

## EXERCICE 2 : UN ASSOUPLISSANT « FAIT MAISON » (5 points)

## A. Vinaigre commercial

**Q.1. Indiquer la verrerie nécessaire pour préparer 50,0 mL de solution S par dilution du vinaigre commercial.**

On procède à une dilution.

Solution mère : Solution commerciale

$V_0 = ?$

$C_{\text{com}}$

Solution fille : Solution S

$V_S = 50,0 \text{ mL}$

$C_S = C_{\text{com}}/10$

Au cours de la dilution, la quantité de matière de soluté se conserve  $C_{\text{com}} \cdot V_0 = C_S \cdot V_S$

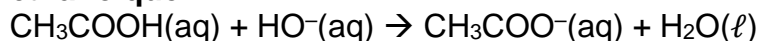
$$C_{\text{com}} \cdot V_0 = (C_{\text{com}}/10) \cdot V_S$$

$$\text{Ainsi } V_0 = \frac{V_S}{10}$$

$V_0 = 50,0/10 = 5,0 \text{ mL}$  à prélever.

Verrerie nécessaire : un becher pour placer de la solution mère à prélever,  
une pipette jaugée de 5,0 mL pour prélever la solution mère,  
une fiole jaugée de 50,0 mL pour la solution fille.

**Q.2. Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre l'ion hydroxyde et l'acide éthanóïque.**



**Q.3. À l'aide de la figure 1, montrer que la concentration  $C_{\text{com}}$  en quantité de matière d'acide éthanóïque apportée dans le vinaigre commercial est égale à  $1,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .**

À l'équivalence du titrage, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}}^{\text{initiale}} = n_{\text{HO}^-}^{\text{versée}}$$

$$C_S \cdot V = C_B \cdot V_E$$

$$C_S = \frac{C_B \cdot V_E}{V} = \frac{0,10 \times 14,0}{10,0} = 0,14 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le volume équivalent  $V_E$  est atteint au maximum de la dérivée  $\frac{dpH}{dV_B}$ , on lit  $V_E = 14,0 \text{ mL}$ .

La solution S a été obtenue par dilution de la solution commerciale on a  $C_{\text{com}} = 10 \cdot C_S$ .

$$C_{\text{com}} = 10 \frac{C_B \cdot V_E}{V}$$

$$C_{\text{com}} = 10 \times \frac{0,10 \times 14,0}{10,0} = 1,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

**Q.4. En déduire le pourcentage massique en acide éthanóïque obtenu expérimentalement et le comparer à la valeur annoncée par le fabricant, sachant que l'incertitude-type du titrage sur le pourcentage massique vaut  $u(\%) = 0,2 \%$ .**

Le pourcentage massique  $P$  est égal à la masse d'acide éthanóïque  $m_{\text{acide}}$  présente dans  $m_{\text{com}} = 100 \text{ g}$  de solution commerciale.

$$P = \frac{m_{\text{acide}}}{m_{\text{com}}} = \frac{n \cdot M_{\text{acide}}}{m_{\text{com}}} = \frac{C_{\text{com}} \cdot V_{100} \cdot M_{\text{acide}}}{m_{\text{com}}}$$

Il faut déterminer  $V_{100}$  le volume occupé par 100 g de solution commerciale.  $\rho = \frac{m_{\text{com}}}{V_{100}}$  donc

$$V_{100} = \frac{m_{\text{com}}}{\rho}$$

$$V_{100} = \frac{100 \text{ g}}{1,01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = 99,0 \text{ mL} = 9,90 \times 10^{-2} \text{ L}$$

$$P = \frac{C_{com} \cdot V_{100} \cdot M_{acide}}{m_{com}}$$

$$M_{acide} = MC_2H_4O_2 = 2 M_C + 4M_H + 2 M_O$$

$$P = \frac{1,4 \times 9,90 \times 10^{-2} \times (2 \times 12,0 + 4 \times 1,0 + 2 \times 16,0)}{100} = 8,3 \times 10^{-2} = 8,3 \%$$

L'incertitude sur le pourcentage est de 0,2 %.

On a  $8,3 - 0,2 \leq P \leq 8,3 + 0,2 \%$

$8,1 \leq P \leq 8,5 \%$

La valeur annoncée par le fabricant n'est pas dans l'intervalle expérimental obtenu.

On peut calculer l'écart normalisé (z-score)  $z = \frac{|P_{réf} - P_{mesure}|}{u(P)}$

$$z = \frac{|8,0 - 8,3|}{0,2} = 1,5.$$

Le z-score est inférieur à 2, cela signifie que la valeur expérimentale s'écarte de moins de deux incertitudes de mesure de la valeur du fabricant. On peut alors considérer notre résultat comme compatible avec celui du fabricant.

**Q.5. En utilisant éventuellement un tableau d'avancement, montrer qu'à l'équilibre la constante d'acidité du couple  $CH_3COOH(aq)/CH_3COO^-(aq)$  peut s'exprimer de la manière**

**suivante : relation 1**  $K_A = \frac{[H_3O^+]_{éq}^2}{(C_S - [H_3O^+]_{éq}) \times c^0}$  avec  $c^0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ .

Par simplification on note AH l'acide  $CH_3COOH$  et  $A^-$  sa base conjuguée  $CH_3COO^-$ .

Équation chimique		$AH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons A^-(aq) + H_3O^+(aq)$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$	$n(AH)_i = C_S \cdot V$	excès	$n(A^-)_i = 0$	$n(H_3O^+)_i = 0$
État final	$x_{éq}$	$C_S \cdot V - x_{éq}$	excès	$x_{éq}$	$x_{éq}$

$$\text{Par définition, pour le couple } AH/A^- : K_A = \frac{\frac{[A^-]_{éq}}{c^0} \times \frac{[H_3O^+]_{éq}}{c^0}}{\frac{[AH]_{éq}}{c^0}} = \frac{[A^-]_{éq} \times [H_3O^+]_{éq}}{[AH]_{éq} \times c^0}$$

À l'aide du tableau précédent :  $[A^-]_{éq} = [H_3O^+]_{éq}$ ,

$$\text{et } [AH]_{éq} = \frac{C_S \cdot V - x_{éq}}{V} = \frac{C_S \cdot V - [H_3O^+]_{éq} \cdot V}{V} = C_S - [H_3O^+]_{éq}$$

$$\text{Ainsi : } K_A = \frac{[H_3O^+]_{éq}^2}{(C_S - [H_3O^+]_{éq}) \times c^0}$$

La relation 1 peut aussi s'écrire :  $[H_3O^+]_{\text{eq}}^2 + K_A \times c^\circ \times [H_3O^+]_{\text{eq}} - K_A \times C_S \times c^\circ = 0$

**Q.6. En déduire la valeur du  $pH$  de la solution diluée S et montrer qu'elle est cohérente avec celle lue sur la courbe de titrage.**

Il faut résoudre l'équation du second degré  $[H_3O^+]_{\text{eq}}^2 + K_A \times c^\circ \times [H_3O^+]_{\text{eq}} - K_A \times C_S \times c^\circ = 0$ , pour trouver  $[H_3O^+]_{\text{eq}}$ , puis en déduire le  $pH$ .

$$[H_3O^+]_{\text{eq}}^2 + 10^{-pK_A} \times c^\circ \times [H_3O^+]_{\text{eq}} - 10^{-pK_A} \times C_S \times c^\circ = 0$$

$$[H_3O^+]_{\text{eq}}^2 + 10^{-4,8} \times 1 \times [H_3O^+]_{\text{eq}} - 10^{-4,8} \times 0,14 \times 1 = 0$$

On résout cette équation à l'aide de la calculatrice, (Comment faire ? Voir <http://acver.fr/ti2nddeg>)

On obtient  $[H_3O^+]_{\text{eq}} = 1,5 \times 10^{-3}$  et  $[H_3O^+]_{\text{eq}} = -1,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

On ne retient que la solution positive.

$$pH = -\log \frac{[H_3O^+]_{\text{eq}}}{c^\circ}$$

$$pH = -\log \left( \frac{1,5 \times 10^{-3}}{1} \right) = 2,8$$

Sur la courbe de titrage, pour  $V = 0 \text{ mL}$ , on lit  $pH = 2,8$ .

Cette valeur est parfaitement compatible avec celle calculée.

NORMAL FLOTT AUTO RÉEL DEGRÉ MP  
PLYSM1T2 APP  
 $1x^2 + 1.5x - 2.2 = 0$   
.....  
 $x1 = 0.0014816772$   
 $x2 = -0.0014975262$

$-log(0.0014816772)$   
.....  
 $2.829246402E0$

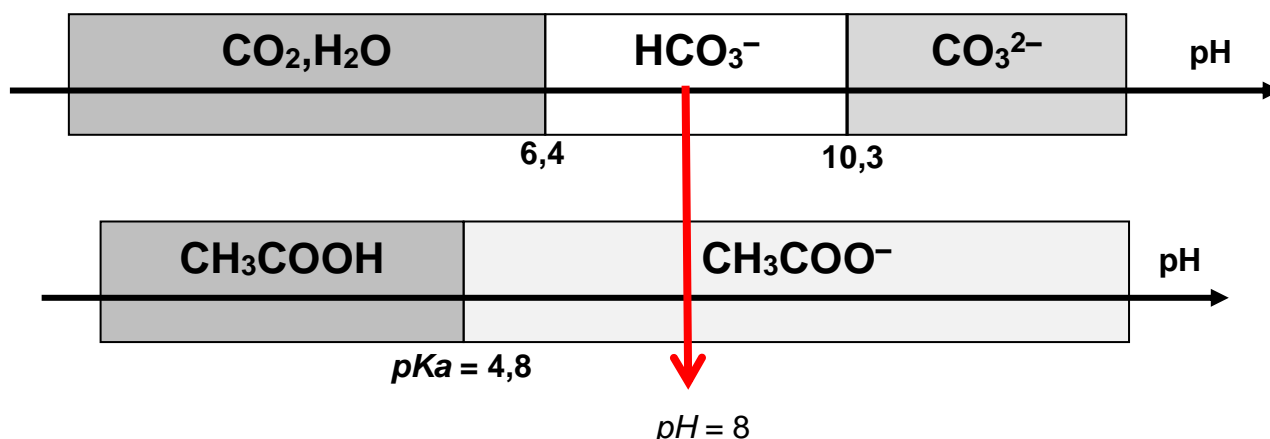
## B. Bicarbonate de soude

**Q.7. Expliquer l'effervescence observée après l'ajout du vinaigre. Une équation de réaction est attendue.**

Parmi les couples acide-base proposés, on a le couple  $CO_2(g), H_2O(l) / HCO_3^-$  dont l'acide conjugué est le dioxyde de carbone gazeux. C'est lui qui se forme et provoque l'effervescence. On peut avoir la réaction :  $HCO_3^-(aq) + CH_3COOH(aq) \rightarrow CO_2(g), H_2O(l) + CH_3COO^-(aq)$ .

L'ajout d'assouplissant permet d'obtenir une eau de rinçage dont le  $pH$  vaut environ 8.

**Q.8. Indiquer l'espèce chimique prédominante parmi celles des couples  $HCO_3^-(aq) / CO_3^{2-}(aq)$  et  $CO_2(g), H_2O(l) / HCO_3^-(aq)$  dans l'eau de rinçage. Indiquer également celle qui prédomine au sein du couple  $CH_3COOH(aq) / CH_3COO^-(aq)$ . Justifier.**



Dans l'assouplissant,  $HCO_3^-(aq)$  et  $CH_3COO^-(aq)$  prédominent.

**Q.9. En déduire comment l'assouplissant joue son rôle.**

L'assouplissant en augmentant le  $pH$  permet aux ions  $CH_3COO^-$  d'être présents et ainsi de capter les ions calcium.

De plus l'assouplissant n'augmente pas trop le  $pH$  de façon à ce que les ions  $CO_3^{2-}$  ne soient pas présents en solution sinon ceux-ci pourraient contribuer à la formation de calcaire, ce qui réduirait la souplesse du tissu.

Merci de nous signaler d'éventuelles erreurs à [labolycee@labolycee.org](mailto:labolycee@labolycee.org)