BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – **COEFFICIENT :** 6

obligatoire

L'usage des calculatrices est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7, y compris celle-ci. **Le feuillet des annexes** (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, **EST À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

I. Étude de la vitamine C (4 points)
II. Charge d'un condensateur à l'aide d'une pile (7 points)
III. Autour du radium (5 points)

EXERCICE I. ÉTUDE DE LA VITAMINE C (4 POINTS)

L'acide ascorbique, couramment dénommé vitamine C, est un réducteur naturel que l'on qualifie usuellement d'antioxydant. On le trouve dans de nombreux fruits et légumes. Une carence prolongée en vitamine C favorise le scorbut. On a montré que la vitamine C peut prévenir des petits maux quotidiens tels que le rhume ainsi qu'aider dans le traitement de certains cancers.
En pharmacie il est possible de trouver l'acide ascorbique, par exemple sous forme de comprimés « de vitamine C 500 ».

1. Étude de la réaction entre une solution aqueuse d'acide ascorbique et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude)

Pour simplifier, l'acide ascorbique, de formule brute $C_6H_8O_6$, sera désigné par HA dans la suite de l'exercice.
Dans cette étude, on envisage la réaction très rapide entre une solution aqueuse d'acide ascorbique de concentration molaire en soluté apporté $C_A = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1} et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté $C_B = 2{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
Le volume initial de la solution aqueuse d'acide ascorbique est $V_A = 20{,}0$ mL et on note V_B le volume de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versée.

1.1. Écrire l'équation traduisant cette réaction.
1.2. *On étudie le mélange, à 25°C, lorsque l'on a versé $V_B = 5{,}0$ mL de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.*
1.2.1. Le pH du mélange est alors égal à 4,0. En déduire la concentration en ions oxonium H_3O^+ dans ce mélange.
1.2.2. Calculer la concentration en ions hydroxyde dans ce mélange. En déduire la quantité $n_f(HO^-)$ d'ions hydroxyde présents à l'état final dans ce mélange.
On donne le produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$.
1.2.3. **DANS L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**, compléter le **TABLEAU 1** descriptif de la réaction chimique entre l'acide ascorbique et les ions hydroxyde. En déduire la valeur numérique de l'avancement final x_f.
1.2.4. La transformation est-elle totale ? La réaction associée à cette transformation peut-elle servir de support au dosage d'une solution aqueuse d'acide ascorbique par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ?

2. Dosage colorimétrique d'un comprimé de vitamine C

On écrase un comprimé de « vitamine C 500 » dans un mortier. On dissout la poudre dans un peu d'eau distillée et l'on introduit l'ensemble dans une fiole jaugée de 100,0 mL ; on complète avec de l'eau distillée. Après homogénéisation, on obtient la solution S.
On prélève un volume $V_A = 10{,}0$ mL de la solution S que l'on dose avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté $C_B = 2{,}00 \times 10^{-2}$ mol.L^{-1} en présence d'un indicateur coloré convenablement choisi. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $V_{BE} = 14{,}4$ mL.
2.1. Représenter un schéma annoté du dispositif pour réaliser ce titrage.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.2. Quel indicateur coloré doit-on choisir parmi les trois proposés ci-après ? On pourra s'aider de la courbe pH = f (V_B) donnée **SUR LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE** pour justifier la réponse à cette question. *Cette courbe a été obtenue à partir d'un logiciel de simulation, indépendamment des quantités dosées dans l'exercice.*

On donne la zone de virage de quelques indicateurs colorés :

indicateur coloré	*zone de virage*
rouge de méthyle	*4,2 - 6,2*
bleu de bromophénol	*3,0 - 4,6*
rouge de crésol	*7,2 - 8,8*

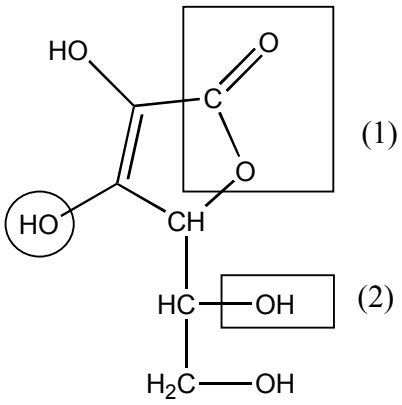
2.3. Définir l'équivalence.

2.4. Calculer la quantité d'acide ascorbique dans les 10,0 mL de solution titrée en utilisant les données introductives de la question 2.

2.5. En déduire la masse m, en mg, d'acide ascorbique contenu dans un comprimé.
Expliquer l'indication du fabricant « vitamine C 500 ».
On donne les masses molaires atomiques en g.mol $^{-1}$:
M(C) = 12,0 ; M(H) = 1,0 ; M(O) = 16,0.

3. Étude de la molécule de l'acide ascorbique

La formule semi-développée de l'acide ascorbique est la suivante :



Les propriétés acido-basiques de cette molécule sont dues à l'hydrogène du groupe caractéristique (ou fonctionnel) entouré par un cercle. Cette molécule possède d'autres groupes caractéristiques.

À quelle famille de composés correspondent respectivement les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) encadrés dans la formule de l'acide ascorbique et notés (1) et (2) ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II. CHARGE D'UN CONDENSATEUR À L'AIDE D'UNE PILE (7 POINTS)

1. Réalisation de la pile

On souhaite réaliser une pile au laboratoire. Pour cela, on dispose d'une lame de zinc et d'une lame de cuivre ainsi que d'un volume $V_1 = 100$ mL d'une solution aqueuse de sulfate de zinc de concentration molaire en soluté apporté $C_1 = 1{,}0$ mol.L^{-1} et d'un volume $V_2 = 100$ mL d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre de concentration molaire en soluté apporté $C_2 = 1{,}0$ mol.L^{-1} et d'un pont salin.

L'expérience est réalisée à la température de 25 °C. À cette température, la constante d'équilibre associée à l'équation : $Cu^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)} = Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ est $K = 4{,}6 \times 10^{36}$.

La pile ainsi réalisée est placée dans un circuit électrique comportant une résistance et un interrupteur. On ferme ce circuit électrique à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

1.1. Faire un schéma légendé de cette pile. Compléter le schéma avec la résistance et l'interrupteur.

1.2. Déterminer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ du système ainsi constitué à l'instant de date t_0. En déduire le sens d'évolution spontanée du système.

1.3. Pour chaque électrode, écrire la demi-équation correspondant au couple qui intervient.

1.4. En déduire, en justifiant la réponse, à quel métal correspond le pôle + de la pile et à quel métal correspond le pôle −.

1.5. *D'après la théorie, on considère que la pile s'arrête de fonctionner quand le réactif limitant, constitué soit par les ions Cu^{2+}, soit par les ions Zn^{2+}, a été complètement consommé.*
En utilisant l'équation de la réaction se produisant à l'une des électrodes, calculer la quantité maximale d'électricité que pourrait théoriquement débiter cette pile.
On donne la constante d'Avogadro $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}, la charge électrique élémentaire $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C.

2. Charge d'un condensateur

On réalise un circuit électrique en montant en série la pile étudiée précédemment, un condensateur de capacité $C = 330$ µF et un interrupteur K. Le schéma est représenté ci-dessous :

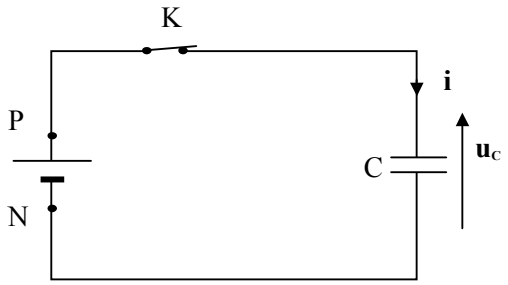


Schéma 1

Pour visualiser l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps, on utilise un dispositif d'acquisition comme un oscilloscope à mémoire ou un ordinateur avec une interface. À l'instant de date $t_0 = 0$ s, on ferme l'interrupteur K et on obtient l'enregistrement $u_C = f(t)$ présenté ***SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE****.*

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

Pour interpréter cette courbe, on modélise la pile par l'association en série d'une résistance r et d'un générateur idéal de tension de force électromotrice E.

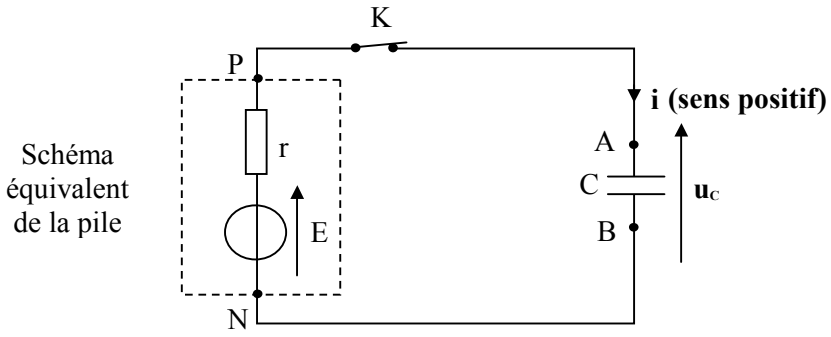


Schéma 2

2.1. *À l'instant de date t_1 = 20 s, on considère que le condensateur est chargé complètement.* Quelle est la valeur de l'intensité du courant qui circule alors dans le circuit ?
La force électromotrice E est la valeur de la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas de courant.
À partir de l'enregistrement u_c= f(t) **SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**, donner la valeur de E.

2.2. *Détermination de la résistance interne de la pile.*

2.2.1. Donner l'expression littérale de la constante de temps τ. Justifier que cette grandeur est de même dimension qu'une durée.

2.2.2. Déterminer graphiquement la valeur de τ, par la méthode de votre choix qui apparaîtra **SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE** .

2.2.3. En déduire la valeur de la résistance interne r de la pile.

2.3. *Expression de $u_c(t)$*

2.3.1. En respectant l'orientation du circuit indiquée sur le schéma 2, donner la relation entre l'intensité i du courant et la charge q portée par l'armature A.

2.3.2. Donner la relation entre la charge q et la tension u_C aux bornes du condensateur.

2.3.3. Montrer qu'à partir de l'instant de date t_0 où l'on ferme l'interrupteur, la tension u_C vérifie l'équation différentielle suivante : $E = u_C + r \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt}$.

2.3.4. La solution générale de cette équation différentielle est de la forme : $u_C(t) = E\,(1 - e^{-\alpha \cdot t})$. En déduire l'expression littérale de α.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE III. AUTOUR DU RADIUM (5 POINTS)

Cet exercice comporte 10 AFFIRMATIONS *indépendantes concernant les transformations radioactives.*
Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires. À chaque affirmation, vous répondrez donc par VRAI ou FAUX, en justifiant votre choix à l'aide de définitions, de calculs, d'équations de réactions nucléaires,...

À la fin du XIX^{ième} siècle, Pierre et Marie Curie découvrent deux éléments chimiques : le polonium puis le radium.
Marie Curie obtient en 1903 le prix Nobel de physique et, en 1911, celui de chimie.
Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ *se désintègre spontanément en émettant une particule* α *. Le noyau fils est un isotope du radon (Rn). Le radon est un gaz dans les conditions ordinaires de température et de pression.*
Le $^{228}_{88}Ra$ *est radioactif* β^- .
On rappelle que les données sont en italique.

1. AFFIRMATION : Le noyau de polonium noté $^{208}_{84}\text{Po}$ est composé de 84 neutrons et 124 protons.

2. AFFIRMATION : La masse d'un noyau de radium est égale à la somme des masses de ses nucléons.

3. AFFIRMATION : L'équation de désintégration du radium est $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + {}^{222}_{86}\text{Rn}$

4. AFFIRMATION : Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ et le radon $^{226}_{86}\text{Rn}$ sont isotopes.

5. AFFIRMATION : Puisque le radium ^{228}Ra est radioactif β^-, son noyau fils est donc un noyau de francium.

6. *La demi-vie du radon* $^{222}_{86}Rn$ *est 3,8 jours.*
   AFFIRMATION : Au bout de 11,4 jours, le pourcentage de noyaux de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ restant par rapport au nombre initial est de 12,5 % .

7. *Le noyau de radium* $^{226}_{88}Ra$ *est obtenu à partir d'une suite de désintégrations radioactives* α *et* β^- *du noyau d'uranium* $^{238}_{92}U$.
   AFFIRMATION : Au cours de ces désintégrations successives deux particules α et trois électrons sont émis.

8. *Un échantillon de « radium 226 » a une activité de* $6{,}0 \times 10^5$ *Bq.*
   AFFIRMATION : $2{,}0 \times 10^4$ noyaux de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se sont désintégrés en une minute.

9. AFFIRMATION : L'énergie libérée par la réaction $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + {}^{222}_{86}\text{Rn}$ est égale à 8 MeV.

10. *La teneur en radon ^{222}Rn dans les gaz du sol a été déterminée en mesurant une activité de $3{,}75 \times 10^{3}$ Bq par m^3 de gaz prélevé. La constante radioactive λ du radon ^{222}Rn est $2{,}10 \times 10^{-6}\ s^{-1}$.*
AFFIRMATION : La quantité de matière en radon ^{222}Rn dans 1 m^3 responsable de cette activité est d'environ 3×10^{-15} mol.

Données :

L'activité A d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations qu'il produit par seconde soit $A(t) = \dfrac{|\Delta N(t)|}{\Delta t}$

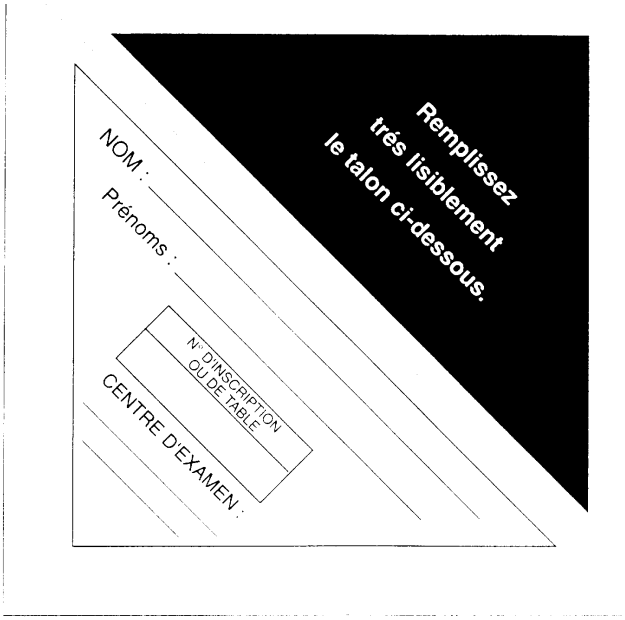
À un instant de date t , A est proportionnelle au nombre N(t) de noyaux radioactifs contenus dans l'échantillon à cet instant et à la constante de radioactivité λ : $A(t) = \dfrac{|\Delta N(t)|}{\Delta t} = \lambda \times N(t)$.

La particule α *est un noyau d'hélium noté* $^{4}_{2}\mathrm{He}$.

Célérité de la lumière dans le vide $c = 2{,}998 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$
$1\ eV = 1{,}602 \times 10^{-19}\ J$
$1\ an = 3{,}156 \times 10^{7}\ s$
Constante d'Avogadro $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

éléments	*symbole*	*numéro atomique Z*
radon	Rn	86
francium	Fr	87
radium	Ra	88
actinium	Ac	89
thorium	Th	90
protactinium	Pa	91

entités	*masse en kg*
neutron	$1{,}674\ 927 \times 10^{-27}$
proton	$1{,}672\ 621 \times 10^{-27}$
noyau $^{4}_{2}\mathrm{He}$	$6{,}644\ 65 \times 10^{-27}$
noyau $^{226}\mathrm{Ra}$	$3{,}752\ 438 \times 10^{-25}$
noyau $^{222}\mathrm{Rn}$	$3{,}685\ 904 \times 10^{-25}$



TC3 - 02 2002

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

Si votre composition comporte plusieurs feuilles, numérotez-les.
... / ...

PHYSIQUE-CHIMIE

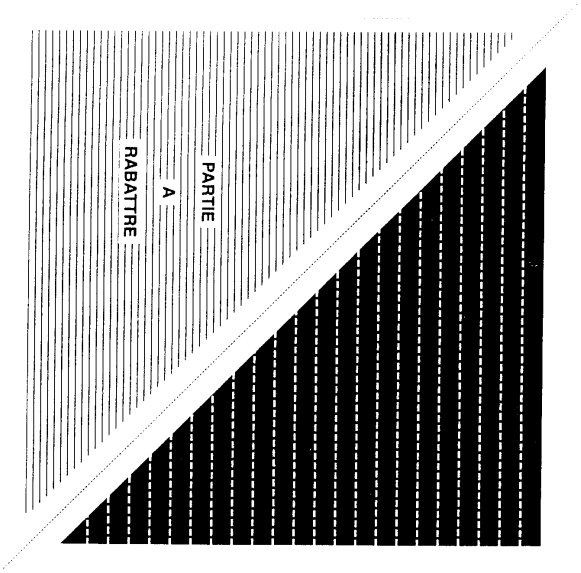
OBLIGATOIRE

Série : **S**

FEUILLET DES ANNEXES
À RENDRE AVEC LA COPIE.

Tournez la page S.V.P.

3PYOSME1 **Page annexe : A1**



3PYOSME1

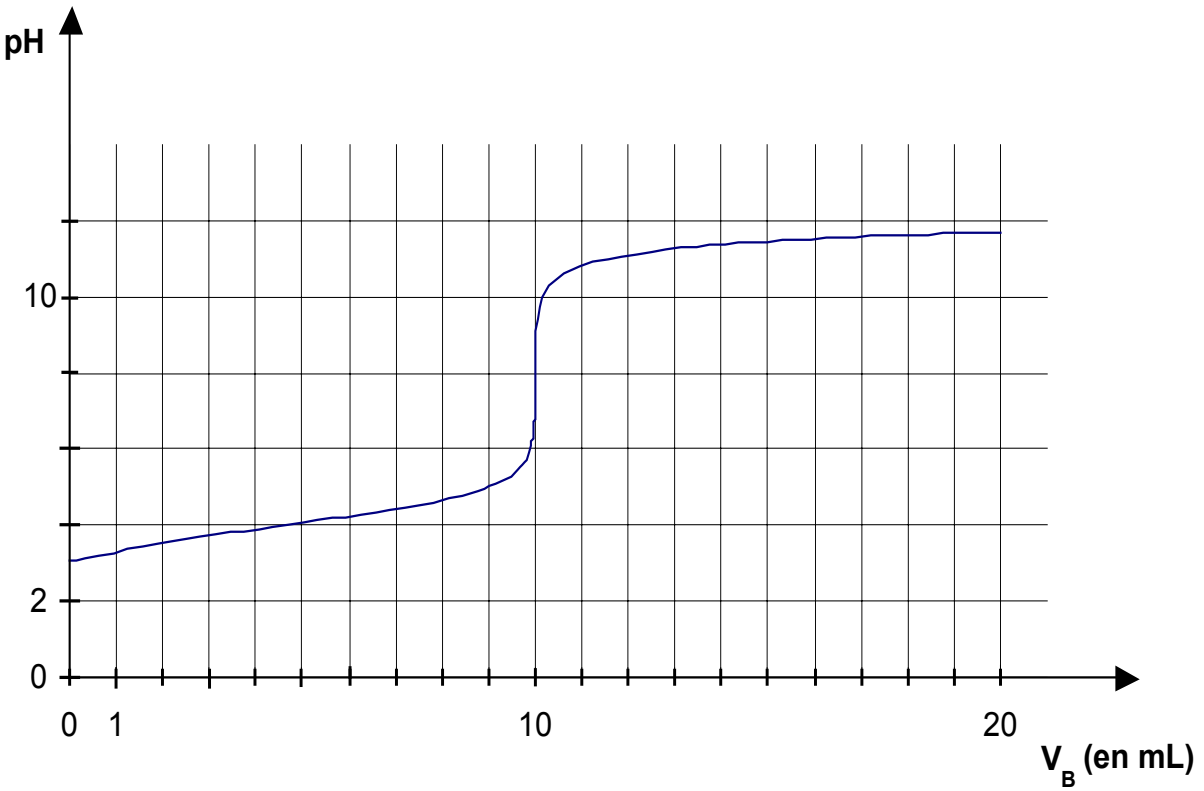
Page annexe : A2

TABLEAU 1

équation de la réaction		HA + …… = …….…….. + …….			
état du système	avancement en mol	quantité de matière en mol			
état initial	0	n_0 (HA) =			
état final	x_f	n_f (HA) =			

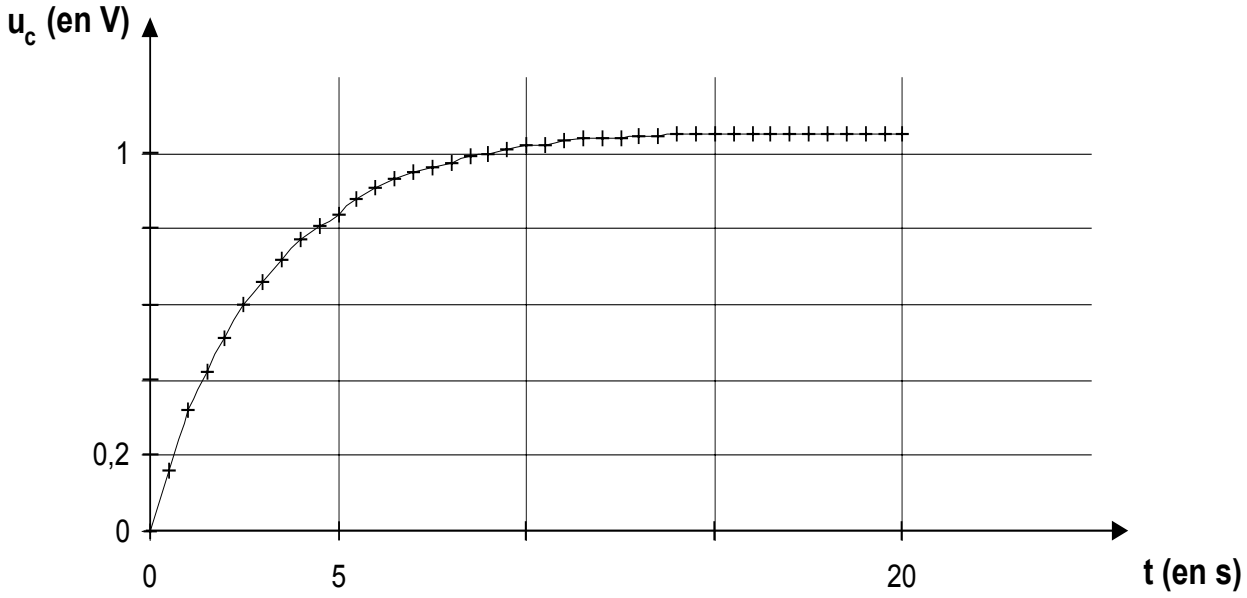
FIGURE 2

Évolution du pH au cours de la réaction entre un volume V_A = 20,0 mL de solution aqueuse d'acide ascorbique de concentration molaire en soluté apporté 1,00 × 10^{-2} mol.L^{-1} et un volume V_B de solution aqueuse de soude de concentration molaire en soluté apporté 2,00 × 10^{-2} mol.L^{-1}.



3PYOSME1 **Page annexe : A3**

FIGURE 3



3PYOSME1 **Page annexe : A4**