

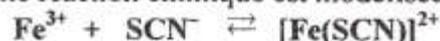
Le sujet comporte 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.

La page 5/5 est une feuille annexe à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie.

**Chimie : (7 points)**

**Exercice 1 : (3, 5 points)**

A 25°C, les ions ferriques  $\text{Fe}^{3+}$  réagissent avec les ions thiocyanates  $\text{SCN}^-$  pour donner les ions thiocyanatofer(III)  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ . Cette réaction chimique est modélisée par l'équation :



A une température constante et à l'instant de date  $t = 0$  pris comme origine des temps, on mélange un volume  $V_1 = 20 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse de nitrate de fer(III)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  de concentration molaire  $C_1 = 0,30 \text{ mol.L}^{-1}$  avec un volume  $V_2 = 40 \text{ mL}$  d'une solution de thiocyanate de potassium  $\text{KSCN}$  de concentration molaire  $C_2 = 0,15 \text{ mol.L}^{-1}$ . On obtient alors un système S de volume total V qu'on supposera égal à  $V_1 + V_2$ .

Par une méthode appropriée, on détermine la quantité d'ions complexes  $n_{\text{FeSCN}^{2+}}$  dans le système S à l'équilibre chimique, on obtient  $(n_{\text{FeSCN}^{2+}})_{\text{eq}} = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .

1) a- Vérifier que les quantités de matière en ions  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{SCN}^-$  dans le système S à l'instant  $t = 0$  ont la même valeur  $n_0$  que l'on calculera.

b- Montrer que la constante d'équilibre K relative à l'équation de cette réaction est:  $K = \frac{V \cdot \tau_f}{n_0 (1 - \tau_f)^2}$ , où

$\tau_f$  représente son taux d'avancement final. Calculer la valeur de K.

2) On répartit équitablement le système S obtenu à l'équilibre dans deux fioles jaugées ( $F_1$ ) et ( $F_2$ ) dont la contenance de chacune est de 100 mL.

a- Dans la fiole ( $F_1$ ), on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge ; on obtient un système  $S_1$ .

a<sub>1</sub>- Préciser, en le justifiant, le sens d'évolution du système  $S_1$  avant d'atteindre l'équilibre chimique.

a<sub>2</sub>- Déterminer la composition molaire de  $S_1$  en ions  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SCN}^-$  et  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  à l'équilibre chimique.

b- Dans la fiole ( $F_2$ ), on ajoute une faible quantité de nitrate de fer(III), sans variation sensible de volume du mélange réactionnel, on obtient alors un système  $S_2$ .

Préciser, en le justifiant, le sens d'évolution du système  $S_2$  avant d'atteindre l'équilibre chimique.

**Exercice 2 : (3, 5 points)**

Toutes les solutions sont prises à 25°C, température pour laquelle le produit ionique de l'eau est  $K_e = 10^{-14}$ .

A l'aide d'une solution aqueuse ( $S_A$ ) d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) de concentration molaire  $C_A = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ , on effectue séparément le dosage d'un volume  $V_1 = 20 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse ( $S_1$ ) d'hydroxyde de sodium  $\text{NaOH}$  (base forte) de concentration molaire  $C_1$  et d'un volume  $V_2 = 20 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse ( $S_2$ ) d'ammoniac  $\text{NH}_3$  (base faible) de concentration molaire  $C_2$ .

Dans chacun de ces deux dosages, on suit à l'aide d'un pH-mètre, l'évolution du pH du mélange réactionnel en fonction du volume ajouté  $V_A$  de la solution acide ( $S_A$ ).

Sur la figure 1 de la feuille annexe (page 5/5), sont tracées les courbes traduisant la variation du pH en fonction de  $V_A$ . Les points E et E' représentent respectivement les points d'équivalence acido-basique de (E) et (E').

1) En exploitant les courbes (E) et (E') :

a- attribuer, en le justifiant, pour chaque courbe de dosage la base correspondante;

b- montrer que  $C_1 = C_2 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ ;

c- préciser le caractère (acide, basique, neutre) du mélange obtenu à l'équivalence pour chaque dosage ;

d- déterminer le  $\text{p}K_a$  du couple acide/base relatif à l'ammoniac.

2) a- Ecrire l'équation de la réaction chimique correspondant à chaque dosage.

b- Montrer que ces deux réactions sont totales.

3) A l'aide d'une pipette, on prélève un volume  $V_B = 20 \text{ mL}$  de la solution ( $S_2$ ) d'ammoniac de concentration molaire  $C_2 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  qu'on introduit dans un bécher et on lui ajoute un volume  $V_{\text{eau}}$  d'eau distillée. Ainsi, on prépare une solution ( $S'_2$ ) plus diluée que la solution ( $S_2$ ). On dose la solution ( $S'_2$ ) de volume total  $V_2'$ , qu'on supposera égal à  $V_B + V_{\text{eau}}$ , par la même solution acide ( $S_A$ ) que précédemment. On constate que la valeur du **pH** à l'équivalence augmente de **0,35** par rapport à celle obtenue dans le dosage décrit à la **question 1)**. Cependant, le volume de la solution acide ajouté à l'équivalence  $V_{\text{AE}}$  n'a pas changé.

a- Expliquer pourquoi  $V_{\text{AE}}$  n'a pas subi de changement.

b- Déterminer la valeur de  $V_{\text{eau}}$  sachant que le **pH** du mélange réactionnel à l'équivalence pour le dosage de la solution d'ammoniac est donné par la relation suivante :  $\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{p}K_a - \log C)$ , où  $C$  est la concentration molaire de l'acide conjugué de l'ammoniac à l'équivalence acido-basique et  $K_a$  la constante d'acidité du couple qui lui est associé.

### Physique : (13 points)

#### Exercice 1 : (6,50 points)

A- On considère le circuit électrique de la figure 2, constitué par l'association en série d'un générateur ( $G$ ) de tension, supposé idéal de force électromotrice  $E = 10 \text{ V}$ , d'un conducteur ohmique de résistance  $R$  réglable, d'une bobine ( $B$ ) d'inductance  $L$  et de résistance  $r$  et d'un interrupteur ( $K$ ).  
Le sens positif de l'intensité  $i$  du courant électrique est indiqué sur le schéma du circuit.

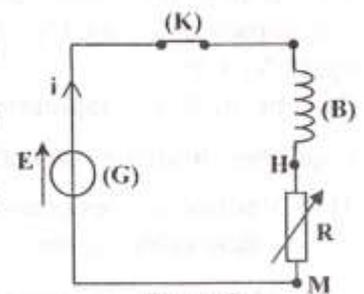


Figure 2

1) a- Montrer que l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension

$u_R(t) = u_{\text{HM}}(t)$  aux bornes du conducteur ohmique s'écrit :

$$\frac{du_R(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot u_R(t) = \frac{RE}{L}, \text{ où } \tau = \frac{L}{R+r} \text{ est la constante de temps du circuit.}$$

b- En déduire l'expression de la tension  $U_0$  aux bornes du conducteur ohmique en fonction de  $E$ ,  $r$  et  $R$  lorsque le régime permanent s'établit dans le circuit.

c- Vérifier que la solution de l'équation différentielle précédente est de la forme :  $u_R(t) = U_0(1 - e^{-t/\tau})$ .  
En déduire que pour  $t = \tau$ , la tension aux bornes du conducteur ohmique vaut **63 %** de  $U_0$ .

2) On effectue les deux expériences suivantes :

- **expérience (a)** : on réalise le circuit de la figure 2 et on ajuste la résistance  $R$  du conducteur ohmique à la valeur  $R_a = 240 \Omega$  ;

- **expérience (b)** : on remplace dans le circuit de la figure 2, la bobine ( $B$ ) par une autre bobine ( $B'$ ) d'inductance  $L'$  et de résistance  $r$  identique à celle de ( $B$ ). On ajuste la résistance  $R$  à la valeur  $R_b$ .

Pour chacune de ces deux expériences, on ferme l'interrupteur ( $K$ ) à l'instant  $t = 0$  et on suit à l'aide d'un système approprié d'acquisition de données, l'évolution temporelle de la tension  $u_{\text{HM}}(t)$  aux bornes du conducteur ohmique.

On obtient respectivement les chronogrammes ( $\mathcal{E}_a$ ) et ( $\mathcal{E}_b$ ) de la figure 3.

En exploitant les chronogrammes ( $\mathcal{E}_a$ ) et ( $\mathcal{E}_b$ ) :

a- préciser les valeurs  $U_{0a}$  et  $U_{0b}$  de la tension aux bornes du conducteur ohmique lorsque le régime permanent s'établit dans le circuit respectivement dans les expériences (a) et (b) ;

b- déduire les valeurs des constantes de temps  $\tau_a$  et  $\tau_b$  du circuit respectivement dans les deux expériences (a) et (b) ;

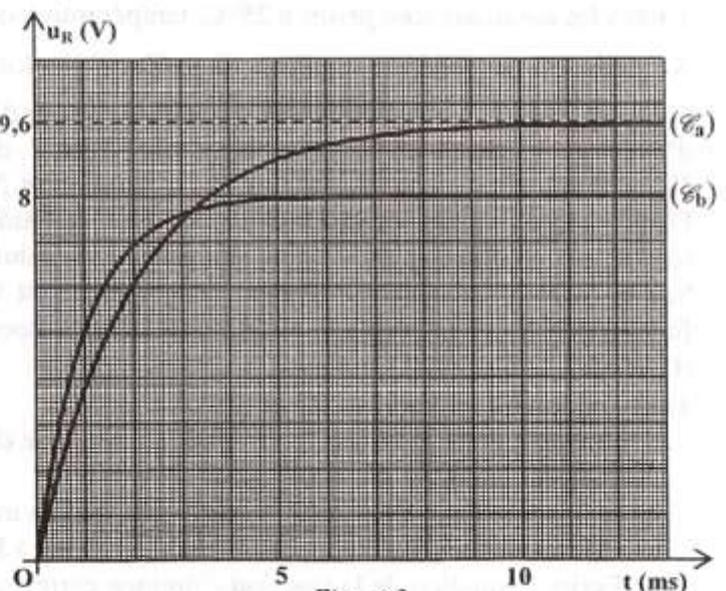


Figure 3

- c- déterminer la valeur de la résistance  $r$  de la bobine (B) et déduire la valeur de  $L$ ;
- d- déterminer  $R_b$  et  $L'$ .

B- Afin de retrouver les valeurs de  $L'$  et de  $r$  de (B'), on réalise le circuit de la figure 4, comportant montés en série : la bobine (B'), un condensateur (C) de capacité  $C = 10 \mu\text{F}$ , un conducteur ohmique de résistance  $R$  réglable, un interrupteur (K) et un ampèremètre (A) de résistance négligeable. L'ensemble est alimenté par un générateur de basses fréquences (GBF) délivrant une tension alternative sinusoïdale

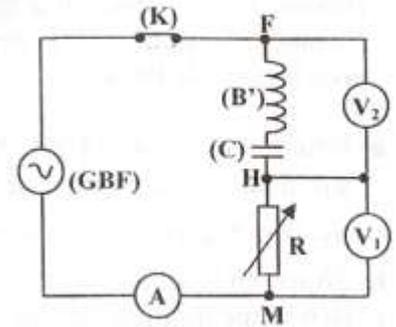


Figure 4

$u(t) = U\sqrt{2}\sin(2\pi Nt)$ , de tension efficace  $U$  constante et de fréquence  $N$  réglable. On branche deux voltmètres ( $V_1$ ) et ( $V_2$ ) respectivement aux bornes du conducteur ohmique et aux bornes du dipôle constitué par l'ensemble : { (B') ; (C) }.

- 1) En ajustant la fréquence du (GBF) à la fréquence  $N_1 = 159 \text{ Hz}$  et en réglant la résistance  $R$  à la valeur  $R_1 = 40 \Omega$ , l'intensité instantanée du courant qui circule dans le circuit est  $i(t) = I_1\sqrt{2}\sin(2\pi N_1 t + \frac{\pi}{4})$ , où  $I_1$  est l'intensité efficace du courant électrique. Par ailleurs, les deux voltmètres ( $V_1$ ) et ( $V_2$ ) indiquent respectivement les valeurs  $U_1 = 2,00 \text{ V}$  et  $U_2 = 2,55 \text{ V}$ .
  - a- Déterminer la valeur de l'intensité  $I_1$ .
  - b- Préciser, en le justifiant, le caractère du circuit (inductif, capacitif ou résistif).
  - c- La figure 5 de la feuille annexe (page 5/5 à remplir par le candidat et à remettre avec sa copie), représente la construction de FRESNEL inachevée associée au circuit étudié à la fréquence  $N_1$ .
    - c1- Compléter la construction de FRESNEL à l'échelle :  $4 \text{ cm}$  correspondent à  $1 \text{ V}$ .

On associe les vecteurs:

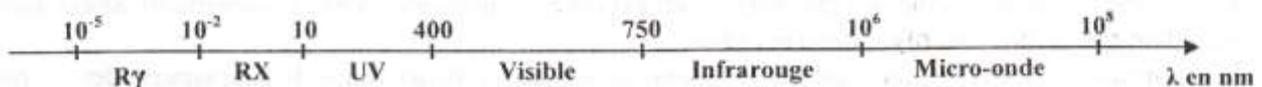
- 
- $OA$  à la tension  $u_{HM}(t) = u_{RI}(t)$  aux bornes du conducteur ohmique ;
- 
- $AB$  à la tension  $u_{FH}(t)$  aux bornes du dipôle { (B') ; (C) };
- 
- $OB$  à la tension  $u(t)$  aux bornes du générateur.

c2- Déduire les valeurs de  $r$ ,  $L'$  et  $U$ .

- 2) En ajustant la fréquence du (GBF) à une valeur  $N_2$ , le voltmètre ( $V_2$ ) affiche une tension  $U'_2 = 0,70 \text{ V}$  et l'ampèremètre (A) indique une intensité du courant  $I_2 = 70 \text{ mA}$ .
  - a- Montrer que le circuit est en état de résonance d'intensité.
  - b- Déterminer alors  $N_2$ .

### Exercice 2: (4 points)

On donne : - la constante de Planck  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  ; la célérité de la lumière dans le vide  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ;  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$  ;  
 - les domaines du spectre des ondes électromagnétiques avec échelle non respectée:



Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par l'expression :  $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ , avec  $E_0 = 13,6 \text{ eV}$  et  $n$  un entier naturel non nul.

- 1) a- Préciser le phénomène physique (émission ou absorption) qui se produit lors de la transition de l'atome d'hydrogène d'un niveau d'énergie  $E_p$  à un niveau d'énergie  $E_m$ , avec  $m < p$ .
- b- Montrer que l'expression de la longueur d'onde  $\lambda_{p \rightarrow m}$  correspondant à la radiation du niveau

d'énergie  $p$  vers le niveau  $m$  ( $m < p$ ) s'écrit :  $\frac{1}{\lambda_{p \rightarrow m}} = R_H \cdot (\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2})$ , où  $R_H$  est une constante que

l'on déterminera numériquement.

- 2) On considère les deux séries de raies spectrales de Lyman et de Balmer dans le spectre atomique de l'atome d'hydrogène : il s'agit de l'ensemble des raies correspondant à des transitions qui ramènent l'atome d'hydrogène d'un niveau excité  $p$  au niveau  $m = 1$  pour la série de Lyman et au niveau  $m = 2$  pour la série de Balmer.
- a- Déterminer (en nm) pour chacune de ces deux séries de raies :
- a<sub>1</sub>- la plus grande valeur de la longueur d'onde  $\lambda_{p \rightarrow m}$  de la radiation émise ;
  - a<sub>2</sub>- la plus petite valeur de la longueur d'onde  $\lambda_{p \rightarrow m}$  de la radiation émise.
- b- Situer, en justifiant, les séries de raies précédentes dans les domaines des ondes électromagnétiques.
- c- Déterminer (en nm) les longueurs d'onde correspondant aux raies visibles de la série de Balmer.

### Exercice 3 : (2,5 points) Etude d'un document scientifique

#### Le plomb 212 : une nouvelle arme redoutable contre le cancer

Le potentiel de la radioactivité pour le traitement des cancers a été très vite perçu par les scientifiques et médecins qui ont mis au point la radiothérapie en se basant principalement sur des éléments émetteurs de rayons bêta. Actuellement, plusieurs équipes se penchent au contraire sur l'utilisation d'éléments émetteurs de rayon alpha pour le développement de la radio immunothérapie. La particularité du traitement qui fait l'objet de nombreuses recherches et qui est actuellement en phase I de test clinique est le fait que l'utilisation de ce rayonnement apporte plusieurs avantages dans le cas précis de la destruction des cellules cancéreuses. Tout d'abord, la grande masse des particules alpha limite leur propagation à une centaine de micromètres uniquement, tandis que les particules bêta, beaucoup plus petites, et donc légères, peuvent se propager sur des zones de la taille du millimètre. La zone irradiée par les particules alpha est donc environ 100 fois plus petite, et surtout, devient comparable à la taille de la cellule cancéreuse isolée à traiter. Ensuite, l'énergie émise par un rayonnement alpha est élevée, soit 1000 fois supérieure à celle d'un rayonnement bêta.

Pour pouvoir être utilisé en thérapie, l'émetteur alpha doit respecter certaines contraintes : avoir un temps de demi-vie suffisamment long pour permettre la préparation, l'injection de l'élément radioactif et son trajet jusqu'à la cellule, mais suffisamment court pour limiter la toxicité.

Le bismuth 212 (Bi), paraît intéressant, même si son temps de demi-vie de 61 minutes est un peu court. En fait, le bismuth 212 est issu de la désintégration du plomb 212 (Pb) par rayonnement bêta. Le plomb 212 ayant lui-même un temps de demi-vie de 10,6 heures, il pourrait générer le bismuth 212 après avoir été injecté, directement dans le corps humain. Le bismuth serait alors prêt à agir sur la cellule.

*D'après un article édité par Nicolas Lévy (Responsable Editorial Culture Sciences-Chimie)*

#### Questions :

- 1) En se référant au texte, préciser :
  - a- deux raisons pour lesquelles les chercheurs ont privilégié l'utilisation des rayonnements alpha dans la radiothérapie au lieu des rayonnements bêta ;
  - b- les contraintes à éviter pour qu'un émetteur alpha soit efficace dans le traitement des tumeurs cancéreuses.
- 2) Sachant que le nombre de charge du noyau de plomb est  $Z = 82$ , écrire l'équation de la transformation nucléaire de formation du noyau de Bismuth en précisant les lois de conservation utilisées.
- 3) Identifier le noyau radioactif qui génère le rayonnement alpha.  
Dégager à partir du texte la valeur de la période radioactive de ce radioélément.

Section : ..... N° d'inscription : ..... Série : .....

Nom et Prénom : .....

Date et lieu de naissance : .....

Signatures des surveillants

.....

.....

Feuille annexe à remplir par le candidat et à remettre avec la copie - Sciences Physiques (Section : Mathématiques)

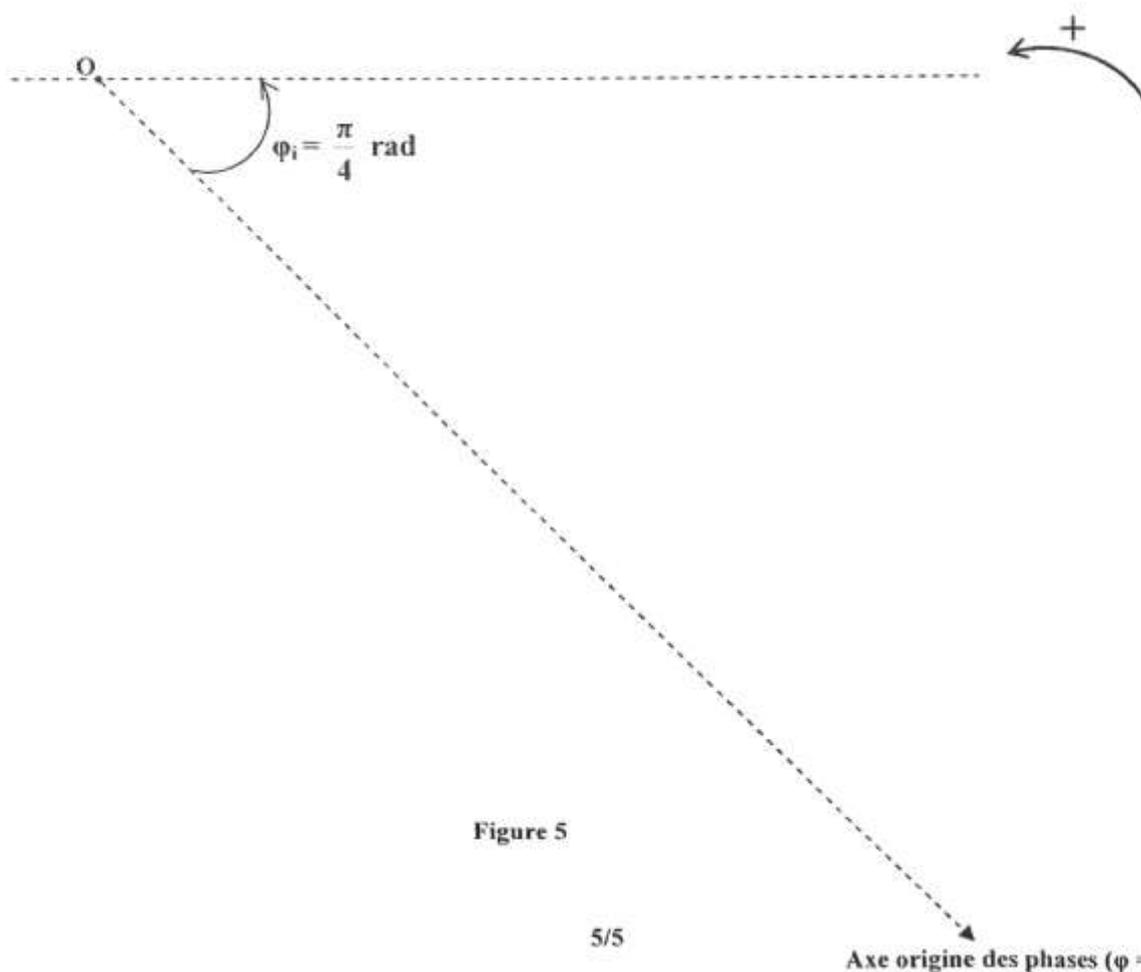
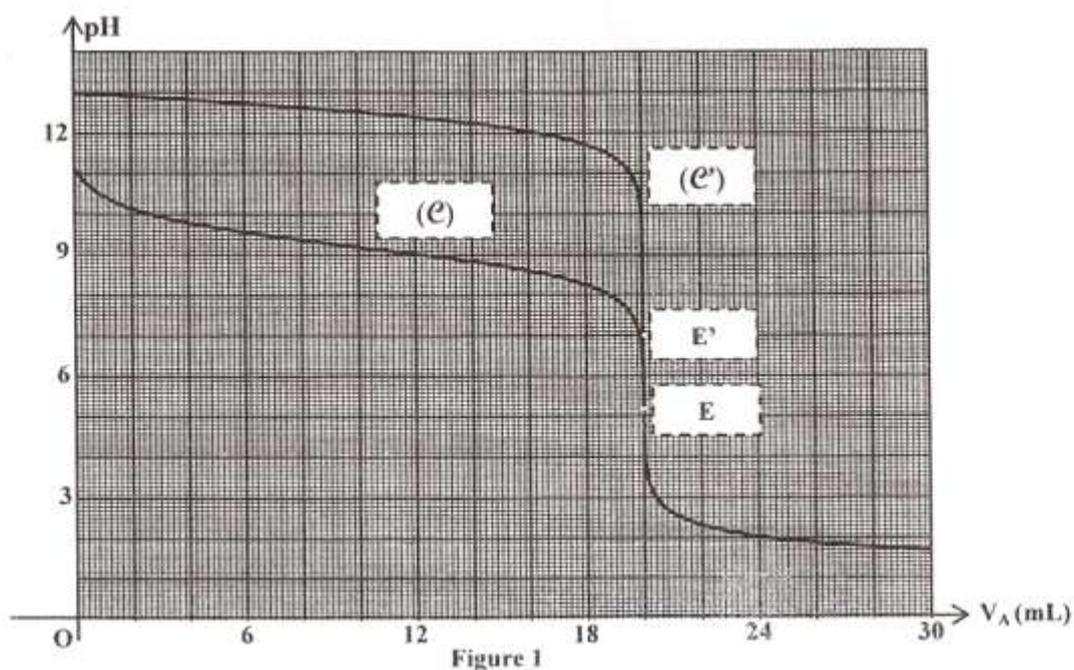


Figure 5