



**COMPOSITION DU SECOND SEMESTRE DE SCIENCES PHYSIQUES DUREE (4HEURES)**

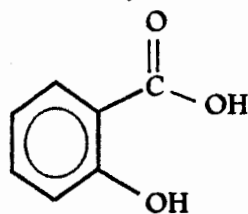
**EXERCICE 1:**

Le salicylate de méthyle est employé en parfumerie et comme arôme dans l'alimentation. Il fait partie des matières odorantes les plus importantes et est apprécié aussi en raison de ses propriétés analgésiques et antipyrétiques.

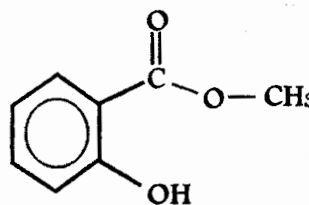
Dans ce qui suit, on se propose de réaliser la synthèse du salicylate de méthyle et d'étudier la cinétique de sa réaction de synthèse.

**1-1/ Synthèse du salicylate de méthyle:**

La synthèse du salicylate de méthyle se fait à partir de l'acide salicylique et du méthanol.



Acide salicylique



Salicylate de méthyle

1-1-1/ Recopier la formule du salicylate de méthyle et encadrer le groupe fonctionnel caractéristique des esters.

1-1-2/ Ecrire l'équation bilan de la réaction de synthèse du salicylate de méthyle.

1-1-3/ Dans un ballon on introduit un volume  $V_1 = 28,75$  mL d'acide salicylique de masse volumique  $\rho_1 = 1,44$  g.cm<sup>-3</sup> et un volume  $V_2 = 22,63$  mL de méthanol de masse volumique  $\rho_2 = 792$  kg.m<sup>-3</sup>.

On ajoute ensuite 1mL d'acide sulfurique puis on chauffe à reflux le mélange.

Au bout d'une durée  $\Delta t$ , on récupère une masse  $m = 33$  g de salicylate de méthyle.

1-1-3-1/ Quel est le rôle de l'acide sulfurique dans cette réaction ? Pourquoi chauffe-t-on le mélange ?

1-1-3-2/ Vérifier que le mélange n'est pas dans les proportions stœchiométriques. Déduire ensuite le pourcentage d'alcool estérifié de cette réaction à ce stade ?

On donne:  $M(H) = 1$  g.mol<sup>-1</sup> ;  $M(C) = 12$  g.mol<sup>-1</sup> ;  $M(O) = 16$  g.mol<sup>-1</sup> ;  $M(\text{méthanol}) = 32$  g.mol<sup>-1</sup> ;

$M(\text{acide salicylique}) = 138$  g.mol<sup>-1</sup> ;  $M(\text{salicylate de méthyle}) = 152$  g.mol<sup>-1</sup>.

**1-2/ Etude de la cinétique de la réaction de synthèse du salicylate de méthyle:**

Pour suivre l'évolution de la réaction, on effectue des prélèvements de 1 mL que l'on dose avec une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+$  ;  $\text{OH}^-$ ). A partir du volume  $V_B$  de solution d'hydroxyde de sodium versé, on calcule la quantité  $n_A$  d'acide salicylique restant dans la totalité du milieu réactionnel.

Les résultats obtenus ont permis de tracer le graphe (1) représentant l'évolution de la quantité d'ester formée  $n_E$  en fonction du temps. (Voir page annexe)

1-2-1/ Représenter sur le même graphe l'allure de la courbe représentant l'évolution au cours du temps de la quantité d'ester formée si on réalisait l'estérification sans acide sulfurique. Justifier.

1-2-2/ Définir la vitesse instantanée de formation de l'ester.

1-2-3/ Calculer cette vitesse à  $t_1 = 20$  min.

1-2-4/ Que peut-on dire de cette vitesse à  $t_2 = 90$  min. Justifier.

**EXERCICE 2:**

2-1/ Une solution aqueuse d'ammoniac  $\text{NH}_3$  a une valeur de  $\text{pH} = 10,3$ .

2-1-1/ Rappeler ce qu'est une base selon Bronsted.

2-1-2/ Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'ammoniac avec l'eau.

2-1-3/ Donner l'expression de la constante d'acidité  $K_a$  du couple  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ .

2-1-4/ Calculer le rapport des concentrations à l'équilibre  $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$  dans la solution de  $\text{pH} = 10,3$ .

On donne:  $\text{p}K_a(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9,2$

2-2/ On lit sur l'étiquette d'une bouteille contenant une solution commerciale d'ammoniac  $S_0$  les indications : **contient 20% en masse d'ammoniac, masse volumique  $920 \text{ g.L}^{-1}$  ; masse molaire  $M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g.mol}^{-1}$ .**

2-2-1/ Calculer la concentration molaire  $C_0$  en ammoniac de cette solution commerciale  $S_0$ .

2-2-2/ On se propose de déterminer par titrage acido-basique la concentration molaire de la solution commerciale. Celle-ci étant très concentrée, on en dilue un volume  $V_0 = 2 \text{ mL}$  pour obtenir une solution diluée  $S$  de concentration  $C$  et de volume  $V = 2000 \text{ mL}$ .

2-2-3/ La solution diluée  $S$  est titrée par une solution  $A$  d'acide chlorhydrique de concentration  $C_A = 0,015 \text{ mol.L}^{-1}$ . Dans  $20 \text{ mL}$  de solution diluée  $S$ , on verse progressivement la solution  $A$  et on mesure après chaque ajout le pH de la solution.

Les résultats obtenus ont permis de tracer le graphe (2) représentant la variation du  $\text{pH} = f(V_A)$ . (Voir page annexe)

2-2-3-1/ Faire le schéma du dispositif expérimental permettant de réaliser ce dosage.

2-2-3-2/ Déterminer les coordonnées du point d'équivalence.

2-2-3-3/ Déterminer la concentration  $C_0$  de la solution commerciale.

Comparer avec le résultat trouvé en 2-2-1.

### **EXERCICE 3:**

**Dans toute la suite on supposera que le mouvement des ions a lieu dans le vide et que leur poids est négligeable**

Des ions  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ , sortant d'une chambre d'ionisation, pénètrent, avec une vitesse négligeable, par un trou  $O_1$ , dans l'espace compris entre deux plaques verticales  $A$  et  $B$ . Lorsqu'on applique entre ces deux plaques une tension positive  $U_0$ , les ions atteignent le trou  $O_2$  avec la vitesse  $V_0$ .

3-1 / Donner l'expression de  $V_0$  en fonction de la charge  $q$ , de la masse  $m$  d'un ion, ainsi que  $U_0$ .

Calculer la valeur de  $V_0$  pour les ions  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  dans le cas où  $U_0 = 4000 \text{ V}$ .

**On prendra:  $m(^{24}\text{Mg}^{2+}) = 24 \text{ u}$  ;  $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .**

3-2/ A la sortie de  $O_2$ , les ions  $\text{Mg}^{2+}$  pénètrent en  $O$  dans une chambre à vide délimitée par deux plaques  $P$  et  $Q$  parallèles, horizontales, de longueur  $L$  et distantes de  $d$  avec la vitesse  $\vec{V}_0$ . Leur mouvement est étudié

dans un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  galiléen tel que  $\vec{i}$  et  $\vec{V}_0$  aient même direction et même sens.

Un dispositif approprié permet de créer dans cette chambre vide soit un champ uniforme électrique ou soit une superposition de champs uniformes électrique et magnétique.

**3-2-1/ Dans une première expérience on crée un champ électrique:  $\vec{E} = E \vec{j}$**

3-2-1-1/ Etablir les équations horaires de l'ion  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

3-2-1-2/ Soit  $\vec{v}_s$  le vecteur vitesse de la particule  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  à la sortie du champ électrique au point  $S$ .

3-2-1-2-1/ Donner l'expression du temps de sortie  $t_s$  des ions  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  en fonction de  $L$  et  $V_0$ .

3-2-1-2-2/ Dédurre les expressions des coordonnées de  $\vec{v}_s$ .

3-2-1-2-3/ Soit  $\alpha$  l'angle que fait les directions du vecteur vitesse de la particule  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  à l'entrée et à la sortie du champ électrique.

Montrer que l'expression de la tension  $U = U_{PQ} = \frac{2dU_0 \tan \alpha}{L}$ . Calculer  $U$ .

**Données:  $d = 4 \text{ cm}$  ;  $L = 12,3 \text{ cm}$  ;  $\alpha = 5^\circ$**

**3-2-2/ Dans une seconde expérience on superpose deux champs uniformes électrique  $\vec{E}$  et magnétique  $\vec{B}$ .**

On superpose au champ électrique uniforme verticale  $\vec{E} = E \vec{j}$  à un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  horizontal et perpendiculaire au plan de la figure.

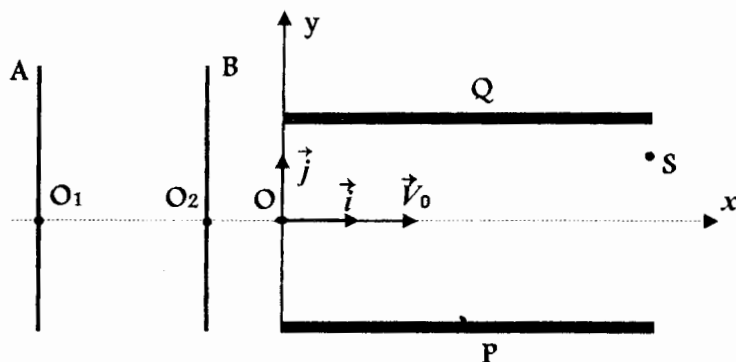
3-2-2-1/ Quelle relation doit lier  $U_0$ ,  $U$ ,  $B$ ,  $q$ ,  $m$  et  $d$  pour que le mouvement des ions  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  dans l'espace délimité par les plaques  $P$  et  $Q$  soit rectiligne uniforme et horizontal ? Préciser dans ce cas le sens de  $\vec{B}$ .

3-2-2-2/ En réalité le magnésium est formé de trois isotopes  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  ;  $^{25}\text{Mg}^{2+}$  et  $^{26}\text{Mg}^{2+}$

Lorsque  $U$  prend la valeur particulière  $U_1$ , seuls les ions  $^{24}\text{Mg}^{2+}$  ont la trajectoire rectiligne.

Lorsque  $U = U_2$ , ce sont les ions  $^{25}\text{Mg}^{2+}$  qui ont la trajectoire rectiligne et si  $U = U_3$  ce sont les ions  $^{26}\text{Mg}^{2+}$  On a donc un moyen de les séparer.

- 3-2-2-2-1/ Montrer que  $\frac{U_2}{U_1}$  ne dépend que du rapport des masses  $m_1$  (des ions  $^{24}\text{Mg}^{2+}$ ) et  $m_2$  (des ions  $^{42}\text{Mg}^{2+}$ ). Calculer alors  $A_2$  sachant que  $U_1 = 228 \text{ V}$ ,  $U_2 = 223 \text{ V}$
- 3-2-2-2-2/ Calculer  $A_3$  sachant que  $U_1 = 228 \text{ V}$  et  $U_3 = 219 \text{ V}$ .



#### EXERCICE 4:

**N.B:** Certains renseignements et données ci-dessous sont nécessaires à la résolution de l'exercice.

Le premier lanceur Ariane est une fusée à trois étages dont la hauteur totale est de 47,4 m et qui pèse, avec sa charge utile (satellite),  $m_T = 208$  tonnes au décollage.

Le premier étage qui fonctionne pendant 145 secondes est équipé de 4 moteurs Viking V alimentés par du peroxyde d'azote  $\text{N}_2\text{O}_4$  (masse de peroxyde emportée  $m_P = 147,5$  tonnes).

L'intensité de la force de poussée totale  $\vec{F}$  de ces 4 réacteurs est constante pendant leur fonctionnement: elle vaut  $F = 2445 \text{ kN}$ .

Ce lanceur peut mettre en orbite circulaire basse de 200 km d'altitude un satellite de 4850 kg ; il peut également placer sur une orbite géostationnaire un satellite de 965 kg; il peut aussi être utilisé pour placer en orbite héliosynchrone des satellites très utiles pour des applications météorologiques.

#### 4-1/ L'ascension de la fusée Ariane:

Le champ de pesanteur  $\vec{g}_0$  est supposé uniforme. Son intensité est  $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

On choisit un axe Oz vertical dirigé vers le haut.

On étudie le mouvement de la fusée dans le référentiel terrestre qu'on suppose galiléen.

4-1-1/ Représenter clairement, sur un schéma, les deux forces qui agissent sur la fusée Ariane lorsqu'elle s'élève verticalement. On néglige les frottements et la poussée d'Archimède dans l'air.

4-1-2/ A un instant quelconque, la masse de la fusée est  $m$ .

4-1-2-1/ En appliquant le théorème du centre d'inertie à la fusée Ariane, déterminer en fonction de  $m$  et des intensités des deux forces précédentes la valeur de l'accélération  $a$ .

4-1-2-2/ On considère d'abord la situation au décollage. La masse de la fusée vaut alors  $m_T$ . Calculer la valeur numérique de l'accélération  $a_1$  à cet instant.

4-1-2-3/ On envisage la situation qui est celle immédiatement avant que tout le peroxyde d'azote ne soit consommé. La masse de la fusée vaut alors  $m_2$ . Calculer la valeur numérique de  $m_2$  puis celle de l'accélération  $a_2$  à cet instant.

4-1-2-4/ Le mouvement d'ascension de la fusée est-il uniformément accéléré ?

#### 4-2/ Etude du satellite artificiel situé à basse altitude ( $h = 200 \text{ km}$ )

On s'intéresse au satellite artificiel S, de masse  $m_s$ , en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre de masse  $M_T$ , de rayon  $R_T$  et de centre O.

On suppose que la Terre est une sphère et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique et que le satellite peut être assimilé à un point.

4-2-1/ Enoncer la loi de la gravitation universelle.

4-2-2/ On appelle  $\vec{F}_s$  la force qu'exerce la Terre sur le satellite. Cette force dépend de la position du satellite.

Soit  $\vec{F}_s = m_s \times \vec{g}(h)$  tel que  $\vec{g}(h)$  représente le vecteur champ gravitationnelle à l'endroit où se trouve le satellite. Exprimer  $g(h)$  en fonction de  $R_T$ ,  $h$  et  $g_0$ .

4-2-3/ Etablir l'expression de la vitesse  $v_s$  du satellite en fonction de  $g_0$ ,  $R_T$  et  $h$  puis celle de sa période de révolution  $T_s$ . Calculer  $v_s$  et  $T_s$ .

Données:  $g_0 = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  ;  $h = 200 \text{ km}$  et  $R_T = 6400 \text{ km}$ .

### EXERCICE 5:

Un groupe d'élèves en classe de terminale S, sous la supervision de leur professeur, se propose d'étudier expérimentalement la réponse d'un dipôle (R ; L) à un échelon de tension. Ils réalisent un circuit électrique en associant en série:

- ▶ Une bobine d'inductance L et de résistance r ;
- ▶ Un résistor de résistance R = 20 Ω ;
- ▶ Un générateur de force électromotrice E.

5-1/ Faire un schéma du circuit électrique réalisé par ces élèves.

5-2/ Que peut-on dire de l'effet de la bobine sur l'établissement du courant ?

5-3/ Quel nom donne-t-on au régime lorsque le courant induit s'annule dans la bobine ?

5-4/ Énoncer la loi qui stipule l'effet du courant induit dans la bobine. Quel nom donne-t-on à cette loi ?

5-5/ La courbe ci-dessous représente l'évolution de la tension  $u_b(t)$  aux bornes de la bobine au cours du temps.

5-5-1/ Reprendre le schéma du circuit électrique de la question 5-1/ puis indiquer, les branchements à réaliser pour visualiser la tension aux bornes de la bobine sur la voie Y d'un oscilloscope ?

5-5-2/ L'équation différentielle à laquelle obéit l'intensité  $i$  du courant dans le circuit pendant cette phase

est: 
$$\frac{di}{dt} + \left( \frac{R+r}{L} \right) i = \frac{E}{L}$$

Montrer que  $i(t) = I_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$  est solution de cette équation différentielle avec  $I_0 = \frac{E}{R+r}$  et  $\tau = \frac{L}{R+r}$

5-5-3/ Montrer que  $u_b(t) = \frac{rE}{R+r} + \frac{RE}{R+r} e^{-\frac{t}{\tau}}$ .

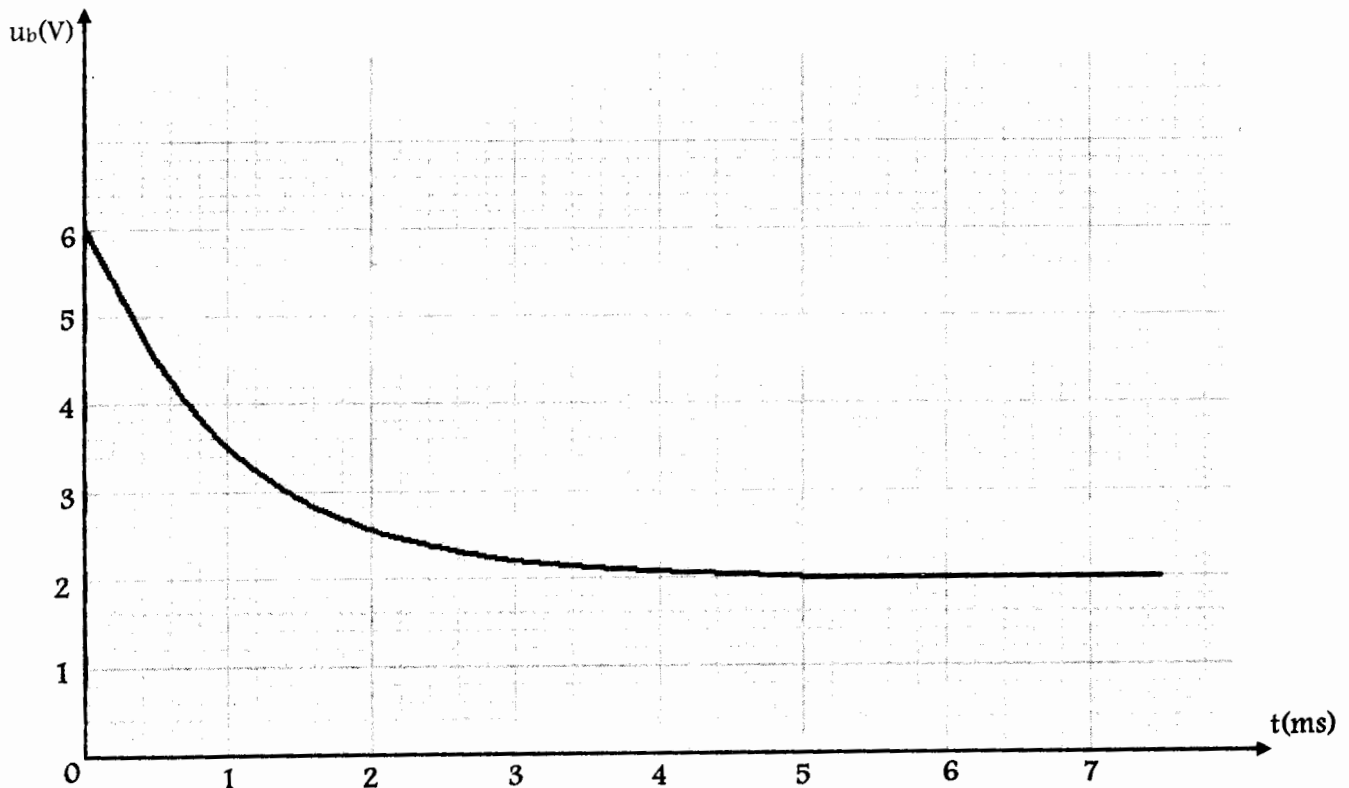
5-5-4/ Déterminer graphiquement la force électromotrice E.

5-5-5/ Exprimer la tension  $u_b$  aux bornes de la bobine et  $u_R$  aux bornes du résistor en régime permanent en fonction de r, R et E.

Déduire du graphe leur valeur numérique.

5-5-6/ En utilisant la loi des mailles, montrer qu'à la date  $t = \tau$  la tension aux bornes de la bobine est  $u_b = 3,48$  V. En déduire graphiquement la valeur de  $\tau$ .

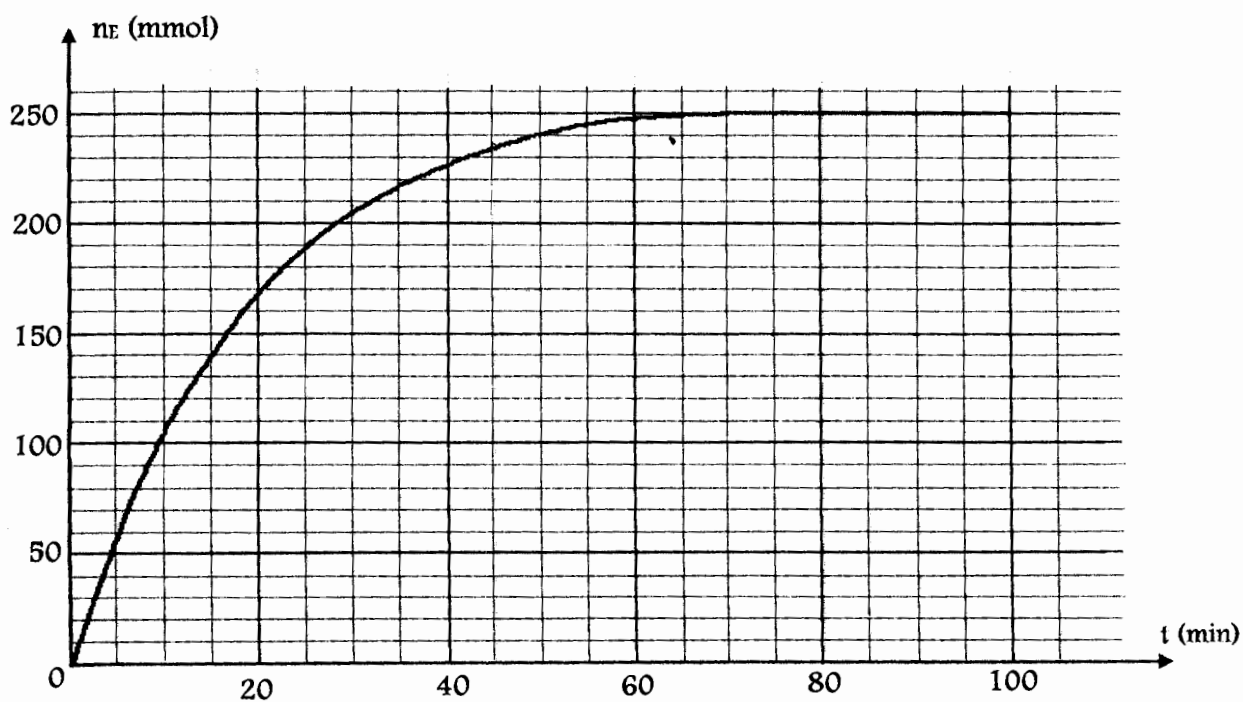
5-5-7/ Déduire des questions précédentes l'inductance L de la bobine et sa résistance interne r.



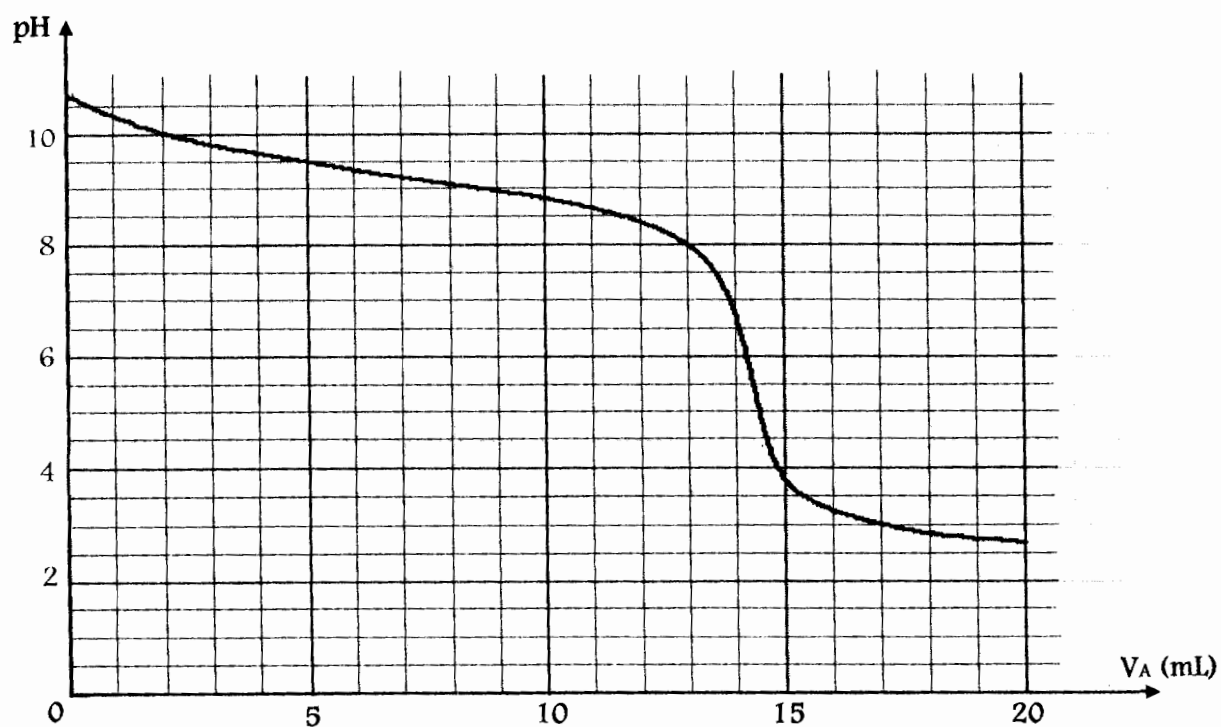
PAGE ANNEXE

Nom:

Prénom:



Graphe 1



Graphe 2