Un parfum de rose

Bac 2025 Métropole Jour 2 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Nommer le groupe caractéristique entouré sur le géraniol. Identifier les familles chimiques du géraniol et de l'éthanoate de géranyle.

Le groupe entouré, $-\mathrm{OH}$ porté par un carbone tétraédrique, est le groupe **hydroxyle**.

Le géraniol appartient donc à la famille des **alcools**.

L'éthanoate de géranyle contient l'enchaînement $-\mathrm{CO}-\mathrm{O}-\mathrm{C}$: il appartient à la famille des **esters**.

Groupe hydroxyle ; géraniol : alcool ; éthanoate de géranyle : ester.

PIÈGE
Répondre « alcool » pour le groupe : alcool est le nom de la famille, hydroxyle celui du groupe. De même, ne pas confondre ester et acide carboxylique : ici l'oxygène est lié à une chaîne carbonée, pas à un H.

Q2 Attribuer, en justifiant, le spectre infrarouge de la figure 1 au géraniol ou à l'éthanoate de géranyle.

Données utiles table IR : $\mathrm{O}-\mathrm{H}$ alcool, $3\,200 - 3\,700\ \mathrm{cm}^{-1}$, forte ; $\mathrm{C}=\mathrm{O}$, $1\,700 - 1\,800\ \mathrm{cm}^{-1}$, forte et fine

Le spectre présente une bande forte et fine vers $1\,740\ \mathrm{cm}^{-1}$, dans l'intervalle $1\,700 - 1\,800\ \mathrm{cm}^{-1}$: la molécule possède une liaison $\mathrm{C}=\mathrm{O}$.

Il ne présente aucune bande forte entre $3\,200$ et $3\,700\ \mathrm{cm}^{-1}$: la molécule ne possède pas de liaison $\mathrm{O}-\mathrm{H}$ d'alcool.

Or le géraniol possède une liaison $\mathrm{O}-\mathrm{H}$ et aucune liaison $\mathrm{C}=\mathrm{O}$, alors que l'éthanoate de géranyle possède une liaison $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ et aucune liaison $\mathrm{O}-\mathrm{H}$.

Le spectre de la figure 1 est celui de l'éthanoate de géranyle.

COMPRENDRE
Les bandes situées vers $2\,900\ \mathrm{cm}^{-1}$ sont celles des liaisons $\mathrm{C}-\mathrm{H}$: les deux molécules en possèdent, elles ne permettent pas de trancher.

MÉTHODE
Deux arguments valent mieux qu'un : une bande présente ($\mathrm{C}=\mathrm{O}$) et une bande absente ($\mathrm{O}-\mathrm{H}$). Citer chaque fois le nombre d'onde lu et l'intervalle de la table.

Q3 Rappeler la définition d'un catalyseur puis identifier, en justifiant, l'espèce chimique qui catalyse l'estérification.

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une transformation sans figurer dans l'équation de la réaction : il est consommé au cours d'une étape puis intégralement régénéré.

Dans le mécanisme, l'ion H^+ est un réactif de l'étape 1 et un produit de l'étape 5 : il est consommé puis régénéré.

Le catalyseur est l'ion hydrogène H^+ (apporté par l'acide sulfurique).

PIÈGE
Ne pas confondre catalyseur et intermédiaire réactionnel. Le catalyseur est consommé PUIS régénéré ; un intermédiaire, comme le cation formé à l'étape 1, est formé PUIS consommé.

Q4 Représenter, sur la figure A2 de l'annexe, les flèches courbes expliquant la formation ou la rupture des liaisons lors des étapes 1, 2 et 5.

Étape 1 : une flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène du groupe $C{=}O$ et pointe vers H^+ (formation de la liaison $O{-}H$).

Étape 2 : une flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène de $R{-}OH$ et pointe vers l'atome de carbone lié aux deux oxygènes (formation de la liaison $C{-}O$) ; une seconde flèche part de la double liaison $C{=}O$ et pointe vers l'oxygène chargé positivement (rupture d'une des deux liaisons).

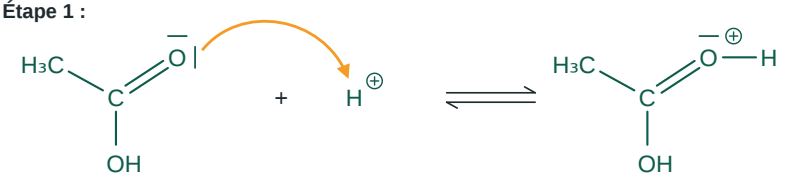
Étape 5 : une flèche part de la liaison $O{-}H$ et pointe vers l'oxygène chargé positivement (rupture de la liaison, libération de H^+).

Quatre flèches courbes : une à l'étape 1, deux à l'étape 2, une à l'étape 5 (figure ci-dessous).

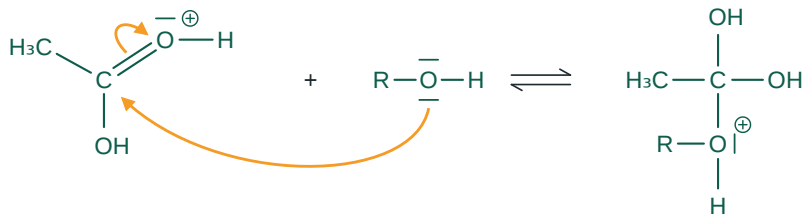
PIÈGE
Tracer la flèche de H^+ vers l'oxygène à l'étape 1 : H^+ n'a aucun électron à donner. À l'étape 2, oublier la seconde flèche donnerait un carbone entouré de cinq liaisons.

MÉTHODE
Une flèche courbe représente le déplacement d'un doublet d'électrons : elle part toujours d'un doublet (non liant ou liaison), site donneur, et arrive sur un atome accepteur, pauvre en électrons.

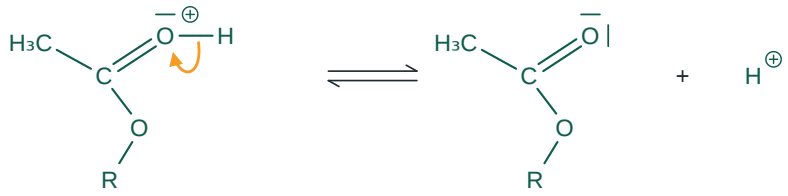
Étape 1 :



Étape 2 :



Étape 5 :



Q4 · Figure A2 complétée : chaque flèche courbe (en orange) part d'un doublet et pointe vers le site accepteur

Q5 Donner la formule brute de l'espèce A de l'étape 4 puis écrire l'équation de la réaction d'estérification entre le géraniol et l'acide éthanoïque.

Étape 4 : le cation de gauche perd le groupe $-OH_2{}^+$. Par conservation des éléments et de la charge, l'espèce A est neutre et contient deux H et un O : A est l'eau, H_2O.

L'équation s'obtient en faisant le bilan des cinq étapes ; le catalyseur H^+ et les intermédiaires se simplifient :

$$CH_3CO_2H + R{-}OH \rightleftharpoons CH_3COO{-}R + H_2O$$

A : H_2O ; $CH_3CO_2H + R{-}OH \rightleftharpoons CH_3COO{-}R + H_2O$

COMPRENDRE
La double flèche traduit une transformation non totale, comme l'indique l'énoncé : l'estérification est limitée par la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester.

Q6 Indiquer l'intérêt de chauffer le mélange.

L'estérification est une transformation lente. La température est un facteur cinétique : en chauffant, on augmente la vitesse de la transformation.

Chauffer permet d'atteindre plus rapidement l'état final (durée de la synthèse réduite).

PIÈGE
Écrire que le chauffage « augmente le rendement » : on attend ici l'argument cinétique. Le catalyseur et le chauffage accélèrent la transformation tous les deux.

Q7 Indiquer, en justifiant, la position relative et le contenu des phases dans l'ampoule à décanter.

Données utiles $d_A = 1{,}0$; $d_G = 0{,}89$; $d_{EG} = 0{,}92$

La phase organique contient le géraniol restant ($d_G = 0{,}89$) et l'éthanoate de géranyle formé ($d_{EG} = 0{,}92$) : sa densité est comprise entre $0{,}89$ et $0{,}92$.

La phase aqueuse contient l'eau, l'acide éthanoïque restant et le catalyseur : sa densité est voisine de $d_A = 1{,}0$.

La phase la moins dense surnage.

Phase organique (géraniol et ester) au-dessus ; phase aqueuse (eau, acide éthanoïque restant) en dessous.

MÉTHODE
Dans une ampoule à décanter, comparer les densités : la phase la plus dense est en bas. Un schéma légendé de l'ampoule est une réponse acceptée, à condition de justifier par les densités.

Q8 Vérifier par le calcul que l'acide éthanoïque et le géraniol sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

Données utiles $V_A = 50$ mL ; $C_A = 1{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $m_G = 7{,}7$ g ; $M_G = 154{,}25\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Acide éthanoïque : $n_A = C_A \times V_A = 1{,}0 \times 50 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol

Géraniol : $n_G = \dfrac{m_G}{M_G} = \dfrac{7{,}7}{154{,}25} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol

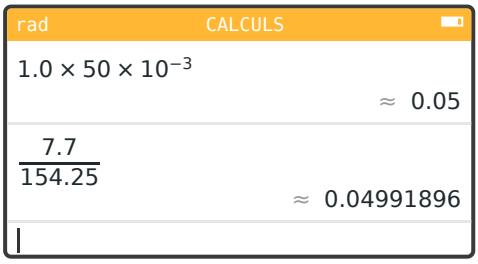
D'après l'équation (Q5), une mole d'acide réagit avec une mole de géraniol : le mélange est stœchiométrique si $\dfrac{n_A}{1} = \dfrac{n_G}{1}$.

$n_A = n_G = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol : les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

PIÈGE
Laisser V_A en millilitres. Et ne pas utiliser la densité d_A ici : l'acide est en solution, sa quantité se calcule avec $C_A \times V_A$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C_A, V_A et m_G : $0{,}0499$ s'arrondit à $5{,}0 \times 10^{-2}$. Le zéro final compte, il ne faut pas écrire 5×10^{-2}.

À LA CALCULATRICE



Q9 Écrire l'équation de la réaction support du titrage puis déterminer, à l'aide de la courbe, la quantité de matière d'acide éthanoïque restant après deux heures de chauffage.

Données utiles $C_B = 1{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; figure 2

L'acide éthanoïque réagit avec les ions hydroxyde de la solution titrante :

$$CH_3CO_2H\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow CH_3CO_2^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

Volume à l'équivalence : par la méthode des tangentes parallèles (deux tangentes parallèles de part et d'autre du saut de pH, puis la parallèle équidistante, qui coupe la courbe au point d'équivalence), on lit $V_E = 32{,}8$ mL.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$\frac{n_{\text{restant}}}{1} = \frac{n(HO^-)_{\text{versé}}}{1} \quad \text{soit} \quad n_{\text{restant}} = C_B \times V_E$$

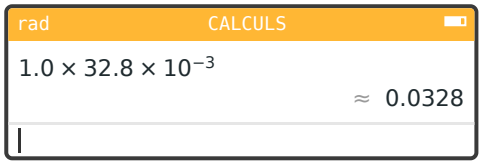
$$n_{\text{restant}} = 1{,}0 \times 32{,}8 \times 10^{-3} = 3{,}3 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

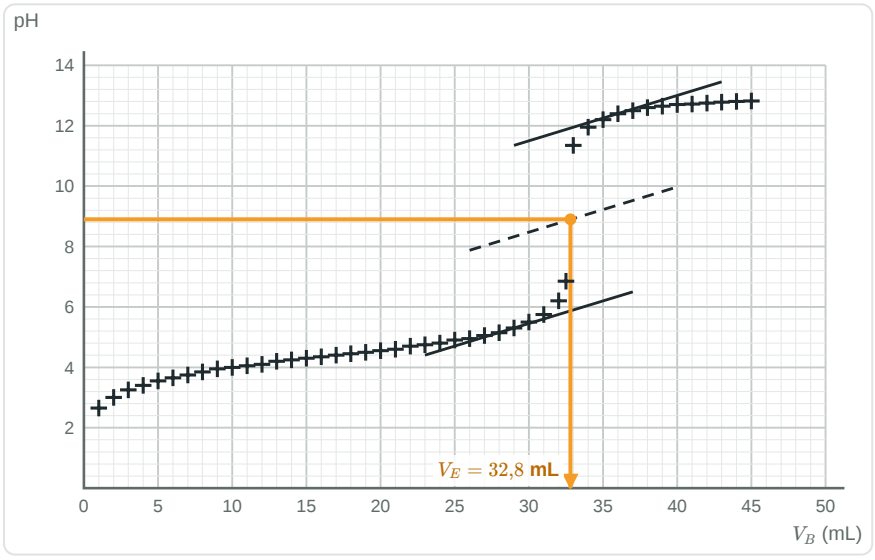
$n_{\text{restant}} = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol d'acide éthanoïque

PIÈGE
Écrire la réaction avec H_3O^+ ou avec $NaOH$: l'espèce titrante est l'ion HO^-, et la flèche est simple car une réaction de titrage est totale.

COMPRENDRE
Le saut est presque vertical, entre $32{,}5$ et 33 mL : toute lecture de V_E dans cet intervalle est acceptée et conduit à $3{,}3 \times 10^{-2}$ mol avec deux chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE





Q9 · Figure 2 du sujet : deux tangentes parallèles, la parallèle équidistante (tirets) et la lecture de V_E

Q10 Déterminer le rendement η de la réaction d'estérification.

Données utiles $n_A = n_G = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol (Q8) ; $n_{\text{restant}} = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol (Q9)

Quantité d'acide consommée : $n_A - n_{\text{restant}} = 5{,}0 \times 10^{-2} - 3{,}3 \times 10^{-2} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

D'après l'équation (Q5), une mole d'acide consommée forme une mole d'ester : $n_{EG} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

Si la transformation était totale, le mélange étant stœchiométrique, on obtiendrait $n_{\max} = n_A = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol d'ester.

$$\eta = \frac{n_{EG}}{n_{\max}} = \frac{1{,}7 \times 10^{-2}}{5{,}0 \times 10^{-2}} = 0{,}34$$

$\eta = 34\ \%$

PIÈGE
Diviser la quantité d'acide restant par la quantité initiale ($66\ \%$) : le rendement compare le produit formé au maximum possible, pas le réactif restant.

COMPRENDRE
Ce rendement est faible : la transformation n'est pas totale et l'eau de la solution d'acide, présente en grande quantité, favorise la réaction inverse. On suppose aussi qu'aucun ester n'est perdu lors de la séparation.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$5.0 \times 10^{-2} - 3.3 \times 10^{-2} \approx 0.017$

$\dfrac{1.7 \times 10^{-2}}{5.0 \times 10^{-2}} \approx 0.34$

Q11 Déterminer le nombre maximal de pulvérisations de parfum qu'une personne de 65 kg peut effectuer sans se mettre en danger. Commenter.

Données utiles dose sans risque : $17{,}75$ mg de géraniol par kg ; parfum : $0{,}001$ % en masse de géraniol ; $V = 0{,}15$ mL par pulvérisation ; $d = 0{,}84$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

Masse maximale de géraniol pour une personne de 65 kg : $m_{\max} = 17{,}75 \times 65 = 1\,154 \text{ mg} = 1{,}154 \text{ g}$

Masse de parfum dans une pulvérisation : $m_p = d \times \rho_{\text{eau}} \times V = 0{,}84 \times 1{,}0 \times 0{,}15 = 0{,}126 \text{ g}$

Masse de géraniol dans une pulvérisation : $m_1 = \dfrac{0{,}001}{100} \times m_p = \dfrac{0{,}001}{100} \times 0{,}126 = 1{,}26 \times 10^{-6} \text{ g}$

Nombre maximal de pulvérisations :

$$N = \frac{m_{\max}}{m_1} = \frac{1{,}154}{1{,}26 \times 10^{-6}} = 9{,}2 \times 10^{5}$$

Commentaire : cela représente $9{,}2 \times 10^5 \times 0{,}15 \text{ mL} \approx 1{,}4 \times 10^2$ L de parfum, soit près d'un million de pulvérisations. Ce nombre est inatteignable en pratique : l'usage normal du parfum ne présente pas de danger lié à cette dose.

$N \approx 9{,}2 \times 10^5$ pulvérisations, soit environ 900 000 : aucun risque en usage courant.

PIÈGE
Oublier que $0{,}001$ % signifie $0{,}001$ g pour 100 g, soit un facteur 10^{-5} et non 10^{-3}. Convertir aussi les milligrammes en grammes avant de faire le quotient.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer les étapes (masse tolérée, masse par pulvérisation, quotient), garder les valeurs intermédiaires non arrondies dans la calculatrice et finir par un commentaire chiffré. Une démarche claire rapporte des points même inaboutie.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$17.75 \times 65 \approx 1153.75$

$0.84 \times 1.0 \times 0.15 \approx 0.126$

$\dfrac{0.001}{100} \times 0.126 \approx 1.26 \times 10^{-6}$

$\dfrac{1153.75 \times 10^{-3}}{1.26 \times 10^{-6}} \approx 915674.6$

$915\,674.6032 \times 0.15 \times 10^{-3} \approx 137.3512$