L'acide azélaïque dans les cosmétiques

Bac 2026 Centres étrangers 1 Jour 2 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q.1 Écrire la formule topologique de la molécule d'acide azélaïque.

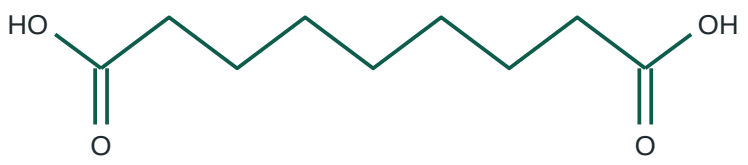
Données utiles $\mathrm{HOOC-(CH_2)_7-COOH}$

La chaîne compte $7+2=9$ atomes de carbone : les sept groupes $\mathrm{CH_2}$ et le carbone de chacun des deux groupes $-\mathrm{COOH}$.

Formule topologique : voir le schéma (ligne brisée de neuf sommets, $=\mathrm{O}$ et $-\mathrm{OH}$ sur les deux carbones extrêmes).

PIÈGE
Ne tracer que sept sommets. Les carbones des deux groupes $-\mathrm{COOH}$ font partie de la chaîne : il faut neuf sommets, soit huit segments.

MÉTHODE
Chaque sommet ou extrémité est un carbone ; seuls les hétéroatomes (ici O) et leurs H s'écrivent.



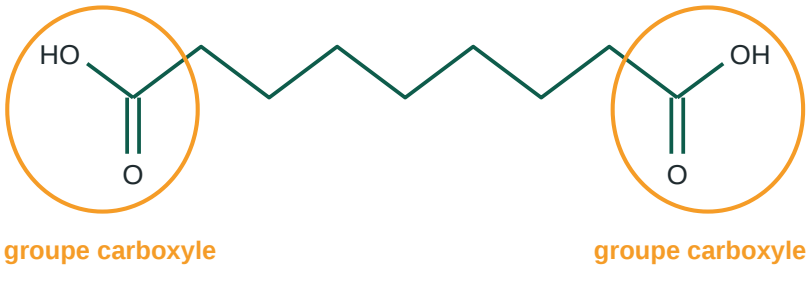
Q.1 · Formule topologique de l'acide azélaïque : neuf atomes de carbone, un groupe $-\mathrm{COOH}$ à chaque extrémité

Q2 Entourer le ou les groupes caractéristiques et nommer les fonctions chimiques associées.

La molécule porte deux groupes caractéristiques identiques, un à chaque bout de la chaîne : deux groupes carboxyle $-\mathrm{COOH}$ (entourés sur le schéma).

Deux groupes carboxyle : la molécule possède deux fois la fonction **acide carboxylique**.

PIÈGE
Entourer séparément $\mathrm{C=O}$ et $-\mathrm{OH}$ et répondre « cétone et alcool ». Portés par le même carbone, ils forment un seul groupe : le groupe carboxyle.



Q2 · Les deux groupes caractéristiques entourés

Q3 Nommer la molécule d'acide azélaïque en nomenclature officielle, à l'aide des règles fournies.

- Chaîne de 9 atomes de carbone : le nom dérive du nonane.
- Famille des acides carboxyliques : nom de la forme « acide …oïque ».
- Deux groupes carboxyle identiques : on place « di » devant le suffixe.

Acide nonanedioïque.

COMPRENDRE
Les deux groupes sont forcément en bout de chaîne (carbones 1 et 9) : aucun indice de position n'est nécessaire. Le « e » de nonane est conservé parce que « dioïque » commence par une consonne.

Q4 Établir le diagramme de prédominance de l'acide azélaïque.

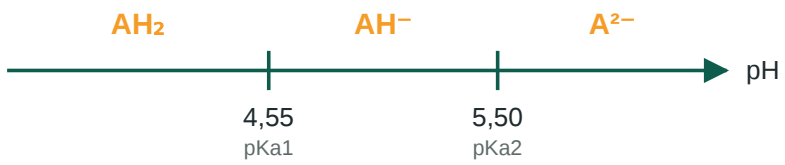
Données utiles $\mathrm{p}K_{a1} = 4{,}55$; $\mathrm{p}K_{a2} = 5{,}50$

Le diacide $\mathrm{AH_2}$ intervient dans deux couples : $\mathrm{AH_2/AH^-}$ de $\mathrm{p}K_{a1} = 4{,}55$, puis $\mathrm{AH^-/A^{2-}}$ de $\mathrm{p}K_{a2} = 5{,}50$.

Pour chaque couple, l'acide prédomine si $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_a$ et la base si $\mathrm{pH} > \mathrm{p}K_a$.

$\mathrm{AH_2}$ prédomine pour $\mathrm{pH} < 4{,}55$; $\mathrm{AH^-}$ pour $4{,}55 < \mathrm{pH} < 5{,}50$; $\mathrm{A^{2-}}$ pour $\mathrm{pH} > 5{,}50$.

MÉTHODE
Sur un axe de pH, placer les $\mathrm{p}K_a$ dans l'ordre croissant. Les espèces se rangent de la plus acide (à gauche) à la plus basique (à droite) : chaque frontière fait perdre un $\mathrm{H^+}$.



Q4 · Diagramme de prédominance de l'acide azélaïque

Q5 Déterminer la forme prédominante de l'acide azélaïque dans un milieu de pH égal à 4,7 (pH moyen de la peau du visage).

$4{,}55 < 4{,}7 < 5{,}50$: le pH est compris entre $\mathrm{p}K_{a1}$ et $\mathrm{p}K_{a2}$.

À $\mathrm{pH} = 4{,}7$, la forme prédominante est $\mathrm{AH^-}$.

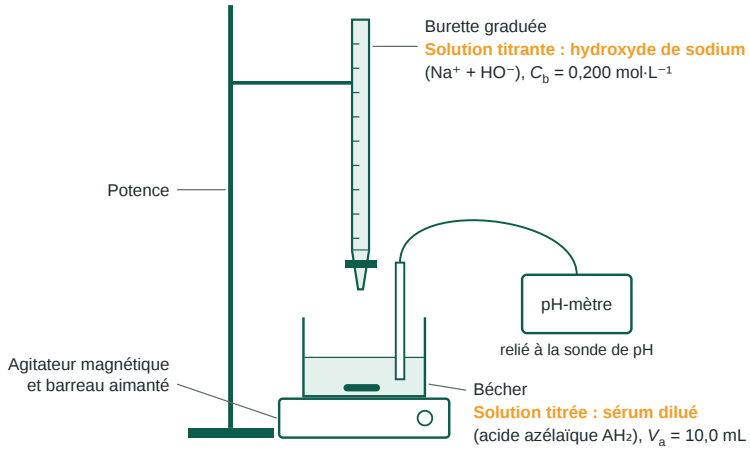
COMPRENDRE
Prédominer signifie seulement être plus concentré que les autres formes : si près de $\mathrm{p}K_{a1}$, $\mathrm{AH_2}$ reste abondant.

Q6 Schématiser et légender le montage du titrage, en indiquant le nom et la position des espèces chimiques titrante et titrée.

- Dans la burette graduée : la solution titrante d'hydroxyde de sodium $(\mathrm{Na^+ + HO^-})$, l'espèce titrante étant l'ion hydroxyde $\mathrm{HO^-}$.
- Dans le bécher : la solution titrée, $V_a = 10{,}0$ mL de sérum dilué ; l'espèce titrée est l'acide azélaïque $\mathrm{AH_2}$.
- Sonde de pH plongée dans le bécher et reliée au pH-mètre ; agitateur magnétique et barreau aimanté.

Titrant $\mathrm{HO^-}$ dans la burette, titré $\mathrm{AH_2}$ dans le bécher : voir le schéma légendé.

PIÈGE
Un schéma sans légende, ou sans le pH-mètre et sa sonde, perd des points : c'est la sonde qui fait de ce titrage un suivi pH-métrique.



Q6 · Montage du titrage suivi par pH-métrie

Q7 Montrer, en exploitant les résultats du titrage, que la masse d'acide azélaïque dans un flacon de sérum vaut 3,3 g.

Données utiles $\mathrm{AH_2 + 2\,HO^- \longrightarrow A^{2-} + 2\,H_2O}$; $C_b = 0{,}200\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; $V_a = 10{,}0$ mL ; fiole de 100,0 mL ; $M = 188{,}2\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$

Volume à l'équivalence. Le saut de pH correspond au maximum de la courbe $\dfrac{\mathrm{d\,pH}}{\mathrm{d}V}$: on lit $V_E = 17{,}3$ mL.

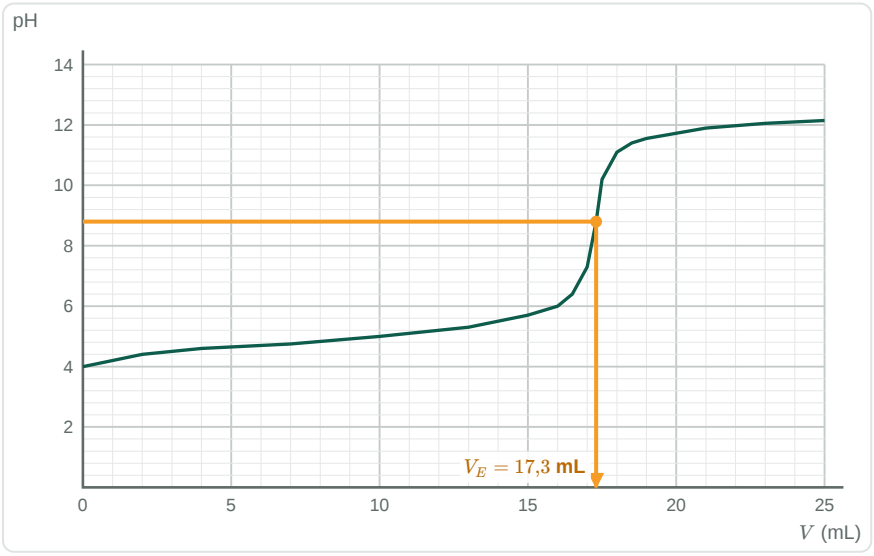
Quantité titrée. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : $\dfrac{n(\mathrm{AH_2})}{1} = \dfrac{n_E(\mathrm{HO^-})}{2}$, donc dans la prise d'essai :

$$n_a = \frac{C_b\,V_E}{2} = \frac{0{,}200 \times 17{,}3 \times 10^{-3}}{2} = 1{,}73 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$$

Retour au flacon. La fiole de 100,0 mL contient tout l'acide du flacon et la prise d'essai n'en est que le dixième (10,0 mL sur 100,0 mL) :

$$m = n_a \times \frac{100{,}0}{10{,}0} \times M = 1{,}73 \times 10^{-3} \times 10{,}0 \times 188{,}2 = 3{,}26\ \mathrm{g}$$

$m = 3{,}26\ \mathrm{g} \approx 3{,}3\ \mathrm{g}$: on retrouve la valeur annoncée.



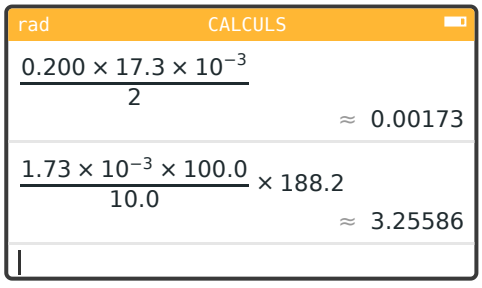
Q7 · Figure 1 du sujet (courbe de pH), avec la lecture du volume à l'équivalence

PIÈGE
Écrire $n(\mathrm{AH_2}) = n(\mathrm{HO^-})$: il faut deux ions $\mathrm{HO^-}$ par molécule de diacide, d'où la division par 2. Oublier le facteur 10 de la fiole donne $0{,}33$ g.

COMPRENDRE
Le volume du flacon (30,0 mL) ne sert pas ici : tout le flacon est dans la fiole. Les données ont trois chiffres significatifs, d'où $3{,}26$ g ; l'énoncé arrondit à deux.

MÉTHODE
Sans courbe dérivée, on utilise la méthode des tangentes parallèles : deux tangentes de part et d'autre du saut, puis la parallèle équidistante, qui coupe la courbe au point d'équivalence.

À LA CALCULATRICE



Q8 En déduire si le pourcentage massique déterminé expérimentalement est cohérent avec l'indication donnée par le site de vente.

Données utiles $m = 3{,}26$ g (Q7) ; $d_{\text{sérum}} = 1{,}03$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}00\ \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$; $V_{\text{sérum}} = 30{,}0$ mL ; $u(w) = 0{,}4\ \%$; valeur annoncée : $10\ \%$

Masse de sérum dans le flacon : $m_{\text{sérum}} = d_{\text{sérum}}\,\rho_{\text{eau}}\,V_{\text{sérum}} = 1{,}03 \times 1{,}00 \times 30{,}0 = 30{,}9$ g.

Pourcentage massique mesuré :

$$w = \frac{m}{m_{\text{sérum}}} = \frac{3{,}26}{30{,}9} = 0{,}105 = 10{,}5\ \%$$

Comparaison à la valeur de référence $w_{\text{réf}} = 10\ \%$:

$$\frac{|w - w_{\text{réf}}|}{u(w)} = \frac{|10{,}5 - 10|}{0{,}4} \approx 1{,}3$$

Le quotient vaut environ $1{,}3$, inférieur à 2 : le pourcentage mesuré ($10{,}5\ \%$) est compatible avec les $10\ \%$ annoncés.

PIÈGE

Diviser par 30,0 : ce sont des millilitres, pas la masse du sérum. Avec la valeur arrondie $3{,}3$ g, on obtient $10{,}7\ \%$ et un quotient de $1{,}7$: la conclusion est la même.

COMPRENDRE

Par convention, une mesure est jugée compatible avec la référence si le quotient ne dépasse pas 2, c'est-à-dire si l'écart reste inférieur à deux incertitudes-types.

À LA CALCULATRICE

