Quand un acide rencontre une base

Bac S 2006 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1.a Donner l'autre nom du propan-1,2,3-triol.

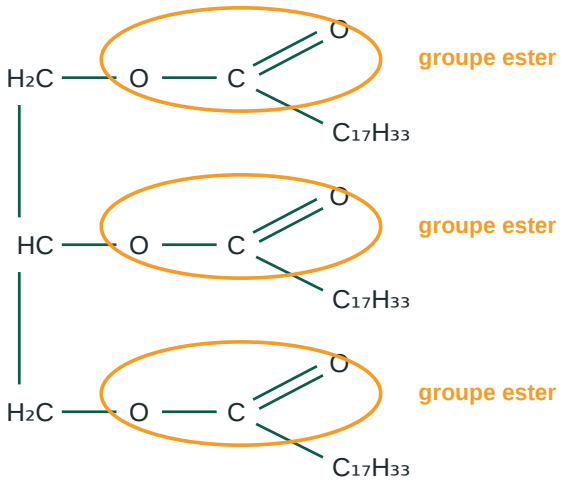
Le propan-1,2,3-triol est le **glycérol** (ou glycérine).

1.b Recopier la formule du triester et entourer la (ou les) fonction(s) caractéristique(s).

La molécule porte trois fois le groupe caractéristique $-COO-$ (un carbone doublement lié à un oxygène et simplement lié à un autre oxygène, lui-même lié à un carbone).

Trois groupes **ester** sont entourés sur la formule.

PIÈGE
N'entourer que $C{=}O$ désigne un groupe carbonyle. Le groupe ester comprend aussi l'atome d'oxygène lié par une liaison simple.



1.b · Formule du triester recopiée ; en orange, les trois groupes ester entourés

1.c Quel est l'autre nom de l'hydrolyse basique de l'huile, réalisée à chaud avec de la soude concentrée ?

L'hydrolyse basique d'un ester est une **saponification**.

COMPRENDRE
Le mot vient de « savon » : cette transformation, rapide à chaud et totale, sert à fabriquer les savons à partir de corps gras.

1.d Nommer les produits de la réaction entre le triester et la soude.

$HOCH_2-CHOH-CH_2OH$ est le propan-1,2,3-triol, c'est-à-dire le glycérol.

$(Na^+ + C_{17}H_{33}COO-)$ associe l'ion sodium à l'ion oléate, base conjuguée de l'acide oléique.

Les produits sont le **glycérol** et l'**oléate de sodium** (un savon).

PIÈGE
Répondre « acide oléique » : en milieu basique, on obtient l'ion carboxylate, pas l'acide carboxylique.

2.a Écrire l'équation de la réaction entre l'acide acétique et l'eau.

L'acide acétique cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base :

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

2.b Donner l'expression littérale de la constante d'équilibre associée à cette réaction, puis calculer sa valeur.

Données utiles $pK_a(CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4{,}75$

L'eau est le solvant, elle n'apparaît pas dans l'expression :

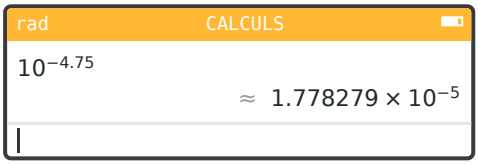
$$K = \frac{[CH_3COO^-]_{éq}\,[H_3O^+]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}}$$

C'est la constante d'acidité du couple : $K = K_a = 10^{-pK_a} = 10^{-4{,}75}$

$$K = K_a = 1{,}8 \times 10^{-5}$$

COMPRENDRE
Un pK_a donné avec deux décimales conduit à un K_a à deux chiffres significatifs : les décimales d'un logarithme fixent les chiffres significatifs du nombre.

À LA CALCULATRICE



2.c Établir le tableau d'avancement de la réaction, calculer son taux d'avancement et conclure.

Données utiles $pH = 3{,}40$; $c = 1{,}00 \times 10^{-2}\ mol \cdot L^{-1}$

Pour un volume V de solution, la quantité initiale d'acide est cV :

État	CH_3COOH	H_2O	CH_3COO^-	H_3O^+
initial ($x = 0$)	cV	solvant	0	0
en cours (x)	$cV - x$	solvant	x	x
final (x_f)	$cV - x_f$	solvant	x_f	x_f

Si la transformation était totale : $cV - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = cV$.

À l'état final : $x_f = [H_3O^+]_f\,V = 10^{-pH}\,V$.

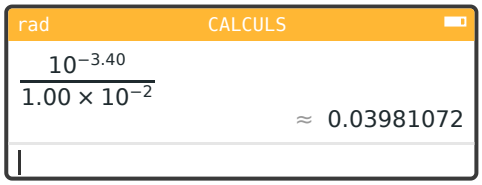
$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{10^{-pH}}{c} = \frac{10^{-3{,}40}}{1{,}00 \times 10^{-2}} = 4{,}0 \times 10^{-2}$$

$\tau = 4{,}0 \times 10^{-2}$, soit 4,0 % : $\tau < 1$, la transformation est **limitée** (très peu avancée), l'acide acétique est un acide faible.

PIÈGE
Oublier la conclusion. Sur 100 molécules d'acide apportées, 4 seulement ont réagi avec l'eau.

MÉTHODE
Le volume n'est pas donné : garder V en lettre, il se simplifie dans le rapport. Pour un acide seul dans l'eau, $\tau = \frac{10^{-pH}}{c}$.

À LA CALCULATRICE



2.d À partir de la conductivité mesurée de la solution diluée, retrouver la valeur de son pH.

Données utiles $\sigma = 15{,}5 \times 10^{-3}\ \text{S} \cdot \text{m}^{-1}$; $\lambda(H_3O^+) = 35{,}0 \times 10^{-3}\ \text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$; $\lambda(CH_3COO^-) = 4{,}09 \times 10^{-3}\ \text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

Les ions présents sont H_3O^+ et CH_3COO^- :

$$\sigma = \lambda(H_3O^+)\,[H_3O^+] + \lambda(CH_3COO^-)\,[CH_3COO^-]$$

D'après le tableau (2.c), $[CH_3COO^-] = [H_3O^+]$, donc :

$$[H_3O^+] = \frac{\sigma}{\lambda(H_3O^+) + \lambda(CH_3COO^-)} = \frac{15{,}5 \times 10^{-3}}{(35{,}0 + 4{,}09) \times 10^{-3}}$$

$[H_3O^+] = 0{,}397\ \text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$

soit $[H_3O^+] = 3{,}97 \times 10^{-4}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, puis $\text{pH} = -\log[H_3O^+] = -\log(3{,}97 \times 10^{-4})$.

$\text{pH} = 3{,}40$: on retrouve la valeur mesurée au pH-mètre.

PIÈGE
La loi donne une concentration en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$. Il faut diviser par 1000 pour passer en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ avant de calculer le pH, sinon on trouve $0{,}40$.

COMPRENDRE
Les ions HO^-, ultra-minoritaires dans cette solution acide, sont négligés dans la conductivité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{15.5 \times 10^{-3}}{35.0 \times 10^{-3} + 4.09 \times 10^{-3}} \approx 0.3965208$

$-\log(3.97 \times 10^{-4}) \approx 3.401209$

3.a Écrire l'équation de la réaction entre l'hydrogénocarbonate de sodium solide et l'acide acétique du vinaigre.

Données utiles $pK_a(CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4{,}75$; $pK_a(CO_2,H_2O/HCO_3^-) = 6{,}35$

L'acide CH_3COOH cède un ion H^+ à la base HCO_3^- apportée par le solide ; il se forme CO_2,H_2O, c'est-à-dire du dioxyde de carbone gazeux et de l'eau. L'ion Na^+, libéré en solution, est spectateur.

$$NaHCO_3 + CH_3COOH \longrightarrow Na^+ + CH_3COO^- + CO_2 + H_2O$$

COMPRENDRE
L'acide du couple de plus petit pK_a réagit avec la base du couple de plus grand pK_a : $K = 10^{6{,}35-4{,}75} \approx 40$. Le gaz s'échappe, ce qui rend la transformation totale.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$10^{6.35-4.75} \approx 39.81072$

3.b Calculer la quantité de matière initiale correspondant à 1,00 g d'hydrogénocarbonate de sodium.

Données utiles $m = 1{,}00\ \text{g}$; $M(NaHCO_3) = 84\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$n_1 = \frac{m}{M(NaHCO_3)} = \frac{1{,}00}{84}$$

$n_1 = 1{,}2 \times 10^{-2}\ \text{mol}$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.00}{84} \approx 0.01190476$

3.c Établir le tableau d'avancement de la réaction, puis en déduire l'avancement maximal et le réactif limitant.

Données utiles $n_1 = 1{,}2 \times 10^{-2}$ mol (3.b) ; $n_2 = 3{,}7 \times 10^{-5}$ mol d'acide acétique dans une goutte

Quantités en mol (état initial, en cours, final si la transformation est totale) :

État	$NaHCO_3$	CH_3COOH	Na^+	CH_3COO^-	CO_2	H_2O
$x = 0$	n_1	n_2	0	0	0	excès
x	$n_1 - x$	$n_2 - x$	x	x	x	excès
x_{max}	$n_1 - x_{max}$	$n_2 - x_{max}$	x_{max}	x_{max}	x_{max}	excès

Si $NaHCO_3$ est limitant : $n_1 - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 1{,}2 \times 10^{-2}$ mol.

Si CH_3COOH est limitant : $n_2 - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 3{,}7 \times 10^{-5}$ mol.

On retient la plus petite valeur.

$x_{max} = 3{,}7 \times 10^{-5}$ mol : le réactif limitant est l'**acide acétique**.

COMPRENDRE
Le bicarbonate est en très large excès (plus de 300 fois la quantité d'acide d'une goutte) : c'est pourquoi le manège dure tant qu'il reste du vinaigre.

3.d À partir du volume de gaz dégagé, déterminer la valeur de l'avancement final x_f de la réaction.

Données utiles $p = 1020$ hPa ; $\theta = 25$ °C ; $V_{gaz} = 0{,}89$ mL ; $R = 8{,}31$ J · K^{-1} · mol^{-1}

D'après le tableau (3.c), $n(CO_2) = x_f$. Le gaz est supposé parfait : $p\,V_{gaz} = n(CO_2)\,R\,T$, donc

$$x_f = \frac{p\,V_{gaz}}{R\,T}$$

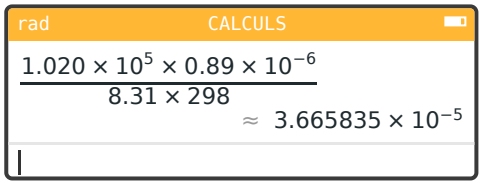
avec $p = 1{,}020 \times 10^5$ Pa, $V_{gaz} = 0{,}89 \times 10^{-6}$ m^3 et $T = 273 + 25 = 298$ K :

$$x_f = \frac{1{,}020 \times 10^5 \times 0{,}89 \times 10^{-6}}{8{,}31 \times 298}$$

$x_f = 3{,}7 \times 10^{-5}$ mol

PIÈGE
Unités du système international obligatoires : 1 hPa $= 10^2$ Pa, 1 mL $= 10^{-6}$ m^3, température en kelvins. Garder des mL donne un résultat un million de fois trop grand.

À LA CALCULATRICE



3.e Calculer le taux d'avancement final τ de cette transformation et conclure.

Données utiles $x_f = 3{,}7 \times 10^{-5}$ mol (3.d) ; $x_{max} = 3{,}7 \times 10^{-5}$ mol (3.c)

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{3{,}7 \times 10^{-5}}{3{,}7 \times 10^{-5}} = 1{,}0$$

$\tau = 1{,}0$, soit 100 % : la transformation est **totale**.

COMPRENDRE
Contrairement à la réaction de l'acide acétique avec l'eau ($\tau = 4$ %), celle-ci consomme tout l'acide de la goutte : la gouttelette, débarrassée de ses bulles, redescend sans son acide.