Nettoyage d'une paroi de douche

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 1 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 48 min**

Q.1 Montrer que la concentration en quantité de matière d'acide éthanoïque du vinaigre est d'environ $C = 2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données utiles 12 g d'acide pour 100 g de solution ; $\rho(\text{vinaigre}) = 1{,}010\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60{,}0\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

On raisonne sur un volume $V_S = 1{,}000\ \text{L} = 1000\ \text{mL}$ de vinaigre.

Masse de solution : $m_S = \rho(\text{vinaigre}) \times V_S = 1{,}010 \times 1000 = 1010\ \text{g}$.

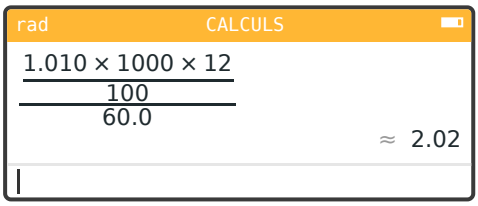
Masse d'acide éthanoïque (12 g pour 100 g de solution) : $m_A = \dfrac{12}{100} \times 1010 = 121{,}2\ \text{g}$.

Quantité de matière d'acide : $n_A = \dfrac{m_A}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = \dfrac{121{,}2}{60{,}0} = 2{,}02$ mol.

$$C = \frac{n_A}{V_S} = \frac{2{,}02}{1{,}000} = 2{,}02\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C = 2{,}02\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \approx 2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: c'est bien la valeur annoncée.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Confondre 100 g de solution et 100 mL de solution. Le degré du vinaigre est un pourcentage en masse : il faut passer par la masse volumique.

COMPRENDRE
Le titre « 12 g pour 100 g » n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit donc $2{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On arrondit seulement à la fin, pas les masses intermédiaires.

MÉTHODE
Sans volume imposé, choisir 1 L de solution. Formule directe équivalente : $C = \dfrac{w \times \rho}{M}$ avec $w = 0{,}12$ et ρ en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q.2 Calculer la quantité de matière de calcaire présente sur la paroi de douche.

Données utiles $e = 5\ \mu\text{m}$; paroi de 110 cm × 200 cm ; $\rho(\text{CaCO}_3) = 2{,}65 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $M(\text{CaCO}_3) = 100{,}1\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Le calcaire forme une couche de largeur $L = 1{,}10$ m, de hauteur $h = 2{,}00$ m et d'épaisseur $e = 5 \times 10^{-6}$ m.

Volume de calcaire : $V_c = L \times h \times e = 1{,}10 \times 2{,}00 \times 5 \times 10^{-6} = 1{,}1 \times 10^{-5}\ \text{m}^3$.

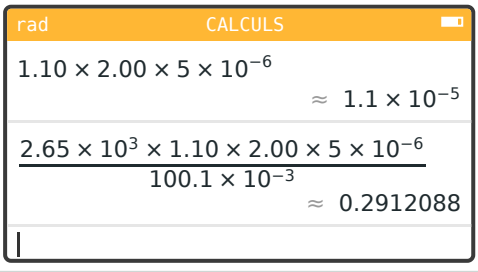
Masse de calcaire : $m_c = \rho(\text{CaCO}_3) \times V_c = 2{,}65 \times 10^3 \times 1{,}1 \times 10^{-5} = 2{,}9 \times 10^{-2}$ kg, soit environ 29 g.

Quantité de matière : $n(\text{CaCO}_3) = \dfrac{m_c}{M(\text{CaCO}_3)} = \dfrac{\rho(\text{CaCO}_3) \times L \times h \times e}{M(\text{CaCO}_3)}$

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{2{,}65 \times 10^3 \times 1{,}10 \times 2{,}00 \times 5 \times 10^{-6}}{100{,}1 \times 10^{-3}} = 0{,}29\ \text{mol}$$

$n(\text{CaCO}_3) \approx 0{,}3$ mol

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Unités : la masse volumique est en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et la masse molaire en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Tout convertir en mètres et en kilogrammes (ou tout en grammes) avant de calculer.

COMPRENDRE
L'épaisseur « 5 µm » n'a qu'un chiffre significatif : le résultat s'annonce $0{,}3$ mol. On garde $0{,}29$ mol pour la suite afin de ne pas cumuler les arrondis.

Q.3 Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation de l'acide éthanoïque dans l'eau.

L'acide éthanoïque cède un ion H^+ à l'eau, qui joue le rôle de base : il se forme sa base conjuguée, l'ion éthanoate, et un ion oxonium.

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

PIÈGE
Oublier les états physiques ou les charges. Vérifier la conservation des éléments et de la charge : zéro à gauche, $(-1)+(+1)$ à droite.

COMPRENDRE
L'acide éthanoïque est un acide faible (un pK_A est donné pour son couple) : sa réaction avec l'eau est limitée, d'où la double flèche.

Q.4 Déterminer si le volume V de vinaigre disponible sera suffisant pour éliminer tout le calcaire sur la paroi de douche.

Données utiles $V = 30$ mL ; $C = 2{,}0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q.1) ; $n(CaCO_3) = 0{,}29$ mol (Q.2) ;
$2\,H_3O^+\,(aq) + CaCO_3\,(s) \longrightarrow Ca^{2+}\,(aq) + CO_2\,(g) + 3\,H_2O\,(l)$

Ions oxonium nécessaires. D'après l'équation, il faut 2 mol d'ions oxonium pour faire disparaître 1 mol de calcaire :

$n(H_3O^+)_{\text{nécessaire}} = 2 \times n(CaCO_3) = 2 \times 0{,}29 = 0{,}58$ mol.

Ions oxonium disponibles. Quantité d'acide éthanoïque apportée par le vinaigre :

$n(CH_3COOH) = C \times V = 2{,}0 \times 30 \times 10^{-3} = 0{,}060$ mol.

D'après l'équation de la question Q.3, une molécule d'acide libère au plus un ion oxonium. Les ions oxonium étant consommés par le calcaire, on se place dans le cas le plus favorable, où tout l'acide finit par réagir :

$n(H_3O^+)_{\max} = n(CH_3COOH) = 0{,}060$ mol.

Comparaison. $0{,}060\ \text{mol} < 0{,}58\ \text{mol}$: les ions oxonium sont le réactif limitant, il reste du calcaire en fin de transformation.

Volume de vinaigre qu'il faudrait : $V_{\min} = \dfrac{2 \times n(CaCO_3)}{C} = \dfrac{0{,}58}{2{,}0} = 0{,}29$ L.

Les 30 mL de vinaigre ne suffisent pas : il en faudrait environ 0,3 L, soit dix fois plus.

PIÈGE
Oublier le nombre stœchiométrique 2 devant H_3O^+ : comparer directement $0{,}060$ mol à $0{,}29$ mol donne la bonne conclusion mais un raisonnement faux, et un volume nécessaire deux fois trop petit.

COMPRENDRE
L'acide éthanoïque est faible, mais le calcaire consomme les ions oxonium au fur et à mesure et l'acide continue alors de se dissocier. D'où l'hypothèse, à écrire sur la copie, d'un acide entièrement utilisé.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer la démarche (besoin, disponible, comparaison), écrire chaque hypothèse, puis conclure par une phrase qui répond à la question posée, avec un ordre de grandeur.

À LA CALCULATRICE

