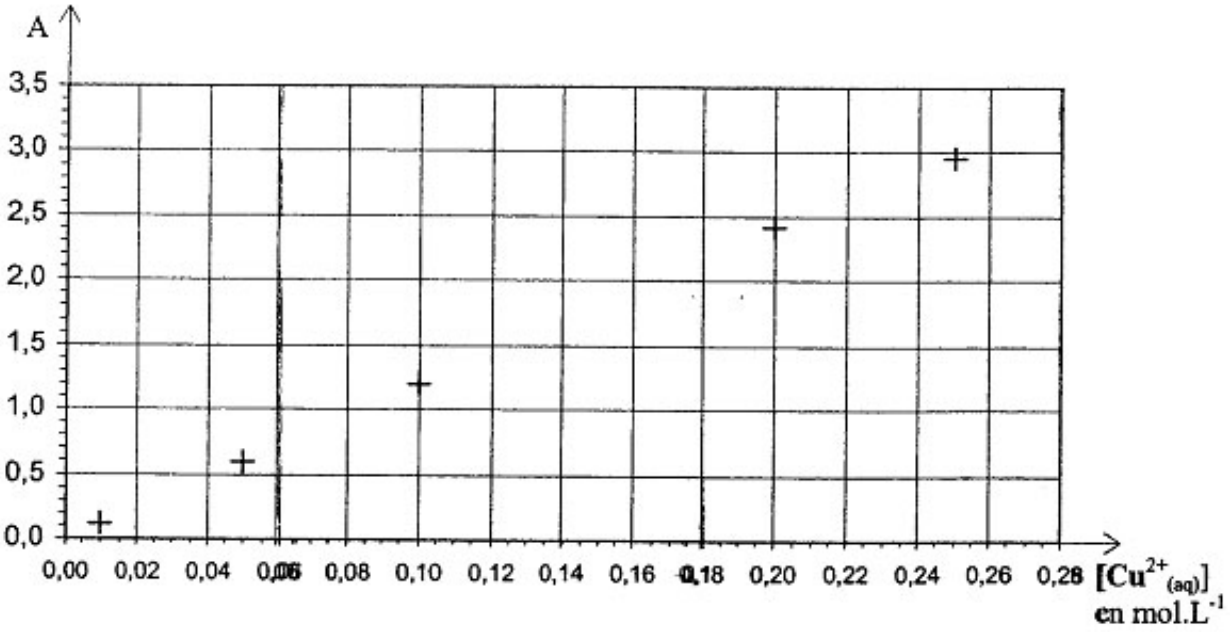
Solution	S_m	S_{dl}	S_{d2}	S_{d3}	S_{d4}	S_{d5}
[Cu^{2+}] (mol.L^{-1})	0,500	0,250	0,200	0,100	0,050	0,010

2.1. Préparation d'une solution diluée : décrire soigneusement la préparation de 50 mL de la solution S_{d2} à partir de la solution mère S_m sachant que l'on dispose de la verrerie suivante :
- fioles jaugées de 25 mL, 50 mL, 100 mL ;
- pipettes jaugées de 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- béchers de 50 mL et de 100 mL ;
- éprouvettes graduées de 20 mL et 50 mL.

2.2. Mesure de l'absorbance de chacune des solutions avec un spectrophotomètre.

2.2.1. L'opérateur introduit de l'eau distillée dans une cuve qu'il place dans le spectrophotomètre, il règle alors l'absorbance sur la valeur "zéro". Justifier cette opération.

2.2.2. On mesure l'absorbance des solutions préparées. Les points expérimentaux sont présentés sur le graphique suivant :



La loi de Beer-Lambert A = k. [$Cu^{2+}_{(aq)}$] est-elle vérifiée ?

2.3. Détermination de la concentration de la solution S_1.
On prélève 25,0 mL de cette solution que l'on introduit dans une fiole jaugée de 50 mL dont on complète le niveau avec de l'eau distillée. Après homogénéisation l'absorbance de cette solution S_2 est mesurée : on trouve A = 1,5.

Déterminer graphiquement la concentration en ions $Cu^{2+}_{(aq)}$ de la solution S_2. En déduire celle de la solution S_1.

2.4. La méthode employée constitue-t-elle un dosage par titrage ou un dosage par étalonnage ? Justifier.

3.VALIDITÉ DES DOSAGES

3.1. Préparation de la solution S_1.

En réalité, la solution S_1 a été préparée par dissolution de sulfate de cuivre pentahydraté solide ($CuSO_4$, 5 H_2O) de masse molaire M = 249,6 $g.mol^{-1}$.

Une masse m = 15,6 g de ce produit est utilisée pour préparer un volume V = 250 mL de solution, déterminer la concentration en ions $Cu^{2+}_{(aq)}$ de cette solution.

3.2. Conclure sur la validité des dosages effectués précédemment. Justifier votre réponse.