Du fromage et du beurre

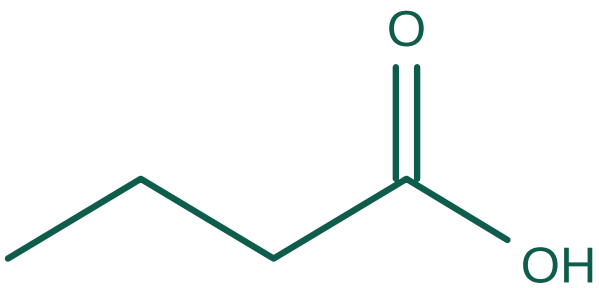
Bac S 2017 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 40 min**

1.1 Représenter la formule topologique de l'acide butanoïque.

L'acide butanoïque est un acide carboxylique à chaîne de quatre atomes de carbone : $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$.

Formule topologique : voir la figure (ligne brisée de trois liaisons, groupe carboxyle en bout de chaîne).

PIÈGE
Dessiner quatre segments dans la chaîne : cela ferait cinq carbones, car le carbone du groupe carboxyle compte dans les quatre.



1.1 · Formule topologique de l'acide butanoïque

1.2 Écrire l'équation de la réaction entre l'acide butanoïque et l'eau.

L'acide cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base. L'acide étant faible, la transformation n'est pas totale :

$$C_4H_8O_2\,(aq) + H_2O\,(l) \rightleftharpoons C_4H_7O_2^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$$

PIÈGE
Une flèche simple signifierait une réaction totale, donc un acide fort : la double flèche est attendue.

1.3 Le pH d'une solution d'acide butanoïque de concentration donnée vaut 3,2. Cette valeur est-elle en accord avec le caractère « acide faible » ?

Données utiles $c = 3{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $\text{pH} = 3{,}2$

Si l'acide était fort, sa réaction avec l'eau serait totale : $[H_3O^+] = c$, d'où

$$\text{pH} = -\log c = -\log(3{,}0 \times 10^{-2}) = 1{,}5$$

Le pH mesuré (3,2) est supérieur à 1,5 : il s'est formé moins d'ions H_3O^+ que si tout l'acide avait réagi.

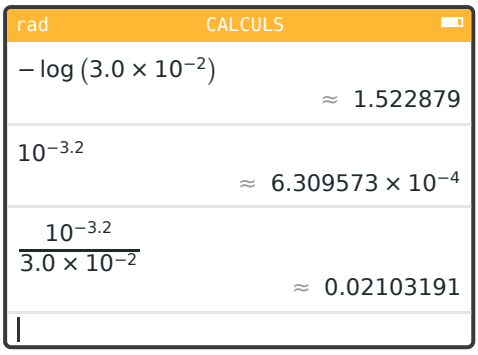
En effet $[H_3O^+] = 10^{-3{,}2} = 6{,}3 \times 10^{-4}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, soit environ 2 % de c seulement.

$\text{pH} = 3{,}2 > -\log c = 1{,}5$: la réaction avec l'eau est limitée, la valeur est en accord avec un acide faible.

COMPRENDRE
Un pH se donne avec autant de décimales que la concentration a de chiffres significatifs, ou moins : ici une décimale, comme la valeur mesurée. Inversement, $10^{-3{,}2}$ n'a que deux chiffres significatifs au plus.

MÉTHODE
Pour tester « fort ou faible », comparer le pH mesuré à $-\log c$: égal pour un acide fort, plus grand pour un acide faible. On peut aussi comparer $[H_3O^+]$ à c.

À LA CALCULATRICE



1.4 Quelle espèce du couple acide / base de l'acide butanoïque prédomine dans la solution précédente ? Justifier.

Données utiles $\mathrm{pH} = 3{,}2$; $\mathrm{p}K_a = 4{,}8$

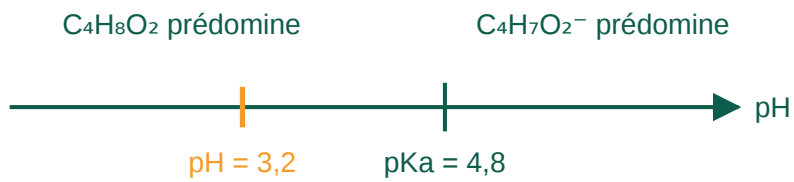
Diagramme de prédominance du couple $C_4H_8O_2$ / $C_4H_7O_2^-$: l'acide prédomine pour $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_a$, la base pour $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_a$.

Ici $\mathrm{pH} = 3{,}2 < \mathrm{p}K_a = 4{,}8$.

L'espèce prédominante est la forme acide, l'acide butanoïque $C_4H_8O_2$.

COMPRENDRE

Cela rejoint la question 1.3 : $\frac{[C_4H_7O_2^-]}{[C_4H_8O_2]} = 10^{\mathrm{pH}-\mathrm{p}K_a} = 10^{-1{,}6}$, soit environ 0,03. La base est très minoritaire, l'acide est resté presque entièrement sous sa forme initiale.



1.4 · Diagramme de prédominance du couple, avec le pH de la solution

2.1 Justifier le gonflement des fromages lors de la fermentation butyrique.

D'après l'équation, la fermentation produit deux espèces à l'état gazeux : le dioxyde de carbone $CO_2\,(g)$ et le dihydrogène $H_2\,(g)$.

Ces gaz, formés au cœur de la pâte, y restent piégés et occupent un volume croissant : le fromage gonfle, voire éclate.

MÉTHODE

Pour une question qualitative sur une transformation, relire l'état physique de chaque espèce dans l'équation : (aq), (g), (s), (l). La réponse s'y trouve souvent.

2.2 Vérifier que la fermentation de 2,0 g d'acide lactique conduit à la formation d'environ 1 g d'acide butanoïque.

Données utiles $m_1 = 2{,}0$ g ; $M_1 = 90{,}0$ g · mol^{-1} ; $M_2 = 88{,}0$ g · mol^{-1}

L'acide lactique est le seul réactif et la réaction est totale : il est entièrement consommé.

D'après les nombres stœchiométriques, 2 mol d'acide lactique donnent 1 mol d'acide butanoïque :

$$n_2 = \frac{n_1}{2} \quad \text{avec} \quad n_1 = \frac{m_1}{M_1}$$

$$m_2 = n_2 \times M_2 = \frac{m_1 \times M_2}{2\,M_1} = \frac{2{,}0 \times 88{,}0}{2 \times 90{,}0} = 0{,}98 \text{ g}$$

$m_2 = 0{,}98$ g ≈ 1 g : l'information du site est correcte.

PIÈGE

Oublier le nombre stœchiométrique 2 devant l'acide lactique : on trouverait 2,0 g d'acide butanoïque, le double de la valeur annoncée.

COMPRENDRE

Le résultat a deux chiffres significatifs, comme la masse $m_1 = 2{,}0$ g, donnée la moins précise. Le reste de la masse (environ 1 g) part sous forme de gaz.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{2.0}{90.0} \approx 0.02222222$

$\frac{2.0 \times 88.0}{2 \times 90.0} \approx 0.9777778$

3.1 Déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde versée à l'équivalence.

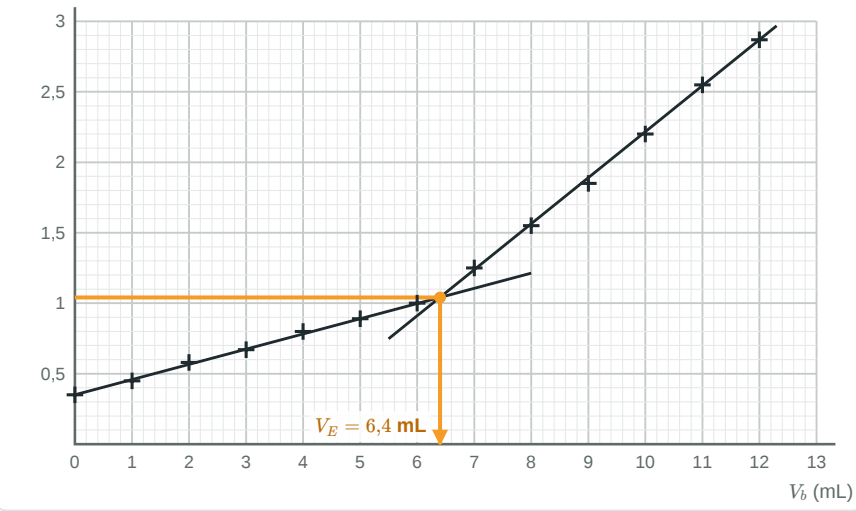
Données utiles $C = 4{,}0 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; figure 1

La courbe $\sigma = f(V_b)$ est formée de deux portions de droite de pentes différentes. On trace la droite passant au mieux par les points de chaque portion ; l'abscisse de leur point d'intersection est le volume à l'équivalence :

$V_E = 6{,}4\ \text{mL}$

$$n(\text{HO}^-)_E = C \times V_E = 4{,}0 \times 10^{-1} \times 6{,}4 \times 10^{-3} = 2{,}6 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

$$\boxed{n(\text{HO}^-)_E = 2{,}6 \times 10^{-3}\ \text{mol}}$$



3.1 · Figure 1 du sujet : les deux droites tracées et la lecture du volume à l'équivalence

PIÈGE
Lire l'équivalence sur le point de mesure le plus proche (6 ou 7 mL) au lieu de tracer les deux droites à la règle.

COMPRENDRE
Avant l'équivalence, chaque HO^- versé est consommé et il apparaît Na^+ et $\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2^-$: σ croît lentement. Après, HO^-, très conducteur, s'accumule : la pente est plus forte. Une lecture entre 6,3 et 6,5 mL est acceptable.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$4.0 \times 10^{-1} \times 6.4 \times 10^{-3} \approx 0.00256$

3.2 Le beurre analysé est-il rance ?

Données utiles $n(\mathrm{HO^-})_E = 2{,}56 \times 10^{-3}$ mol (3.1) ; $M_2 = 88{,}0$ g · mol^{-1} ; $m_{\text{beurre}} = 8{,}0$ g ; beurre rance si le pourcentage massique atteint 4 %

À l'équivalence, l'acide butanoïque et les ions hydroxyde ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. D'après l'équation du titrage (1 mol pour 1 mol) :

$$n(\mathrm{C_4H_8O_2}) = n(\mathrm{HO^-})_E = 2{,}56 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

Masse d'acide butanoïque dans l'échantillon :

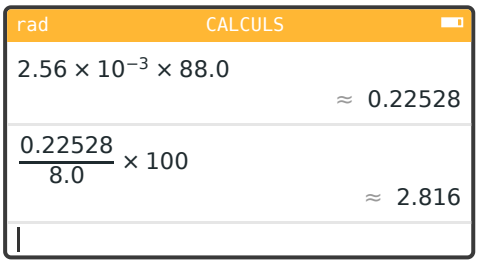
$$m = n \times M_2 = 2{,}56 \times 10^{-3} \times 88{,}0 = 0{,}23\ \text{g}$$

Pourcentage massique dans les 8,0 g de beurre :

$$p = \frac{m}{m_{\text{beurre}}} \times 100 = \frac{0{,}225}{8{,}0} \times 100 = 2{,}8\ \%$$

$p = 2{,}8\ \% < 4\ \%$: le beurre analysé n'est pas rance.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE

On garde la valeur non arrondie $2{,}56 \times 10^{-3}$ mol dans les calculs intermédiaires. En repartant des valeurs arrondies on obtient 2,9 % : la conclusion est la même, loin du seuil de 4 %.

MÉTHODE

Question ouverte : annoncer le plan avant de calculer. 1) relation à l'équivalence ; 2) masse d'acide titrée ; 3) pourcentage massique ; 4) comparaison au seuil et conclusion rédigée.