



Série des exercices : Les réactions associées à des Tr. acidobasiques

2BAC Sciences Mathématiques:

EXERCICE 1 : National 2023 SM . S. Raff

L'acide méthanoïque ou acide formique est une substance naturelle secrétée par les fourmis et les abeilles pour se défendre contre les prédateurs, sa première isolation a été réalisée par distillation des corps de fourmis.

Le but de cette partie est de vérifier par dosage le pourcentage massique de l'acide méthanoïque dans une solution commerciale, et d'étudier sa solution aqueuse.

Dans les conditions ordinaires, l'acide méthanoïque est à l'état liquide.

L'étiquette du flacon d'une solution commerciale (S_0) de cet acide porte les informations suivantes:

- Formule chimique : HCOOH ;
- Densité : $d=1,15$;
- Le pourcentage massique : $p=80\%$;

Données :

- $p=80\%$ signifie que 100g de solution commerciale contient 80 g d'acide pur;
- La masse molaire de l'acide méthanoïque est : $M(\text{HCOOH})=46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- Masse volumique de l'eau : $\rho_e=1 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$.

1- Vérification par dosage du pourcentage massique:

On prépare une solution aqueuse (S_A) d'acide méthanoïque de concentration molaire C_A et de volume $V_S=1,0 \text{ L}$ en ajoutant à l'eau distillée, un volume $V_0=2,0 \text{ mL}$ de la solution commerciale d'acide méthanoïque (S_0) de concentration molaire C_0 .

On verse dans un bécher un volume $V_A=50 \text{ mL}$ de la solution (S_A), et on dose l'acide méthanoïque par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_B=0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Les résultats de mesure du pH en fonction du volume V_B d'hydroxyde de sodium versé ont permis de tracer la courbe exprimant la variation de la concentration des ions oxonium dans le mélange réactionnel en fonction de $\frac{1}{V_B}$. (figure 1)

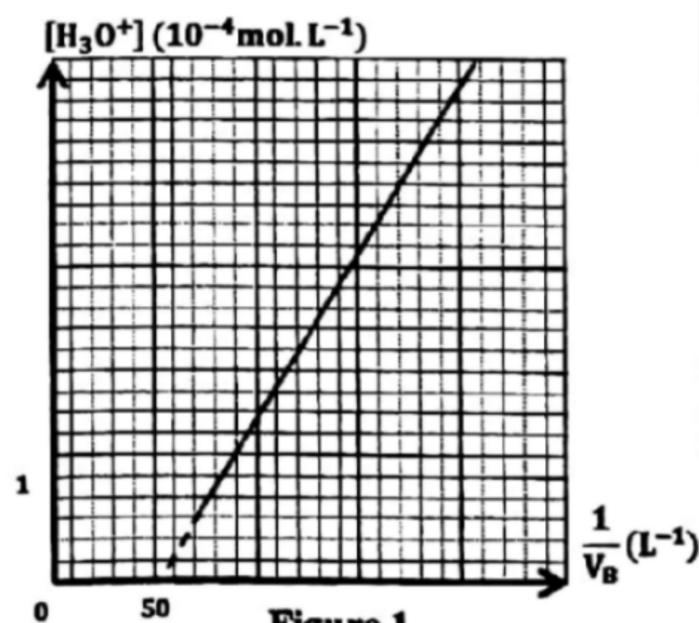


Figure 1

1-1- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction de ce dosage. (0,25pt)

1-2- Montrer que la concentration des ions oxonium dans le bécher après l'ajout d'un volume V_B , tel que : $0 < V_B < V_{BE}$ avec V_{BE} le volume de la solution (S_B) versé à l'équivalence, s'écrit :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = a \cdot \frac{1}{V_B} + b \quad \text{avec } a = K_A \cdot V_{BE} \text{ et } b = -K_A$$

K_A représente la constante d'acidité du couple $\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$. (0,75pt)



1-3- En exploitant la courbe de la figure 1 déterminer V_{BE} et K_A . (0,5pt)

1-4- Calculer la concentration C_A de la solution (S_A), et déduire la concentration C_0 de la solution commerciale (0,5pt)

1-5- Vérifier si la valeur du pourcentage massique p est correcte. (0,5pt)

2- Etude de la solution (S_A) d'acide méthanoïque :

2-1- Ecrire l'équation de la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau. (0,25pt)

2-2- Etablir l'expression de la constante d'acidité K_A du couple $HCOOH/HCOO^-$ en fonction de C_A et τ le taux d'avancement final de la réaction. (0,5pt)

2-3- Calculer τ . Conclure. (0,75pt)

EXERCICE 2 : Nationale SM 2023 Normal SM

Exercice 2 : Vérification de la masse de l'acide propanoïque dans un médicament

L'acide propanoïque C_2H_5COOH est un liquide que l'on prépare au laboratoire. Il est utilisé comme agent conservateur et entre dans la composition de certains médicaments et dans la synthèse de certains arômes.

Cette partie consiste à vérifier, par dosage, la masse de l'acide propanoïque dans un médicament.

Données - Le produit ionique de l'eau: $K_e = 10^{-14}$ à $25^\circ C$;

- La masse molaire de l'acide propanoïque : $M(C_2H_5COOH) = 74 \text{ g.mol}^{-1}$.

Le médicament étudié est une solution aqueuse notée (S). Son étiquette descriptive indique la présence de 46,2 mg d'acide propanoïque dans un volume $V = 40 \text{ mL}$ de cette solution .

Pour vérifier cette indication, on prépare, à $25^\circ C$, une solution (S_A) en introduisant dans un bécher un volume $V_A = 10 \text{ mL}$ de la solution (S) auquel on ajoute $V_e = 50 \text{ mL}$ d'eau distillée.

On dose l'acide propanoïque présent dans (S_A) à l'aide d'une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_B = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.



Après l'ajout d'un volume $V_{B1} = 3,9 \text{ mL}$ de la solution d'hydroxyde de sodium au mélange, la mesure du pH du mélange réactionnel donne la valeur $\text{pH}_1 = 4,86$.

A l'équivalence, le volume de la solution d'hydroxyde de sodium ajouté est $V_{BE} = 7,8 \text{ mL}$.

- ✓ 1- Ecrire l'équation modélisant la réaction qui a lieu lors du dosage. (0,25pt)
- 2- Expliquer pourquoi l'ajout du volume V_e d'eau distillée n'influe pas sur la valeur du volume de la solution d'hydroxyde de sodium ajouté à l'équivalence. (0,5pt)
- ✓ 3- En se basant sur le tableau d'avancement de la réaction du dosage, trouver l'expression du taux d'avancement final de la réaction avant l'équivalence en fonction du pH du milieu réactionnel, K_e , C_B , V_A , V_e et V_B le volume de la solution d'hydroxyde de sodium ajouté. Calculer sa valeur après l'ajout de V_{B1} et conclure. (0,75pt)
- 4- Calculer, après l'ajout du volume $V_B = V_{B1}$, les concentrations $[\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}]$ et $[\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-]$. Déduire la valeur du $\text{p}K_A(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}/\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-)$. (0,75pt)
- 5- Justifier la nature basique du mélange réactionnel à l'équivalence. (0,5pt)
- 6- Calculer le pH de la solution (S). (0,75pt)
- 7- Vérifier que la masse de l'acide propanoïque est celle indiquée sur l'étiquette. (0,5pt)

EXERCICE 03 : National 2022, S. normale SM

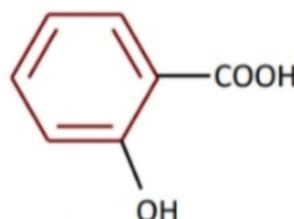
Etude de quelques réactions de l'acide salicylique

Dans cette partie on se propose d'étudier :

- une solution aqueuse d'acide salicylique ;
- le dosage d'une solution d'acide salicylique .

L'acide salicylique ou acide spirique (acide 2-hydroxy benzoïque) peut être extrait de certaines plantes. Il est connu pour ses propriétés anti-inflammatoires.

- Données :**
- Toutes les mesures sont effectuées à 25°C ;
 - Le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$;
 - Masse molaire de l'acide salicylique : 138 g.mol^{-1} ;
 - Formule chimique de l'acide salicylique :



1-Etude d'une solution aqueuse d'acide salicylique

On prépare un volume V d'une solution aqueuse d'acide salicylique de concentration molaire en soluté apporté $C = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$. On mesure le pH de la solution : $\text{pH} = 1,8$.



1-1/1-1-1- Définir le taux d'avancement final d'une réaction chimique.

1-1-2-Montrer que la réaction de l'acide salicylique avec l'eau est une réaction limitée.

Ecrire alors l'équation chimique de la réaction de l'acide salicylique avec l'eau en utilisant la formule de l'acide salicylique ci-dessus.

1-2- On notera AH pour désigner l'acide salicylique et A^- pour désigner sa base conjuguée.

Déterminer $\alpha(AH)$ la proportion de la forme acide (fraction d'acide en solution) du couple $AH_{(aq)} / A^-_{(aq)}$ et déduire l'espèce prédominante de ce couple dans la solution.

1-3-Vérifier que le pK_A du couple $AH_{(aq)} / A^-_{(aq)}$ est $pK_A \approx 3$.

2-Titrage d'une solution d'acide salicylique

On désire vérifier par titrage l'indication inscrite sur un flacon contenant une solution (S_0) d'acide salicylique.

L'étiquette du flacon de cette solution indique : 5 g d'acide salicylique pour 50 mL de solution. Pour cela on

dilue 10 fois la solution (S_0) et on obtient une solution (S). On prélève un volume $V_A = 15,0 \text{ mL}$ de la

solution (S) que l'on dose avec une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ de

concentration molaire $C_B = 0,12 \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume de la solution (S_B) versé à l'équivalence est $V_{BE} = 9,0 \text{ mL}$.

2-1-Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage en utilisant les notations $AH_{(aq)}$ et $A^-_{(aq)}$. (0,5pt)

2-2-Calculer la constante d'équilibre K de cette réaction du dosage.

2-3-L'indication inscrite sur l'étiquette du flacon est-elle vérifiée ? Justifier la réponse.

2-4/2-4-1-Vérifier que la concentration de la solution $Na^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$ obtenue à l'équivalence est

$C_e = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

2-4-2-Trouver alors le pH de cette solution.

2-4-3-Les indicateurs colorés disponibles sont indiqués dans le tableau suivant:

Indicateur	Couleur de la forme acide	Domaine de pH de la zone de virage	Couleur de la forme basique
Hélianthine	Rouge	3,1 - 4,4	jaune
Thymolphtaléine	Incolore	9,6 - 10,5	bleu
Rouge de phénol	Jaune	6,8 - 8,4	rouge

Indiquer parmi ces indicateurs, l'indicateur le mieux adapté à ce dosage. Quel inconvénient présente l'usage des deux autres indicateurs ?



EXERCICE 4 : National 2022 . S. RaH . SM

1- L'acide éthanoïque en solution aqueuse

L'acide éthanoïque pur est un liquide incolore, inflammable . Il est naturellement présent dans le vinaigre. C'est un antiseptique et un désinfectant.

Données :

- Toutes les mesures sont effectuées à 25°C ;
- $\text{p}K_{\text{A}}(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{COO}^{-}_{(\text{aq})}) = 4,8$;
- Densité de l'acide éthanoïque : $d = 1,05$;
- Masse volumique de l'eau : $\rho_e = 1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$;
- Masse molaire de l'acide éthanoïque : $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

On prépare une solution aqueuse (S_0) d'acide éthanoïque (CH_3COOH) en introduisant, dans une fiole jaugée de volume $V = 500\text{mL}$, un volume $V_0 = 2\text{mL}$ d'acide éthanoïque pur. On complète au trait de jauge avec de l'eau distillée tout en agitant.

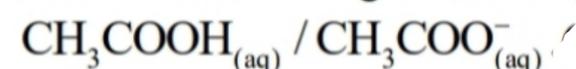
1-1- Vérifier que la concentration apportée en acide éthanoïque dans la solution (S_0) est

$$C_0 = 7,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

1-2- Montrer que le pH de la solution a pour expression : $\text{pH} = \log 2 - \log \left(\sqrt{K_{\text{A}}^2 + 4K_{\text{A}} \cdot C_0} - K_{\text{A}} \right)$ avec K_{A} la constante d'acidité du couple $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{COO}^{-}_{(\text{aq})}$.

1-3- En déduire la valeur du taux d'avancement final de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau .

1-4- Dresser le diagramme de prédominance et déduire l'espèce prédominante du couple



2- Dosage de la solution aqueuse (S_0) de l'acide éthanoïque :

Pour vérifier la valeur de la concentration molaire C_0 de la solution (S_0) , on dose un volume $V_{\text{A}} = 25,0\text{mL}$ de la solution (S_0) par une solution aqueuse (S_{B}) d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + \text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$ de concentration molaire $C_{\text{B}} = 8,75 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Pour cela on utilise un montage de dosage pH-métrique. Le volume versé de la solution (S_{B}) à l'équivalence est $V_{\text{BE}} = 20,0\text{mL}$.

2-1- Faire un schéma légendé du montage expérimental.

2-2- Ecrire l'équation chimique modélisant la réaction du dosage.

2-3/2-3-1- Choisir l'affirmation juste parmi les affirmations suivantes



A l'équivalence d'un titrage acido-basique :

- a- le volume du réactif titrant est toujours égal à celui du réactif titré.
- b- le pH du mélange réactionnel est toujours égal à 7.
- c- les quantités de matière des réactifs sont nulles.
- d- le réactif titré n'a pas totalement réagi.

2-3-2-La valeur de C_0 est-elle vérifiée ? Justifier la réponse.

2-4-Déterminer le pH du mélange réactionnel quand on a versé le volume $V_B = \frac{2}{3} V_{BE}$ de la solution (S_B). (0,5pt)

EXERCICE 5

20 Le vinaigre est une solution aqueuse d'acide éthanoïque CH_3COOH .

On caractérise un vinaigre par son degré d'acidité qui représente le pourcentage en masse d'acide éthanoïque dans la solution.

On lit sur l'étiquette d'un vinaigre l'indication suivante: vinaigre de 7°

On se propose d'étudier les propriétés de la réaction d'un dosage et de vérifier cette indication.

On prélève un échantillon de la solution de vinaigre notée S et on le dilue dix fois, la solution obtenue est notée S_a de concentration molaire C_a .

On procède au dosage d'un volume $V_1 = 20 mL$ de la solution S_a à l'aide d'une solution de soude S_b de concentration $C_b = 0,20 mol.L^{-1}$.

L'équivalence est atteinte pour un volume de soude versé $V_{bE} = 12 mL$

Le tableau suivant donne quelques mesures de ce dosage:

$V_B (mL)$	0	2	4	6	8	10	12	14	16
pH	2,88	4,10	4,50	4,78	5,10	5,50	8,24	10,72	11,23

Données: $M(CH_3COOH) = 60 g.mol^{-1}$

masse volumique de l'eau: $\rho_e = 1,00.10^3 g.L^{-1}$;

densité du vinaigre: $d = 1,05$;

produit ionique de l'eau: $K_e = 10^{-14}$;

on considère que l'acide éthanoïque est le seul acide dans le vinaigre.



- 1- Ecrire l'équation de la réaction de ce dosage.
- 2- Montrer en utilisant un tableau descriptif; que le taux d'avancement final de cette réaction s'écrit de la façon suivante: $\tau = 1 - \frac{V_a + V_b}{C_b V_b} \cdot 10^{pH-14}$.
Faire l'application numérique pour $V_b = 4mL$; conclure.
- 3- Montrer que pour un volume V_b versé ($V_b < V_{bE}$); le pH du mélange peut s'écrire:
 $pH = pK_A + \log \frac{\alpha}{1 - \alpha}$; α représente $\frac{V_b}{V_{bE}}$.
- 4- En prenant le cas $\alpha = \frac{1}{2}$, déterminer le pK_A du couple CH_3COOH/CH_3COO^- .
- 5- Calculer dans le mélange; à l'équivalence, le rapport $\frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$, conclure.
- 6- Déterminer la contraction C de la solution du vinaigre S .
- 7- Déterminer le degré noté D du vinaigre étudié.





EXERCICE 6:

21 On prépare une solution aqueuse S_0 de volume $V_0 = 250\text{mL}$ en dissolvant une masse $m_0 = 3,1\text{g}$ d'une base B de formule $C_nH_{2n+1}NH_2$ dans de l'eau distillée.

- On dilue S_0 quarante fois et on obtient une solution S_B de concentration molaire C_B

- On prélève un volume $V_B = 10\text{mL}$ de (S_B) et on le dose à l'aide d'une solution S_A d'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$) de concentration $C_A = 5\text{mmol.L}^{-1}$.

Le suivi de pH du mélange au cours de ce dosage a conduit à la courbe de la figure suivante.

1- Ecrire l'équation de la réaction de ce dosage.

2- La réaction d'un dosage doit remplir trois critères. Lesquels?

3- On considère le mélange lorsque le volume versé est $V_A < V_{AE}$; V_{AE} étant le volume de la solution S_A nécessaire à l'équivalence:

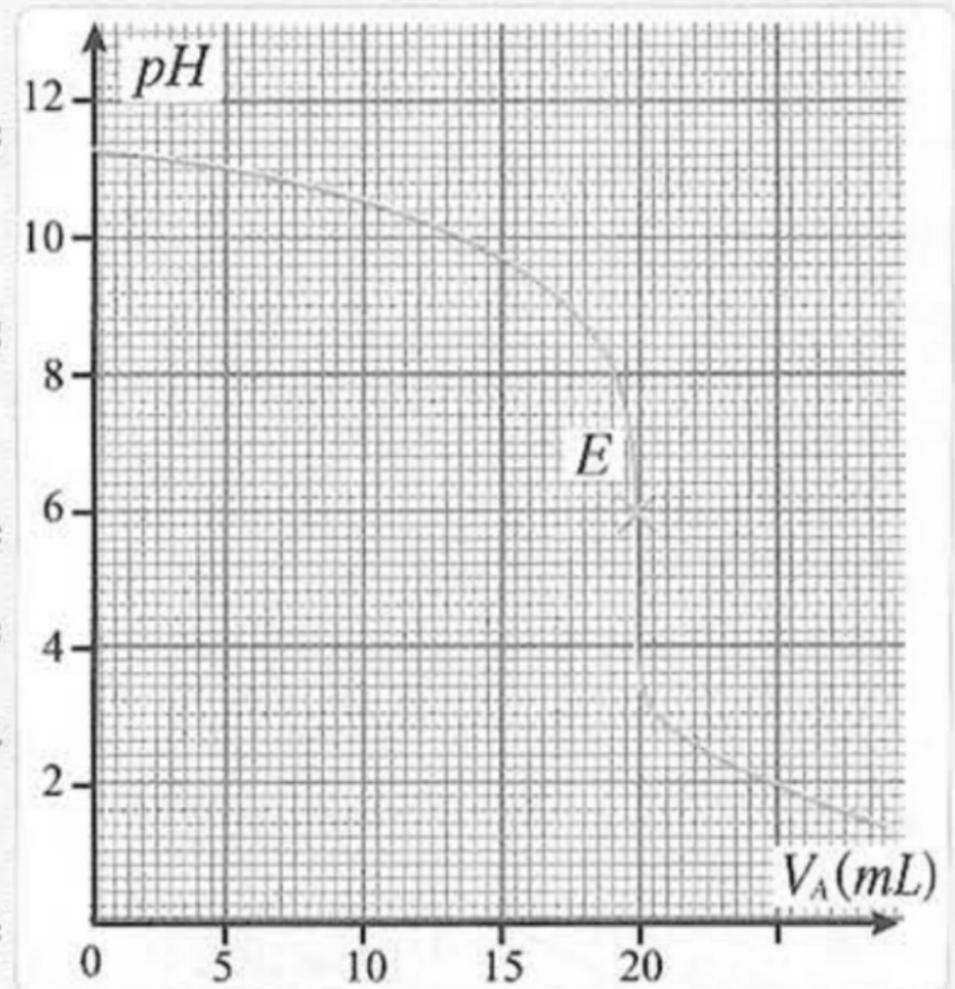
- Montrer que le taux d'avancement final de la réaction de ce dosage s'écrit:

$$\tau = 1 - \frac{V_A + V_B}{C_A V_A} \cdot 10^{-pH}$$

- Calculer τ pour $V_A = 5\text{mL}$. Conclure

4- Déterminer la valeur de la concentration C_0 .

5- En déduire la formule de la base B , sachant qu'elle figure parmi les propositions suivantes:





Composé	CH_3NH_2	$C_2H_5NH_2$	$C_3H_7NH_2$
Masse molaire en $g.mol^{-1}$	31	45	59

- 6- En étudiant le mélange lorsque $V_A = \frac{1}{2} V_{AE}$; déterminer le pK_A du couple BH^+ / B .
- 7- Quel volume V_A doit-on verser pour que l'acide BH^+ soit seize fois plus concentré que sa base conjuguée dans le mélange?

EXERCICE 7 :

18 L'acide benzoïque de formule C_6H_5COOH est utilisé comme conservateur de substances alimentaires dans les boîtes de conserve et les boissons.

Sur l'étiquette d'une boisson gazeuse; on lit :

«acide benzoïque : 180mg par litre»

Afin de vérifier cette information; on réalise l'expérience suivante :

À un volume $v = 20mL$ de cette boisson on ajoute un volume $V_B = 80mL$ d'une solution S_B d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de $pH = 11$.

Le pH du mélange à l'état final est $pH = 10,7$

On donne:

$$pK_A(C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-) = 4,2.$$

$$M(C_6H_5COOH) = 122g.mol^{-1}.$$

$$K_e = [H_3O^+][HO^-] = 10^{-14}.$$

1- Ecrire l'équation de la réaction entre les ions hydroxyde et l'acide benzoïque.

On considère que cette réaction est la seule qui ait eu lieu dans ce mélange.

2- Calculer sa constante d'équilibre.

Cette réaction peut-elle être considérée comme totale?

3- Calculer la quantité de matière $n_i(HO^-)$ des ions HO^- dans le mélange à l'état initial et la quantité de matière $n_f(HO^-)$ de ces ions dans le mélange à l'état final.

4- Déterminer en utilisant un tableau d'avancement de la réaction précédente; la teneur massique t (en g/L) de l'acide benzoïque dans la boisson.