

Un assouplissant "fait maison"
(Bac Spécialité Physique-Chimie - Liban - mars 2023)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

© <http://b.louchart.free.fr>

A. Vinaigre commercial

1.

- À partir d'une solution-mère (S_0), de concentration en quantité de matière de soluté apporté C_{com} , on souhaite obtenir $V_1 = 50,0$ mL de solution-fille (S) de concentration $C_S = C_{com}/10$
Quel volume V_0 de solution-mère faut-il utiliser ?

La quantité de soluté apporté dans $V_1 = 50,0$ mL de solution-fille (de concentration C_S) est :
 $n = C_S V_1$

Cette quantité de soluté apporté vient d'un volume V_0 de solution-mère (de concentration c_0) :
 $n = C_{com} V_0$

Donc $C_S V_1 = C_{com} V_0$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{C_S V_1}{C_{com}} = \frac{V_1}{10} = \frac{50,0}{5} = 10,0 \text{ mL}$$

- Protocole expérimental :

Verser un peu de solution-mère (S_0) dans un bécher.

En prélever un volume $V_0 = 10,0$ mL à l'aide d'une pipette jaugée munie d'une propipette.

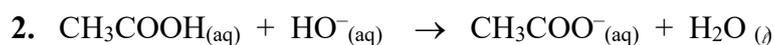
Verser ce volume V_0 dans une fiole jaugée de 50,0 mL.

Remplir la fiole jaugée aux trois quarts avec de l'eau distillée puis, après l'avoir bouchée, l'agiter.

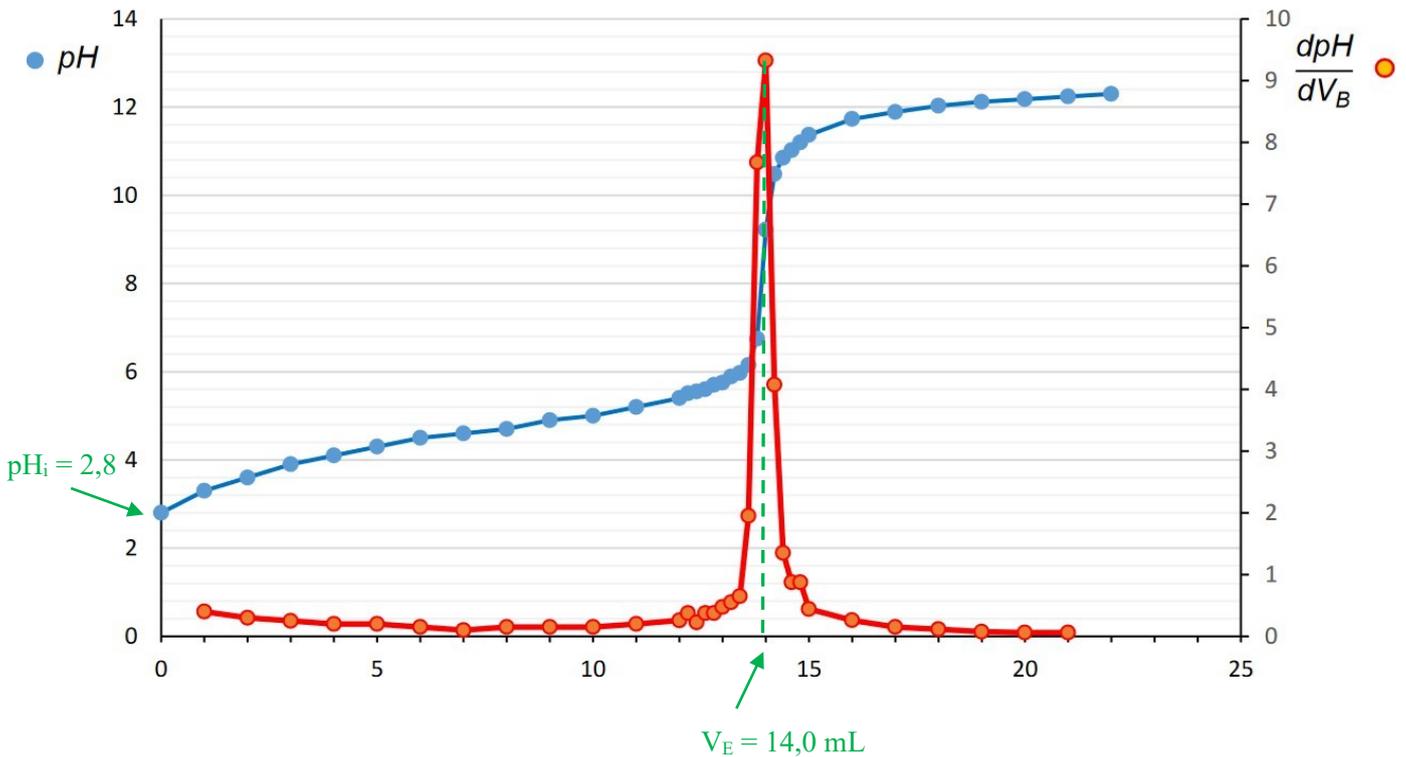
Ajouter de l'eau distillée jusqu'à ce que le niveau arrive un peu en dessous du trait de jauge.

Compléter ensuite, à l'aide d'un compte-gouttes, avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Reboucher la fiole jaugée, puis agiter pour homogénéiser la solution.



3.



D'après le graphique, le volume équivalent est : $V_E = 14,0$ mL

Or à l'équivalence, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de titrage.

$$\Rightarrow \frac{n_{\text{HO}^- \text{ ajouté à l'équivalence}}}{1} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH initial}}}{1}$$

$$\Rightarrow C_B V_E = C_S V_A \quad (\text{où } V_A \text{ est le volume de solution (S) utilisé pour le dosage})$$

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

La solution (S) ayant été obtenue en diluant 10 fois le vinaigre commercial, on obtient :

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

4.

- On considère un échantillon de vinaigre commercial de masse $m = 100$ g.

Calculons le volume occupé par cet échantillon :

$$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\mu} = \frac{100}{1,01} = 99,0 \text{ cm}^3 = 99,0 \text{ mL}$$

La quantité de matière d'acide éthanoïque dans 100 g de vinaigre (donc dans $V = 99,0$ mL de vinaigre) est : $n = C_{\text{com}} V = 1,4 \times 99,0 \times 10^{-3} = 0,139$ mol

On en déduit la masse d'acide éthanoïque dans 100 g de vinaigre :

$$m_{\text{acide éth}} = n \times M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,139 \times 60,0 = 8,3 \text{ g}$$

$$\begin{aligned}
 \text{car } M(\text{CH}_3\text{COOH}) &= 2 \times M(\text{C}) + 4 \times M(\text{H}) + 2 \times M(\text{O}) \\
 &= 2 \times 12,0 + 4 \times 1,0 + 2 \times 16,0 \\
 &= 60,0 \text{ g.mol}^{-1}
 \end{aligned}$$

Ainsi, le pourcentage massique du vinaigre est :

$$p = \frac{m_{\text{acide éth}}}{m_{\text{solution}}} = \frac{8,3}{100} = 8,3 \%$$

$$\bullet \frac{|P_{\text{exp}} - P_{\text{réf}}|}{u(P_{\text{exp}})} = \left| \frac{8,3 - 8}{0,2} \right| = 1,6$$

$$\Rightarrow \frac{|P_{\text{exp}} - P_{\text{réf}}|}{u(P_{\text{exp}})} < 2$$

Il y a moins de 2 incertitudes-types entre le résultat expérimental et la valeur de référence.

⇒ le résultat obtenu expérimentalement est compatible avec la valeur indiquée par le fabricant.

5. Considérons un volume V de solution S .

- Commençons par déterminer les concentrations $[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}}$ et $[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}}$ en fonction de $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$:

équation de la réaction		$\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$			
état du système	avancement (en mol)	quantité de matière (en mol)			
état initial	0	$C_S V$	excès	0	0
en cours de transformation	x	$C_S V - x$		x	x
état final réel	x_f	$C_S V - x_f$		x_f	x_f

$$n_{\text{CH}_3\text{COO}^- \text{ final}} = n_{\text{H}_3\text{O}^+ \text{ final}} = x_f \Rightarrow [\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}} = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} = \frac{x_f}{V}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH} \text{ final}} = C_S V - x_f \Rightarrow [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH} \text{ final}}}{V} = \frac{C_S V - x_f}{V} = C_S - \frac{x_f}{V} = C_S - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$$

- On en déduit l'expression du K_A :

$$K_A = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}} \times c^0} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}^2}{(C_S - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}) \times c^0}$$

$$6. [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}^2 + K_A c^0 [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} - K_A C_S c^0 = 0$$

$$\text{avec } K_A = c^0 \times 10^{-\text{p}K_A} = 1 \times 10^{-4,8} = 1,6 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}^2 + 1,6 \times 10^{-5} \times 1 \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} - 1,6 \times 10^{-5} \times 0,14 \times 1 = 0$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}^2 + 1,6 \times 10^{-5} \times 1 \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} - 2,2 \times 10^{-6} = 0$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} = 1,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

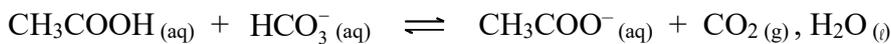
Le pH de la solution vaut donc :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} = -\log (1,5 \times 10^{-3}) = 2,8$$

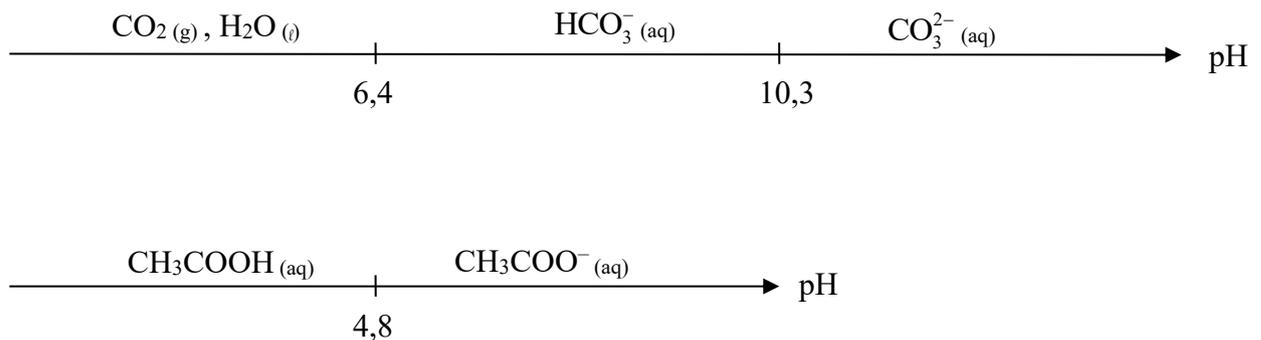
Cette valeur correspond à celle lue sur la courbe de titrage (cf. graphique de la question 3).

B. Bicarbonate de soude

7. L'effervescence est due à la formation de $\text{CO}_2(\text{g})$ par la réaction suivante :

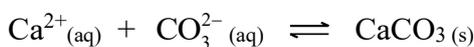


8.



D'après les diagrammes de prédominance, les espèces prédominantes dans l'eau de rinçage (de pH = 8) sont $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ et $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$

9. La formation de calcaire CaCO_3 nécessite des ions $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$ et des ions $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$:



Or des espèces chimiques anioniques de l'assouplissant, comme les ions $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$ peuvent "capter" des ions $\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})}$

De plus, grâce à l'assouplissant, ce sont les ions hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$ qui sont prédominants, et non les ions carbonate CO_3^{2-}