



# Les transformations liées à des réactions acides et bases

Anne scolaire  
2019 :2020

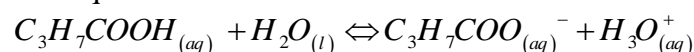
Prof :  
Marwane CHARGUI

2 Bac sciences expérimentales et Sciences Math et Bac Pro

## Exercice 1

On prépare dans un laboratoire de chimie, une solution aqueuse d'acide butanoïque  $C_3H_7COOH_{(aq)}$  de volume  $V$  et de concentration molaire  $C = 1.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Le pH de cette solution est :  $pH = 3,41$ .

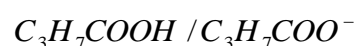
On modélise la transformation produite par l'équation chimique suivante



① Déterminer le taux d'avancement final de la réaction. En déduire

② Trouver, en fonction de  $C$  et du  $pH$ , l'expression du quotient de réaction  $Q_{r,eq}$  à l'équilibre, puis calculer sa valeur

③ En déduire la valeur du  $pK_A$  du couple

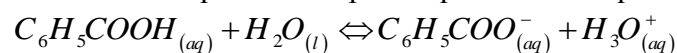


## Exercice 2

Soit une solution aqueuse (S) d'acide benzoïque de concentration  $C = 10 \text{ mol.m}^{-3}$  et de volume  $V$ .

La mesure de la conductivité de la solution (S) a donné la valeur  $\sigma = 2,76 \text{ S.m}^{-1}$  à la température de  $25^\circ\text{C}$ .

On modélise la transformation chimique qui a lieu entre l'acide benzoïque et l'eau par l'équation chimique suivante :



les conductivités molaires ioniques :  $\lambda_{C_6H_5COO^-} = 3,23.10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$  ;  $\lambda_{H_3O^+} = 35.10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ .

① Montrer que le taux d'avancement final  $\tau$  de la réaction est égal à 0,072.

② Trouver l'expression du quotient de la réaction  $Q_{r,eq}$  à l'équilibre en fonction de  $C$  et  $\tau$ .

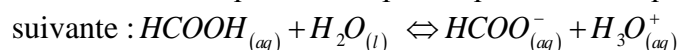
③ En déduire la constante  $pK_A$  du couple



## Exercice 3

Soit une solution aqueuse ( $S_a$ ) d'acide méthanoïque de volume  $V$  et de concentration  $C_a = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . La mesure du  $pH$  de cette solution donne  $pH = 2,9$ .

On modélise la transformation chimique qui a lieu entre l'acide méthanoïque et l'eau par l'équation chimique



① Dresser le tableau d'avancement de la réaction

② Montrer que le taux d'avancement final  $\tau$  de cette transformation

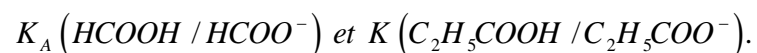
s'écrit sous la forme suivante :  $\tau = \frac{10^{-pH}}{C_a}$  calculer  $\tau$  et conclure.

③ Déterminer la valeur de la constante  $pK_A$  du couple  $HCOOH_{(aq)} / HCOO_{(aq)}^-$ .

④ On considère une seconde solution aqueuse ( $S'$ ) d'acide propanoïque  $C_2H_5COOH$  de concentration molaire  $C_A = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$ . La valeur du taux d'avancement final de la réaction de l'acide propanoïque avec l'eau est  $\tau' = 1,16.10^{-1}$ .

④① En comparant  $\tau'$  avec le taux d'avancement final de la réaction d'acide méthanoïque avec l'eau, indiquer lequel des deux acides est le plus dissocié en solution.

④② Comparer les constantes d'acidité



## Exercice 4

On dispose d'une solution aqueuse d'acide propanoïque  $C_2H_5COOH$  de concentration molaire  $C$  et de volume  $V$ . La mesure du  $pH$  de la solution donne la valeur  $pH = 2,9$ .

① Ecrire l'équation modélisant la réaction de l'acide propanoïque avec l'eau.

② Exprimer le  $pH$  de la solution en fonction du  $pK_A$  du couple  $C_2H_5COOH / C_2H_5COO^-$  et de la concentration des deux espèces chimiques  $C_2H_5COOH$  et  $C_2H_5COO^-$  en solution.

③ Montrer que le taux d'avancement final de la réaction

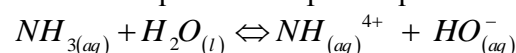
s'écrit sous la forme  $\tau = \frac{1}{1 + 10^{pK_A - pH}}$

## Exercice 5

On considère une solution aqueuse ( $S_B$ ) d'ammoniaque de volume  $V$  et de concentration  $C_B = 2.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .

La mesure de  $pH$  de cette solution donne la valeur  $pH = 10,75$ . On donne à  $25^\circ\text{C}$  :  $pK_e = 14$ .

On modélise la transformation chimique qui a lieu entre l'ammoniaque et l'eau par l'équation chimique suivante :



① Déterminer le taux d'avancement final de cette réaction. Que peut-on conclure ?

② Exprimer le quotient de la réaction  $Q_{r,eq}$  à l'équilibre du système chimique en fonction de  $C_B$  et  $\tau$ . Calculer

sa valeur .

❸ Vérifier la valeur de  $pK_A$  du couple  $(NH_4^+ / NH_3)$  .

### Exercice 6

Une solution S de méthylamine  $CH_3-NH_2$  de concentration molaire  $C_b = 0.2 \text{ mol.L}^{-1}$  a un  $pH = 12$  .

On donne à  $25^\circ C$  :  $pK_e = 14$ .

❶ Ecrire l'équation de la réaction de l'éthylamine avec l'eau.

❷ Calculer les concentrations de toutes les espèces chimiques en solution.

❸ Calculer la constante d'acidité  $K_A$  du couple  $CH_3NH_3^+ / CH_3NH_2$  et son  $pK_A$  .

❹ Tracer le diagramme de prédominance du couple  $CH_3NH_3^+ / CH_3NH_2$ . En déduire l'espèce prédominante dans la solution S.

### Exercice 7

L'acide hypochloreux a pour formule  $HClO_{(aq)}$  . Sa base conjuguée  $ClO_{(aq)}^-$  est appelée ion hypochlorite. Le document ci-contre représente les pourcentages des espèces chimiques acide et base du couple  $HClO_{(aq)} / ClO_{(aq)}^-$  en fonction du pH pour une solution

❶ Déterminer graphiquement la valeur numérique de la constante  $pK_A$  du couple  $HClO_{(aq)} / ClO_{(aq)}^-$

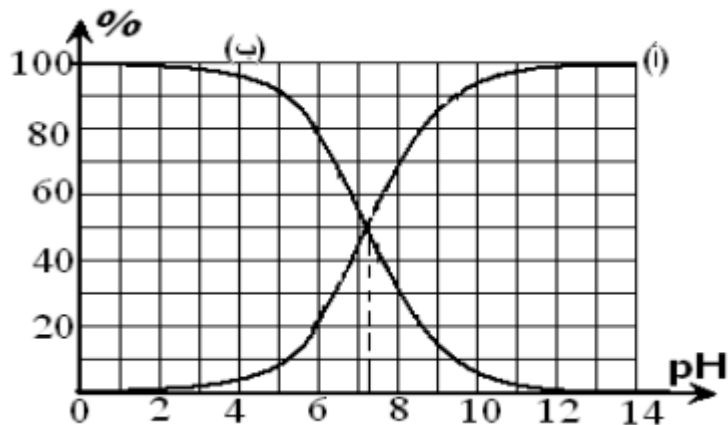
❷ Laquelle des deux courbes (a) ou (b) correspond à l'hypochlorite?

Montre que  $\%HClO = \frac{[HClO]}{[HClO] + [ClO^-]} = \frac{1}{1 + 10^{pH - pK_A}}$  Et

$$\%ClO^- = \frac{[ClO^-]}{[HClO] + [ClO^-]} = \frac{1}{1 + 10^{pK_A - pH}}$$

❸ Ecrire l'équation de la réaction de  $HClO_{(aq)}$  avec de l'eau.

❹ On considère une solution d'acide hypochloreux de  $pH = 5$  . Déterminer le taux d'avancement de la réaction dans la solution .



### Exercice 8

Nous mélangeons  $V_1 = 20 \text{ mL}$  de solution aqueuse

$(S_1)$  d'acide hypochloreux  $HClO_{(aq)}$  de concentration  $C_1 = 10^{-2} \text{ mol/L}$  avec le volume  $V_2 = 10 \text{ mL}$  de solution aqueuse  $(S_2)$  d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_1 = C_2$  . On mesure le  $pH$  de la solution et on trouve  $pH = 7,2$

donnée à  $25^\circ C$ :  $pK_e = 14$  .

❶ Ecrire l'équation de la réaction de l'acide hypochloreux avec les ions hydroxyde.

❷ montrer que le taux d'avancement de la réaction

$$\text{s'écrit sous la forme suivante : } \tau = 1 - \frac{10^{14 - pH}}{C_2} \left( \frac{V_1 + V_2}{V_2} \right)$$

et calcule sa valeur

❸ Exprimer la constante d'équilibre  $K$  associée à de la réaction d'acide hypochloreux et les ions hydroxyde en fonction de  $pK_e$  et  $pK_A$  constante d'acidité de

$HClO_{(aq)} / ClO_{(aq)}^-$ , puis calculer leur valeur numérique. Que concluez-vous?

### Exercice 9

On mélange dans un bécher un volume  $V_1$  de la solution aqueuse  $(S_1)$  d'ammoniac  $NH_{3(aq)}$  de concentration molaire  $C_1$  avec un volume  $V_1 = V$  d'une solution aqueuse de chlorure de méthyl ammonium

$(CH_3NH_3^+; Cl_{(aq)}^-)$  de concentration molaire  $C_1 = C$

❶ Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de l'ammoniac avec l'ion méthyl ammonium

❷ exprime la constante d'équilibre  $K$  associée à l'équation de cette réaction en fonction de  $pK_{A1}$  et  $pK_{A2}$

Montrer que l'expression de la concentration de et celle de dans le mélange réactionnel à l'équilibre,

$$\text{s'écrit : } [CH_3NH_{2(aq)}]_{eq} = [NH_{4(aq)}^+] = \frac{C}{2} \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$$

montre que  $pH$  du mélange réactionnel à l'équilibre

$$\text{s'écrit } pH = \frac{1}{2}(pK_{A1} + pK_{A2}) \text{ et calcule sa valeur}$$

$$\text{donne : à } 25^\circ C \quad pK_{A1}(NH_4^+ / NH_3) = 9,2$$

$$pK_{A2}(CH_3NH_3^+ / CH_3NH_2) = 10,7$$

### Exercice 10

On mélange à  $25^\circ C$  , un volume  $V_1$  d'une solution aqueuse de benzoate de sodium  $(Na_{(aq)}^+; C_6H_5COO_{(aq)}^-)$  de concentration molaire  $C_1$  avec un volume  $V_1 = V_2$  d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque  $CH_3COOH_{(aq)}$  de concentration molaire  $C_1 = C_2$

❶ Ecrire l'équation modélisant la réaction qui se produit.

- ② Montrer que la constante d'équilibre associée à cette réaction est  $K \approx 0,25$ .
- ③ Exprimer le taux d'avancement final  $\tau$  de la réaction en fonction de  $K$ .
- ④ Trouver l'expression du  $pH$  du mélange réactionnel en fonction de  $pK_{A1}$  et  $\tau$ . Calculer sa valeur.
- A  $25^\circ\text{C}$ :  $pK_{A1}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}/\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-)=4,2$  ;  $pK_{A2}(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-)=4,8$ ,

### Exercice 11

L'acide propanoïque est utilisé comme conservateur des aliments, son code est E 280, on le trouve dans les fromages, les boissons et les conserves ; il entre également dans la préparation de certains parfums, produits cosmétiques et pharmaceutiques. On se propose d'étudier en premier lieu, la réaction de l'acide propanoïque avec l'hydroxyde de sodium,

#### Données :

- Toutes les mesures sont effectuées à  $25^\circ\text{C}$  ;
- Le produit ionique de l'eau :  $K_e = 10^{-14}$  ;
- On représente l'acide propanoïque  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$  par  $\text{AH}$  et sa base conjuguée par  $\text{A}^-$  ;
- La constante d'acidité du couple  $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} / \text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^- : K_A = 10^{-4,9}$  ;
- Zone de virage de quelques indicateurs colorés :

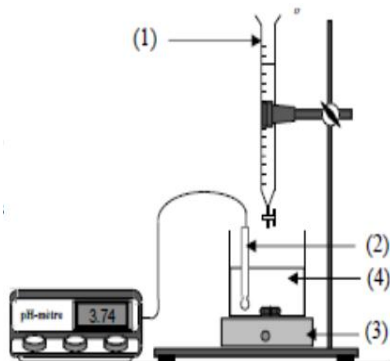
indicateur coloré	Héliantine	B.B.T	Bleu de thymol
zone de virage	3 - 4,4	6 - 7,6	8 - 9,6

On dose le volume  $V_A = 5\text{mL}$  d'une solution aqueuse ( $S_A$ ) de l'acide propanoïque  $\text{AH}$  de concentration molaire  $C_A$  par une solution aqueuse ( $S_B$ ) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire  $C_B = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ , en suivant

les variations du  $pH$  du mélange réactionnel en fonction du volume  $V_B$  versé de la solution ( $S_B$ )

.La courbe de la figure 1, représente les variations du  $pH$  en fonction du volume  $V_B$  au cours du dosage.

- Nommer le montage expérimentale de dosage
- Déterminer les coordonnées  $V_{BE}$  et  $pH_E$  du point d'équivalence
- En calculant la constante d'équilibre  $K$  associée à la réaction du dosage, montrer que cette réaction est totale
- Calculer la concentration  $C_A$
- Choisir, en justifiant la réponse, l'indicateur coloré adéquat pour repérer l'équivalence



- ⑥ Préciser, en justifiant la réponse, l'espèce chimique prédominante  $\text{AH}$  ou  $\text{A}^-$  après l'ajout du volume  $V_B = 7\text{mL}$ .

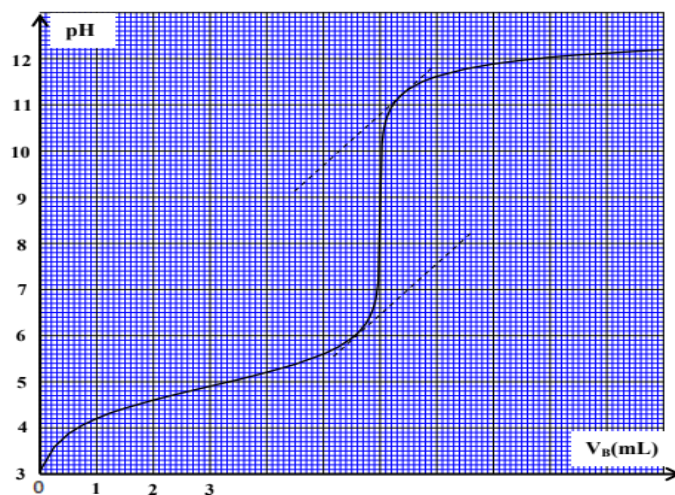


Figure 1

### Exercice 12

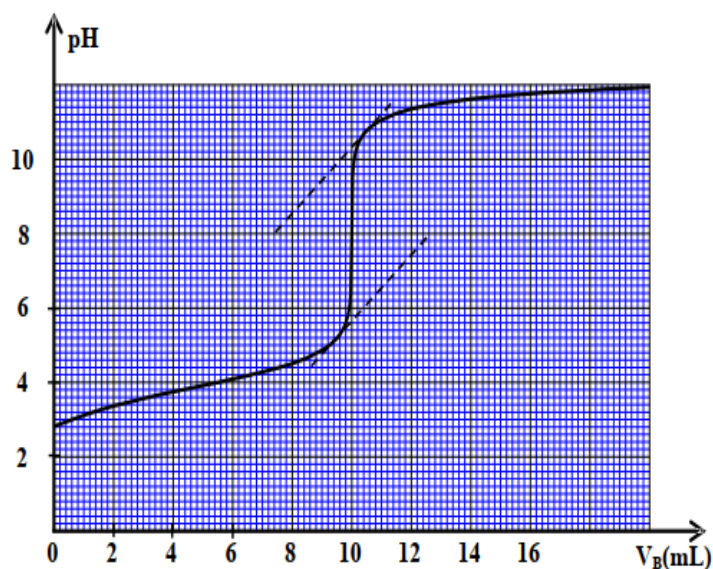
- Toutes les mesures sont effectuées à  $25^\circ\text{C}$  ;
- On représente l'acide lactique par  $\text{AH}$  et sa base conjuguée par  $\text{A}^-$  ;
  - La constante d'acidité du couple  $\text{AH}_{(aq)} / \text{A}^-_{(aq)} : K_A = 10^{-3,9}$  ;
  - Zone de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur coloré	Hélianthine	B.B.T	rouge de crésol
Zone de virage	3 - 4,4	6 - 7,6	7,2 - 8,8

On dose le volume  $V_A = 15\text{mL}$  d'une solution aqueuse ( $S_A$ ) d'acide lactique  $\text{AH}$  de concentration molaire  $C_A$  par une solution aqueuse ( $S_B$ ) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire  $C_B = 3.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ , en suivant les variations du  $pH$  du mélange réactionnel en fonction du volume  $V_B$  versé de la solution ( $S_B$ ).

La courbe de la figure ci-dessous, représente les variations du  $pH$  en fonction du volume  $V_B$  au cours du dosage.

- Ecrire l'équation de la réaction de dosage.
- Déterminer les coordonnées  $V_{BE}$  et  $pH_E$  du point d'équivalence.
- Calculer la concentration  $C_A$  de la solution ( $S_A$ ).
- Choisir, en justifiant la réponse, l'indicateur coloré adéquat pour repérer l'équivalence.
- Trouver le rapport  $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}$  à l'ajout du volume  $V_B = 10\text{mL}$ , puis déduire l'espèce chimique prédominante  $\text{AH}$  ou  $\text{A}^-$ .



### Exercice 13

Dosage d'une solution d'acide acetylsalicylique  $AH_{(aq)}$ . On dissout un comprimé d'aspirine dans l'eau distillée. On obtient ainsi une solution aqueuse  $(S)$  d'acide acetylsalicylique de concentration  $C_A$  de volume  $V = 278 \text{ mL}$  et contenant une quantité de masse  $m$  de cette acide. On prélève un volume  $V_A = 10 \text{ mL}$  de la solution  $(S)$  et on le dose par une solution aqueuse  $(S_B)$  d'hydroxyde de sodium  $(Na_{(aq)}^+; HO_{(aq)}^-)$  de concentration  $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ , en utilisant un indicateur colore convenable.

❶ Ecrire l'équation de la réaction de dosage.

❷ Pour obtenir l'équivalence, on doit verser le volume  $V_e = 10 \text{ mL}$  de la solution  $(S)$ .

❷❶ Déterminer la concentration  $C_A$  de la solution  $(S)$ .

❷❷ Montrer que  $m = 0,5 \text{ g}$

on donner  $M(AH) = 180 \text{ g.mol}^{-1}$

❷❸ Choisir parmi les indicateurs colorés dans le tableau ci-dessous, l'indicateur convenable à ce dosage justifier

Indicateur coloré	Jaune de méthyle	Hélianthine	Rouge de crésol
Zone de virage	2,9-4	3,1-4,4	7,2-8,8

### Exercice 14

On prélève un volume  $V_o = 1 \text{ mL}$  d'un vinaigre son degré d'acidité est  $(7^\circ)$  et sa concentration, et on lui ajoute de l'eau distillée pour préparer une solution aqueuse  $(S)$  et sa concentration  $C_s$  et son volume  $V_s = 100 \text{ mL}$ .

On dose le volume  $V_A = 20 \text{ mL}$  de la solution à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium  $(Na_{(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-)$  de

concentration  $C_B = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . On obtient l'équivalence lorsque le volume versée est  $V_{BE} = 15,7 \text{ mL}$ .

❶ Ecrire l'équation modélisant la réaction acido-basique.

❷ Calculer  $C_s$

❸ Calculer le degré d'acidité du vinaigre étudié et en déduire si le résultat est en accord avec l'inscription portée par le vinaigre

### Exercice 15

L'étiquette d'un flacon d'une solution commerciale  $(S_0)$  d'acide méthanoïque porte les informations suivantes :

❖ Masse molaire :  $M(HCOOH) = 46 \text{ g.mol}^{-1}$

❖ Densité :  $d = 1,15$ .

❖ Pourcentage massique :  $p = 80\%$ .

❖ Masse volumique de l'eau :  $\rho_e = 1 \text{ kg.L}^{-1}$

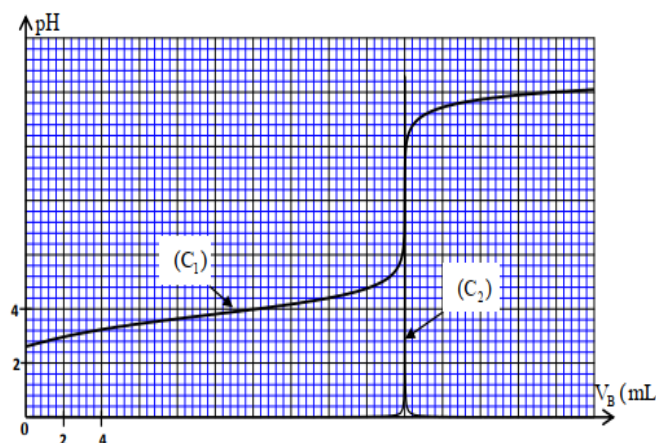
On prépare une solution aqueuse  $(S)$  d'acide méthanoïque de concentration molaire  $C$  et de volume  $V_s = 1 \text{ L}$  en ajoutant le volume  $V_0 = 2 \text{ mL}$  de la solution commerciale  $(S_0)$ , de concentration molaire  $C_0$ , à l'eau distillée. On dose le volume  $V_A = 50 \text{ mL}$  de la solution  $(S)$  par une solution aqueuse  $(S_B)$

d'hydroxyde de Sodium  $(Na_{(aq)}^+; HO_{(aq)}^-)$  de concentration molaire  $C_B = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ , en suivant les variations du  $pH$  du mélange réactionnel en fonction du volume  $V_B$  versé de la solution  $(S_B)$ . A partir des mesures obtenues, on a tracé la courbe  $(C_1)$  représentant  $pH = f(V_B)$  et la courbe représentant  $(C_2) \frac{dpH}{dV_B} = g(V_B)$

❶ Ecrire l'équation chimique modélisant la transformation ayant lieu lors du dosage.

❷ Déterminer le volume  $V_{BE}$  versé à l'équivalence et calculer la concentration  $C$  de la solution  $(S)$ .

❸ Vérifier que la valeur de  $p$  est celle indiquée sur





l'étiquette.

④ En se basant sur le tableau d'avancement, déterminer l'espèce prédominante parmi les deux espèces  $HCOOH$  et  $HCOO^-$  dans le mélange réactionnel après l'ajout du volume  $V_B = 16 mL$  de la solution ( $S_B$ ). Déduire la valeur du  $pK_A (HCOOH / HCOO^-)$

**Exercice 16**

On effectue le dosage ph mètre du volume  $V_B = 30 mL$  d'une solution aqueuse d'ammoniaque ( $S'_B$ ) de concentration  $C'_B$ , à l'aide d'une solution aqueuse ( $S_A$ ) d'acide chlorhydrique de concentration  $C_A = 2.10^{-2} mol.L^{-1}$ .

① Écrire l'équation chimique modélisant ce dosage

② La courbe de la figure 1 représente les variations du  $pH$  du mélange en fonction du volume  $V_A$  de la solution ( $S_A$ ) d'acide chlorhydrique ajouté.

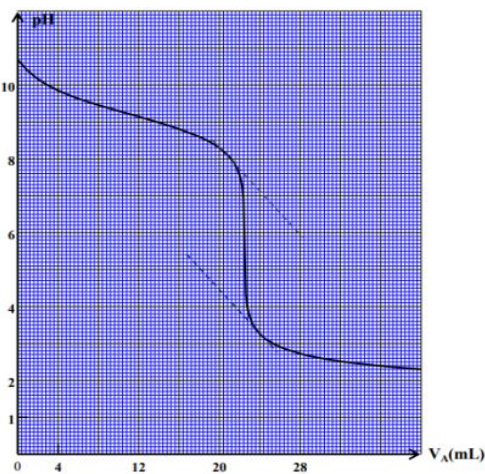
②① Déterminer les coordonnées  $V_{AE}$  et  $pH_E$  du point d'équivalence

②② Calculer  $C'_B$

②③ Déterminer en justifiant votre réponse l'indicateur coloré convenable pour effectuer ce dosage en l'absence du Ph mètre

indicateur coloré	héliantine	rouge de chlorophénol	bleu de bromothymol	phénol phtaleine
zone de virage	3,1 - 4,4	5,2 - 6,8	6 - 7,6	8,2 - 10

②④ Déterminer le volume  $V_{A1}$  de la solution d'acide chlorhydrique qu'il faut ajouter pour que la relation  $[NH_4^+] = 15.[NH_3]$  soit vérifiée dans le mélange réactionnel



**Exercice 17**

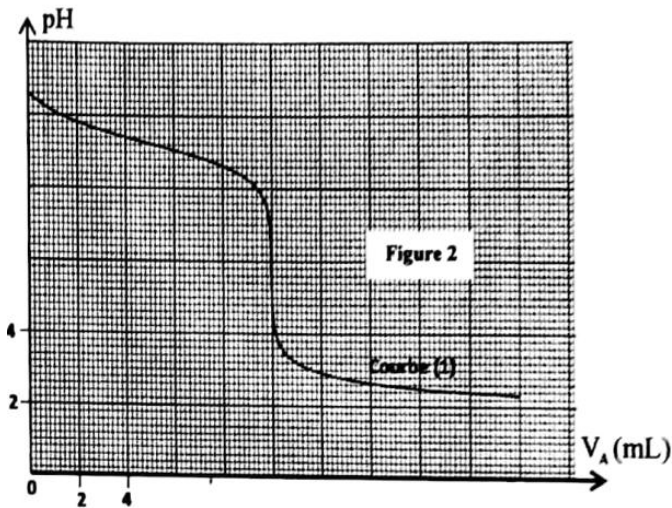
On dose un volume  $V = 20 mL$  de la solution ( $S$ ), en suivant les variations du  $pH$  du mélange réactionnel en fonction du volume  $V$  versé d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ( $H_3O^+; Cl^-$ ) de concentration molaire  $C_A = 2.10^{-2} mol.L^{-1}$ . Le suivi  $pH - métrique$  de la transformation a permis d'obtenir la courbe (1) de la figure 2. Par ailleurs, un logiciel adapté a permis d'obtenir les courbes (2) et (3) représentant les variations de la concentration de l'espèce acide et celle de l'espèce basique du couple  $NH_4^+ / NH_3$  en fonction du volume  $V$ ,

verse (figure 3).

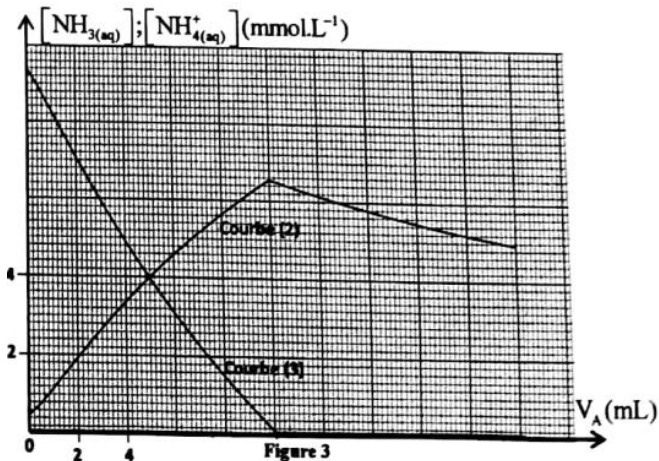
① Écrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage.

② Déterminer graphiquement le volume  $V$  de la solution d'acide chlorhydrique versé à l'équivalence.

③ Montrer que la concentration molaire  $C_D$  en ammoniac apporté du détergent concentré est  $C_D = 1 mol / L$



④ Pour la solution ( $S_1$ ) dosée précédemment :



④① Écrire l'équation de la réaction de l'ammoniac avec l'eau

④② Déterminer, en s'aidant de la courbe (1), le  $pH$  de la solution ( $S_1$ )

④③ Déterminer, par calcul, les concentrations molaires  $[NH_3]$  et  $[NH_4^+]$  dans la solution ( $S_1$ )

④④ Déduire la valeur du  $pK_A (NH_4^+ / NH_3)$

⑤ Retrouver, en utilisant les 3 courbes, la valeur du  $pK_A (NH_4^+ / NH_3)$  déduite précédemment. (0,5 pt)

⑥① Indiquer la courbe qui correspond à l'évolution de  $[NH_3]$  avec le volume  $V$ , versé

⑥② Trouver, en utilisant la courbe (1) et l'une des deux courbes (2) ou (3), la concentration molaire  $[NH_4^+]$  lorsque le  $pH$  du mélange réactionnel est  $pH = 8,8$ .