Nettoyage des plaques de cuisson

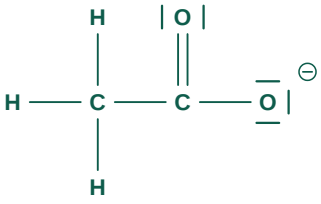
Bac 2022 Métropole Septembre Jour 2 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Représenter le schéma de Lewis de la base conjuguée de l'acide éthanoïque.

La base conjuguée de CH_3COOH est obtenue en lui retirant un ion H^+ : c'est l'ion éthanoate CH_3COO^-.

Chaque C forme quatre liaisons. L'oxygène doublement lié à C porte deux doublets non liants ; l'autre oxygène, lié une seule fois, en porte trois et la charge négative.

Ion éthanoate CH_3COO^- : schéma de Lewis ci-dessous.



Q1 · Schéma de Lewis de l'ion éthanoate

PIÈGE
Oublier la charge, ou la placer sur le mauvais oxygène : elle va sur celui qui a perdu son H, entouré de trois doublets non liants.

MÉTHODE
Compter les électrons de valence : $2 \times 4 + 3 \times 1 + 2 \times 6 + 1 = 24$, soit 12 doublets. Le schéma en montre 7 liants et 5 non liants : le compte est bon.

Q2 Indiquer, en justifiant, l'espèce majoritaire du couple de l'acide éthanoïque présente dans un vinaigre ménager 14°.

Données utiles $\text{pH} = 2{,}2$ (figure 1) ; $\text{p}K_A = 4{,}76$

Le pH du vinaigre est inférieur au $\text{p}K_A$ du couple : $2{,}2 < 4{,}76$. On se trouve dans le domaine de prédominance de la forme acide.

L'espèce majoritaire est l'acide éthanoïque CH_3COOH.

MÉTHODE
Diagramme de prédominance sur un axe de pH : l'acide à gauche du $\text{p}K_A$, la base à droite. On y place le pH de la solution et on lit l'espèce.

Q3 Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre l'acide éthanoïque et l'eau.

L'acide éthanoïque cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base (couple H_3O^+ / H_2O).

$$CH_3COOH\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

PIÈGE
Écrire une flèche simple. La partie veut montrer que l'acide est faible : la transformation n'est pas totale, d'où la double flèche.

Q4 En utilisant la valeur du pH de la solution, montrer que le taux d'avancement final τ de cette réaction est de l'ordre de 6 %. Commenter ce résultat quant à la force de l'acide éthanoïque dans l'eau.

Données utiles $c = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $\text{pH} = 3{,}5$

Pour un volume V de solution, d'après l'équation de Q3 :

- avancement final : $x_f = n(H_3O^+)_f = [H_3O^+]_f \times V = 10^{-\text{pH}} \times V$ (avec $[H_3O^+]$ en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) ;
- avancement maximal, si tout l'acide réagissait : $x_{max} = c \times V$.

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{10^{-\text{pH}}}{c} = \frac{10^{-3,5}}{5{,}0 \times 10^{-3}} = 6{,}3 \times 10^{-2}$$

Comme τ est très inférieur à 1, la transformation est très limitée : l'acide éthanoïque est un acide faible dans l'eau.

$\tau = 6{,}3\ \%$, bien de l'ordre de 6 % ; $\tau \ll 100\ \%$: acide faible.

PIÈGE
S'arrêter à la valeur de τ. La question demande aussi un commentaire : il faut comparer à 100 % et conclure sur la force de l'acide.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la concentration c. Un acide fort aurait donné $\tau = 1$, soit un pH égal à $-\log c = 2{,}3$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{10^{-3.5}}{5.0 \times 10^{-3}} \approx 0.06324555$$

Q5 Écrire l'équation de la réaction support du titrage de l'acide éthanoïque par l'hydroxyde de sodium.

L'espèce titrée est l'acide CH_3COOH ; l'espèce titrante est l'ion hydroxyde HO^-, l'ion Na^+ étant spectateur.

$$CH_3COOH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow CH_3COO^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

COMPRENDRE
Une réaction support de titrage est totale et rapide : flèche simple ici, contrairement à Q3.

Q6 Déterminer, en réalisant une construction sur l'annexe 1, le volume V_E de solution titrante d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence du titrage.

On relie les points par une courbe régulière, puis on applique la méthode des tangentes parallèles :

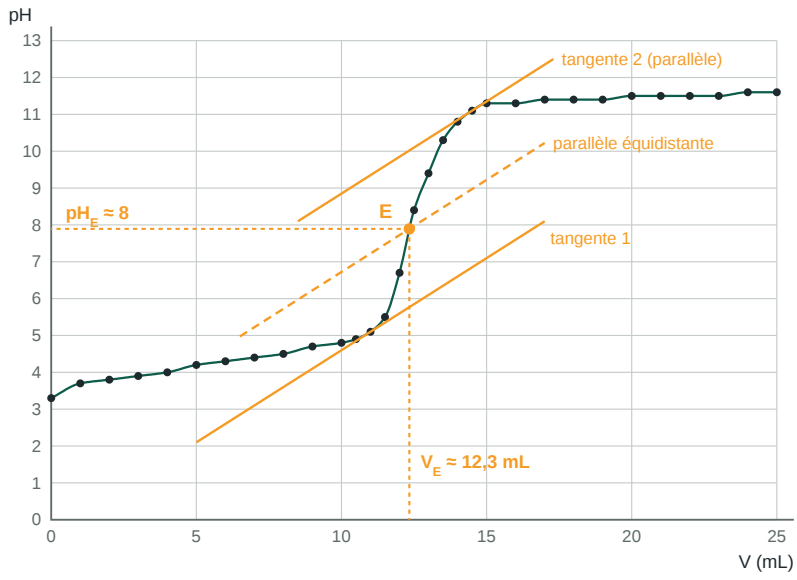
- on trace deux tangentes à la courbe, parallèles entre elles, de part et d'autre du saut de pH ;
- on trace la droite parallèle à ces tangentes et située à égale distance des deux ;
- cette droite coupe la courbe au point d'équivalence E.

On lit l'abscisse de E (et son ordonnée $pH_E \approx 8$).

$$V_E \approx 12{,}3\ mL$$

PIÈGE
Lire V_E « à l'œil » au milieu du saut, sans tracé : la construction est demandée et doit apparaître sur l'annexe rendue.

COMPRENDRE
La lecture se fait à 0,1 ou 0,2 mL près : une valeur comprise entre 12,1 et 12,5 mL, accompagnée d'une construction soignée, convient.



Q6 · Annexe 1 complétée : méthode des tangentes parallèles

Q7 Expliquer quel aurait été l'indicateur coloré le plus adapté, parmi ceux de la figure 2, pour réaliser ce titrage par colorimétrie.

Données utiles $\mathrm{pH}_E \approx 8$ (Q6) ; zones de virage de la figure 2

Un indicateur coloré convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence. Ici $\mathrm{pH}_E \approx 8$, valeur comprise entre 7,8 et 8,8.

Le rouge de crésol (zone de virage 7,8 – 8,8) : la solution passe du jaune au rouge à l'équivalence.

PIÈGE
Choisir l'indicateur dont la zone contient le pH initial ou le pH 7. À l'équivalence d'un titrage acide faible – base forte, la solution est basique.

Q8 Exploiter le titrage pour déterminer la concentration en quantité de matière de la solution diluée 100 fois, puis calculer le titre massique du vinaigre ménager étudié. Commenter le résultat.

Données utiles $V_A = 10{,}0\ \mathrm{mL}$; $c_B = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_E = 12{,}3\ \mathrm{mL}$ (Q6) ; $\rho = 1{,}0\ \mathrm{g \cdot mL^{-1}}$; masses molaires atomiques

Solution diluée. À l'équivalence, la quantité d'ions hydroxyde versée est égale à la quantité d'acide initialement présente (équation de Q5) : $n(\mathrm{CH_3COOH})_{\text{titré}} = n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}}$, soit $c_A \times V_A = c_B \times V_E$.

$$c_A = \frac{c_B \times V_E}{V_A} = \frac{2{,}00 \times 10^{-2} \times 12{,}3}{10{,}0} = 2{,}46 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

Vinaigre. Il est 100 fois plus concentré : $C = 100 \times c_A = 2{,}46\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

Titre massique. $M(\mathrm{CH_3COOH}) = 2 \times 12{,}0 + 4 \times 1{,}0 + 2 \times 16{,}0 = 60{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$.

Un volume V de vinaigre a une masse $\rho \times V$ et contient une masse $C \times V \times M$ d'acide, avec $\rho = 1{,}0 \times 10^3\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$:

$$w = \frac{m_{\text{acide}}}{m_{\text{vinaigre}}} = \frac{C \times M}{\rho} = \frac{2{,}46 \times 60{,}0}{1{,}0 \times 10^3} = 0{,}15$$

Commentaire. Le degré trouvé, environ 15°, est proche des 14° de l'étiquette : l'écart relatif est $\dfrac{15 - 14}{14} \approx 7\ \%$. Il s'explique par l'imprécision de la lecture de V_E, de la dilution et de la masse volumique.

$c_A = 2{,}46 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $w \approx 15\ \%$, soit un degré de 15° pour 14° annoncés.

PIÈGE
Oublier le facteur 100 de la dilution, ou diviser par $\rho = 1{,}0$ sans la convertir en $\mathrm{g \cdot L^{-1}}$: le titre est alors 100 ou 1000 fois trop petit ou trop grand.

COMPRENDRE
Le titre est donné avec deux chiffres significatifs, comme ρ. Les volumes V_E et V_A peuvent rester en mL dans le rapport V_E/V_A.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2.00 \times 10^{-2} \times 12.3}{10.0} \approx 0.0246$

$\dfrac{2.46 \times 60.0}{1.0 \times 10^3} \approx 0.1476$

$\dfrac{15 - 14}{14} \approx 0.07142857$

Q9 Calculer la quantité de matière de dioxyde de carbone formé à 30 s, puis placer le point correspondant sur l'annexe 2.

Données utiles à $t = 30\ \mathrm{s}$, $V(\mathrm{CO_2}) = 138\ \mathrm{mL}$ (figure 4) ; $V_m = 24{,}2\ \mathrm{L \cdot mol^{-1}}$

$$n(\mathrm{CO_2}) = \frac{V(\mathrm{CO_2})}{V_m} = \frac{0{,}138}{24{,}2} = 5{,}70 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$$

On place sur l'annexe 2 le point M d'abscisse 30 s et d'ordonnée 5,70 mmol (voir la figure de Q10).

$n(\mathrm{CO_2}) = 5{,}70 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol} = 5{,}70\ \mathrm{mmol}$

PIÈGE
Laisser le volume en mL : V_m est en $\mathrm{L \cdot mol^{-1}}$, il faut écrire 0,138 L. L'axe de l'annexe est gradué en mmol.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.138}{24.2} \approx 0.005702479$

Q10 Déterminer, en réalisant une construction sur l'annexe 2, le temps de demi-réaction. Commenter ce résultat au regard de l'utilisation qui est faite ici de cette transformation chimique.

Données utiles volume final $V(CO_2)_f = 160\ \text{mL}$ (figure 4) ; $V_m = 24{,}2\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que l'avancement x soit égal à la moitié de l'avancement final. Ici, une mole de CO_2 se forme par mole d'avancement : $x = n(CO_2)$.

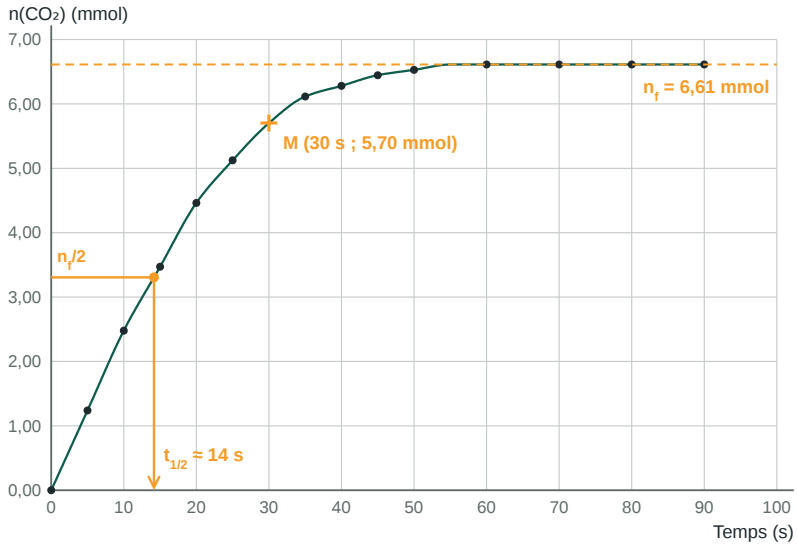
Le palier de la courbe donne $n(CO_2)_f = \dfrac{0{,}160}{24{,}2} = 6{,}61\ \text{mmol}$, donc $\dfrac{n(CO_2)_f}{2} = 3{,}31\ \text{mmol}$.

On trace l'horizontale d'ordonnée 3,31 mmol jusqu'à la courbe, puis on descend verticalement : on lit $t_{1/2} \approx 14\ \text{s}$.

Ce temps est très court : la moitié du gaz est libérée en 14 s et le dégagement est terminé au bout d'une minute environ. Les bulles se forment donc bien en un temps bref, inférieur à quelques minutes, ce qui rend l'action mécanique de nettoyage efficace.

$t_{1/2} \approx 14\ \text{s}$: formation rapide des bulles, adaptée au nettoyage.

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée totale (30 s) : $t_{1/2}$ se lit à la moitié de l'ordonnée finale, pas au milieu de l'axe des temps.



Q10 · Annexe 2 complétée : point à 30 s (Q9) et lecture du temps de demi-réaction (Q10)

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.160}{24.2} \approx 0.00661157$

$\dfrac{6.61}{2} \approx 3.305$