Traitement contre le varroa

Bac 2024 Métropole Septembre Jour 2 · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Proposer une formule développée de la molécule d'acide oxalique, sachant qu'elle comporte deux fonctions acide carboxylique.

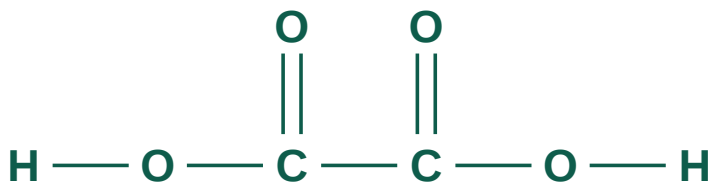
Données utiles formule brute $C_2H_2O_4$

Un groupe carboxyle s'écrit $-COOH$. Deux groupes carboxyle contiennent déjà 2 C, 2 H et 4 O, soit toute la formule brute : les deux atomes de carbone sont donc liés entre eux.

$HOOC-COOH$, dont la formule développée est tracée ci-dessous.

PIÈGE
Une formule développée montre toutes les liaisons, y compris $O-H$. Écrire $HOOC-COOH$ seul donne une formule semi-développée.

MÉTHODE
Vérifier la valence de chaque atome : quatre liaisons pour C, deux pour O, une pour H.



Q1 · Formule développée de l'acide oxalique

Q2 Rédiger un protocole permettant de préparer $100{,}0$ mL de solution S_1 à partir de la solution S, en justifiant la verrerie choisie.

Données utiles S_1 est obtenue en diluant 10 fois S ; $V_1 = 100{,}0$ mL

Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve : $C \times V_S = C_1 \times V_1$ avec $C_1 = \dfrac{C}{10}$, donc

$$V_S = \frac{V_1}{10} = \frac{100{,}0}{10} = 10{,}0 \text{ mL}$$

Protocole :

- verser un peu de solution S dans un bécher ;
- y prélever $10{,}0$ mL avec une pipette jaugée de $10{,}0$ mL munie d'une propipette ;
- les verser dans une fiole jaugée de volume $100{,}0$ mL ;
- ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher, agiter ;
- compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher, homogénéiser.

La pipette et la fiole jaugées sont choisies car ce sont les verreries les plus précises : les volumes sont attendus au dixième de millilitre.

Prélever $V_S = 10{,}0$ mL de S (pipette jaugée) et compléter à $100{,}0$ mL (fiole jaugée).

PIÈGE
Prélever avec une éprouvette graduée ou directement dans le flacon de solution commerciale : la précision et la propreté de la solution mère sont perdues.

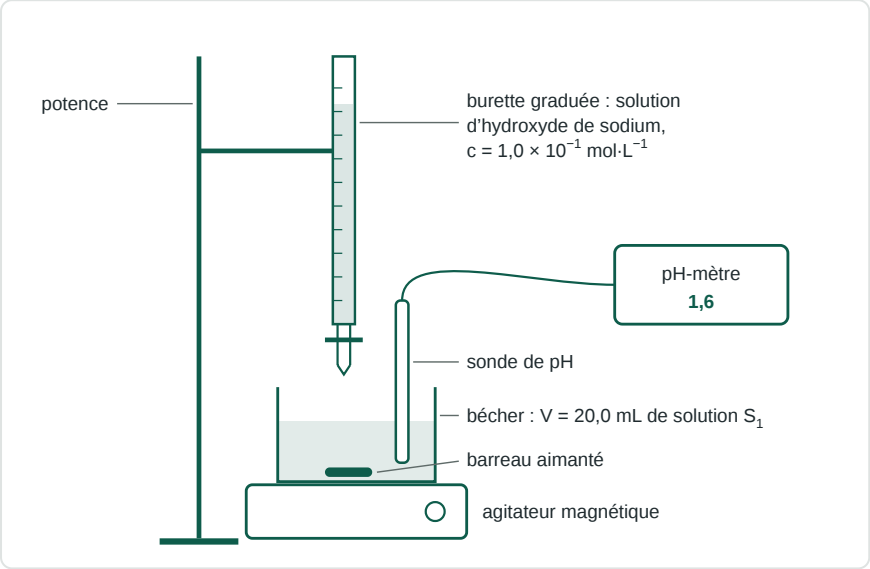
MÉTHODE
Facteur de dilution $F = \dfrac{C}{C_1} = \dfrac{V_1}{V_S}$: le volume à prélever est le volume final divisé par F.

Q3 Schématiser et légender le montage du titrage avec suivi pH-métrique de la solution S_1 par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

La solution titrante (hydroxyde de sodium) est dans la burette graduée ; la solution titrée S_1 ($V = 20{,}0$ mL, prélevée à la pipette jaugée) est dans le bécher, sous agitation, avec la sonde du pH-mètre.

Schéma légendé ci-dessous.

PIÈGE
Inverser les deux solutions, ou oublier le pH-mètre et l'agitation. Chaque légende absente coûte une partie des points.



Q3 · Montage du titrage avec suivi pH-métrique

Q4 À l'aide d'un diagramme de prédominance, déterminer, en justifiant, la forme de l'acide oxalique présente en plus grande quantité dans S_1 avant l'ajout de solution d'hydroxyde de sodium.

Données utiles $pK_{A1} = 1{,}3$; $pK_{A2} = 4{,}3$; figure 1

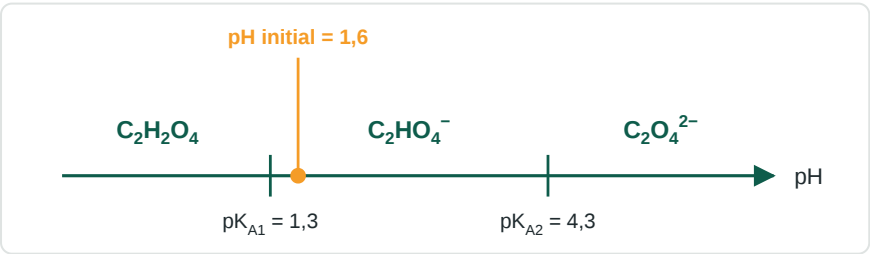
La forme acide d'un couple prédomine si $\text{pH} < pK_A$, la forme basique si $\text{pH} > pK_A$: d'où le diagramme ci-dessous.

Sur la figure 1, pour $V_{\text{titrant}} = 0$ mL, on lit $\text{pH} \approx 1{,}6$.

Or $pK_{A1} < 1{,}6 < pK_{A2}$.

Avant le titrage, la forme majoritaire dans S_1 est l'ion $C_2HO_4^-$.

COMPRENDRE
Le pH initial est proche de pK_{A1} : $C_2H_2O_4$ reste présent en quantité notable. Prédominer signifie être plus abondant que les autres formes, pas être seul.



Q4 · Diagramme de prédominance des formes de l'acide oxalique

Q5 Attribuer, en justifiant, chaque courbe n_1, n_2 et n_3 de la figure 2 à la forme acido-basique correspondante de l'acide oxalique.

- À $V_{\text{titrant}} = 0$ mL, n_2 est la plus grande quantité : c'est celle de la forme majoritaire trouvée en Q4, $C_2HO_4^-$. Elle augmente d'abord (formation à partir de $C_2H_2O_4$), puis diminue (transformation en $C_2O_4^{2-}$).
- n_1 ne fait que diminuer dès le début, jusqu'à s'annuler : c'est la forme la plus acide, $C_2H_2O_4$, consommée la première par les ions HO^-.
- n_3 est nulle au départ puis augmente jusqu'à rester constante : c'est la forme la plus basique, $C_2O_4^{2-}$, seule présente quand le pH est très supérieur à pK_{A2}.

n_1 : $C_2H_2O_4$; n_2 : $C_2HO_4^-$; n_3 : $C_2O_4^{2-}$.

COMPRENDRE
$C_2HO_4^-$ est une espèce amphotère : base du premier couple, acide du second. Sa quantité passe donc par un maximum, ce qui suffit à reconnaître n_2.

Q6 En utilisant les figures 1 et 2, expliquer comment on peut retrouver la valeur du pK_{A2}.

Pour le couple $C_2HO_4^-/C_2O_4^{2-}$:

$$pH = pK_{A2} + \log\left(\frac{[C_2O_4^{2-}]}{[C_2HO_4^-]}\right)$$

Les deux espèces sont dans le même volume : lorsque $n_2 = n_3$, les concentrations sont égales, le logarithme est nul et $pH = pK_{A2}$.

Sur la figure 2, les courbes n_2 et n_3 se coupent pour $V_{\text{titrant}} \approx 8{,}6$ mL.

À cette abscisse, la courbe de la figure 1 donne $pH \approx 4{,}3$.

$pK_{A2} \approx 4{,}3$: on retrouve la valeur donnée.

PIÈGE
Chercher le croisement de n_1 et n_2 : il correspondrait à pK_{A1}, et il n'apparaît pas car le pH initial est déjà supérieur à $1{,}3$.

MÉTHODE
Deux lectures enchaînées : l'abscisse du croisement des courbes sur la figure 2, puis le pH à cette abscisse sur la figure 1.

Q7 Exploiter le titrage pour déterminer la concentration en masse en acide oxalique dihydraté de la solution commerciale S. Commenter à l'aide des recommandations d'utilisation.

Données utiles $V = 20{,}0$ mL ; $c = 1{,}0 \times 10^{-1}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $M = 126\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; S_1 : S diluée 10 fois ; figure 1 ; tableau des recommandations

Volume à l'équivalence. Par la méthode des tangentes parallèles appliquée au saut de pH de la figure 1 : $V_E \approx 10{,}7$ mL.

Concentration de S_1. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + 2\,\text{HO}^- \longrightarrow \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\,\text{H}_2\text{O}$:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4)_{\text{initial}} = \frac{n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}}{2} \quad \text{soit} \quad C_1 \times V = \frac{c \times V_E}{2}$$

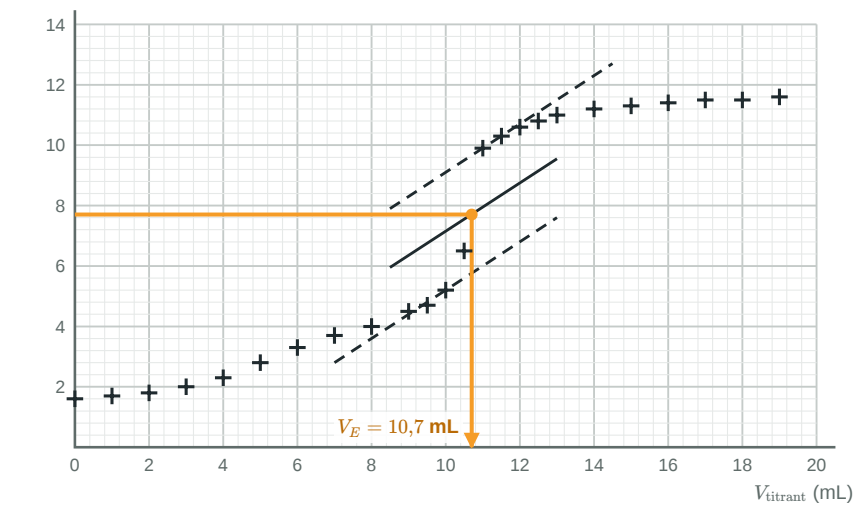
$$C_1 = \frac{c \times V_E}{2\,V} = \frac{1{,}0 \times 10^{-1} \times 10{,}7}{2 \times 20{,}0} = 2{,}7 \times 10^{-2}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Solution commerciale. S est 10 fois plus concentrée : $C = 10 \times C_1$. Une mole d'acide oxalique dihydraté apporte une mole d'acide oxalique, donc

$$C_m = 10 \times C_1 \times M = 10 \times 2{,}675 \times 10^{-2} \times 126 = 34\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

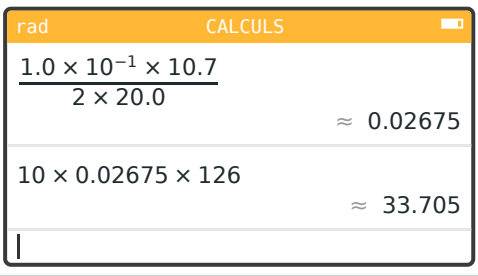
Commentaire. Cette valeur est très proche de 35 g pour 1 L : efficacité bonne et traitement correctement toléré par les abeilles. C'est le meilleur compromis du tableau.

$C_m \approx 34\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$: la solution S est conforme aux recommandations.



Q7 · Figure 1 du sujet : méthode des tangentes parallèles et lecture du volume à l'équivalence

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Oublier le coefficient 2 devant HO^- (on trouverait $67\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$), ou oublier la dilution par 10 : le titrage porte sur S_1, pas sur S.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme c. Le rapport $\frac{V_E}{V}$ est sans unité : inutile de convertir les millilitres. Une lecture de V_E à 0,2 mL près ne change pas la conclusion.

MÉTHODE

Titrage d'une solution diluée : 1) V_E sur la courbe ; 2) relation à l'équivalence avec les coefficients ; 3) concentration de la solution titrée ; 4) facteur de dilution ; 5) passage en masse avec M.