La chimie au service de la conservation du foin

Bac S 2015 Métropole rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1.1 À quelle famille appartient l'acide propionique : cétones, aldéhydes, acides carboxyliques, esters ou alcools ? Justifier.

Données utiles spectre IR ; table : acide carboxylique, O–H entre 2500 et 3200 cm^{-1} (large), C=O entre 1700 et 1730 cm^{-1} (fine)

Le spectre IR présente :

- une bande très large entre 2500 et 3200 cm^{-1} environ, caractéristique de la liaison O–H d'un acide carboxylique ;
- une bande fine et intense vers 1700 cm^{-1}, caractéristique de la liaison C=O.

Réponse **c** : l'acide propionique est un acide carboxylique.

PIÈGE
Répondre « alcool » à cause de la bande large. Celle d'un alcool se situe entre 3200 et 3450 cm^{-1}, et un alcool n'a pas de bande C=O vers 1700 cm^{-1}.

MÉTHODE
Chercher d'abord la bande C=O vers 1700 cm^{-1}, puis une bande large O–H. Il faut les deux pour conclure à un acide carboxylique, et citer les nombres d'onde lus.

1.1.2 Combien d'atomes ou de groupes d'atomes d'hydrogène équivalents l'acide propionique contient-il : 2, 3 ou 4 ?

Le spectre de RMN comporte trois signaux, vers 12 ppm, 2,4 ppm et 1,1 ppm. Chaque signal correspond à un groupe de protons équivalents.

Réponse **b** : 3 groupes d'atomes d'hydrogène équivalents.

PIÈGE
Compter les pics et non les signaux. Les quatre pics visibles dans l'agrandissement à 2,4 ppm forment un seul signal.

COMPRENDRE
La spectroscopie de RMN ne figure plus au programme actuel de la spécialité. Les questions 1.1.2 à 1.1.4 relèvent de l'ancien programme de Terminale S.

1.1.3 Dans la molécule, un groupe d'atomes d'hydrogène équivalents a-t-il zéro, un, deux ou trois hydrogènes voisins ?

Règle des $(n+1)$-uplets : un groupe de protons ayant n protons voisins donne un signal de $n+1$ pics.

- Signal à 12 ppm : singulet (1 pic), donc $n = 0$ voisin. Affirmation **a** vraie.
- Signal à 1,1 ppm : triplet (3 pics), donc $n = 2$ voisins. Affirmation **c** vraie.
- Signal à 2,4 ppm : quadruplet (4 pics), donc $n = 3$ voisins. Affirmation **d** vraie.
- Aucun doublet : aucun groupe n'a un seul voisin. Affirmation b fausse.

Réponses **a**, **c** et **d**.

PIÈGE
S'arrêter à la première réponse juste. L'énoncé annonce « la ou les bonnes réponses » : chaque affirmation doit être examinée.

1.1.4 Une molécule d'acide propionique contient-elle 5, 6 ou 7 atomes d'hydrogène ?

La hauteur de chaque saut de la courbe d'intégration est proportionnelle au nombre de protons du signal.

En notant h le saut du singulet à 12 ppm, le saut du quadruplet vaut environ $2h$ et celui du triplet environ $3h$. Les protons sont donc dans les proportions 1, 2 et 3.

Le nombre total d'atomes d'hydrogène est un multiple de $1+2+3=6$.

Réponse **b** : 6 atomes d'hydrogène.

COMPRENDRE
L'intégration donne des proportions, pas des nombres absolus : 12 atomes conviendraient aussi. Parmi 5, 6 et 7, seul 6 est un multiple de 6.

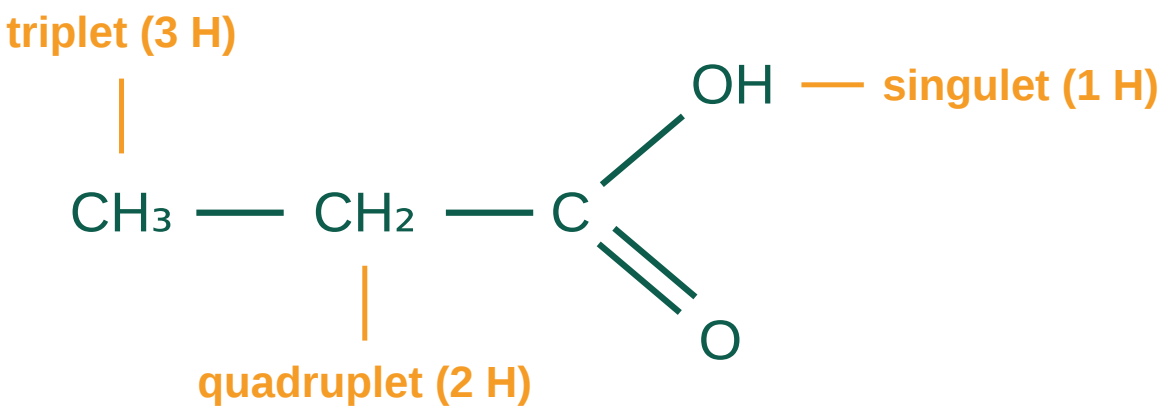
1.2 Identifier, en justifiant, la molécule d'acide propionique parmi les molécules A à F.

Seules D et F possèdent le groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$ (A est un aldéhyde, B une cétone, C et E sont des alcools).

D ($\mathrm{CH_3-CH_2-COOH}$) compte 6 atomes d'hydrogène en trois groupes ; F en compte 8.

Le spectre de RMN confirme D : $\mathrm{CH_3}$ voisin de $\mathrm{CH_2}$ donne un triplet (3 H), $\mathrm{CH_2}$ voisin de $\mathrm{CH_3}$ un quadruplet (2 H), et le H de COOH un singulet (1 H).

L'acide propionique est la molécule **D**.



1.2 · Molécule D : attribution des trois signaux de RMN

1.3 Donner le nom de l'acide propionique dans la nomenclature officielle.

La chaîne carbonée compte trois atomes de carbone (racine « propan- ») et porte le groupe carboxyle en bout de chaîne (acide …oïque).

Acide propanoïque.

PIÈGE
Oublier le carbone du groupe carboxyle : il fait partie de la chaîne principale et porte le numéro 1. Trois carbones, donc « propan- » et non « éthan- ».

1.4 La masse molaire moléculaire de l'acide propionique est-elle compatible avec le choix fait à la question 1.2 ?

Données utiles $M = 74{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}) = 1{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

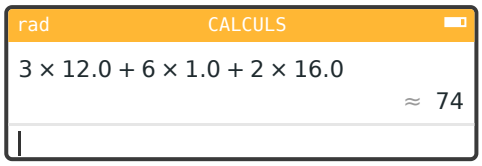
La molécule D a pour formule brute $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$.

$M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 3\,M(\text{C}) + 6\,M(\text{H}) + 2\,M(\text{O})$

$M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 3\times 12{,}0 + 6\times 1{,}0 + 2\times 16{,}0$

$M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2) = 74{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: c'est la valeur donnée, le choix de D est compatible.

À LA CALCULATRICE



2.1 Déterminer la concentration massique en acide propionique de la solution pulvérisée, en explicitant la démarche.

Données utiles prise d'essai $V_A = 10$ mL de solution diluée 100 fois ; $C_B = 0{,}10\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $M = 74{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; courbe de titrage

Volume à l'équivalence : par la méthode des tangentes parallèles sur la courbe, $V_E = 10{,}8$ mL.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de $\text{HA} + \text{HO}^- \longrightarrow \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$:

$$n(\text{HA})_{\text{titré}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad C_A\,V_A = C_B\,V_E$$

Concentration molaire de la solution diluée : $C_A = \dfrac{C_B\,V_E}{V_A} = \dfrac{0{,}10\times 10{,}8}{10} = 0{,}108\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

La solution pulvérisée est 100 fois plus concentrée : $C = 100\,C_A$.

Concentration massique : $t = C\times M = 100\times\dfrac{C_B\,V_E}{V_A}\times M$

$$t = 100\times\frac{0{,}10\times 10{,}8}{10}\times 74{,}0 = 799\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

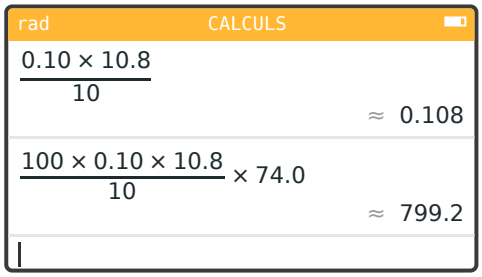
$t \approx 8{,}0\times 10^2\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

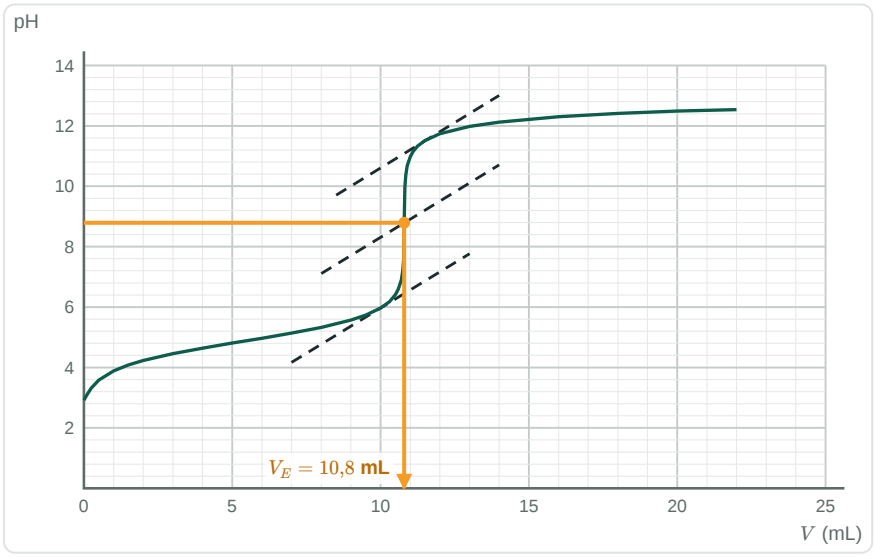
PIÈGE
Oublier le facteur 100. Le titrage porte sur la solution diluée ; la question porte sur la solution pulvérisée, cent fois plus concentrée.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, comme $C_B = 0{,}10\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, donnée la moins précise. Les volumes restent en mL dans le rapport V_E/V_A : les unités se simplifient.

MÉTHODE
Tangentes parallèles : tracer deux tangentes parallèles de part et d'autre du saut de pH, puis la droite parallèle équidistante. Elle coupe la courbe au point d'équivalence, dont on lit l'abscisse V_E.

À LA CALCULATRICE





2.1 · Courbe de titrage : méthode des tangentes parallèles et lecture de V_E

2.2 Le rendement est de 7 tonnes de foin par hectare. L'agricultrice a-t-elle assez de solution pour traiter le foin de cette parcelle ?

Données utiles parcelle de 100 m sur 500 m ; 1 ha = 10 000 m² ; humidité 23 % : 5 kg d'acide par tonne de foin ; $V = 150$ L ; $t = 8{,}0 \times 10^2$ g · L^{-1} (2.1)

Surface de la parcelle : $S = 100 \times 500 = 5{,}00 \times 10^4$ m^2 $= 5{,}00$ ha.

Masse de foin : $5{,}00 \times 7 = 35$ t.

Le taux d'humidité, 23 %, est compris entre 20 % et 25 % : il faut 5 kg d'acide par tonne de foin.

Masse d'acide nécessaire : $35 \times 5 = 175$ kg.

Masse d'acide disponible : $m = t \times V = 8{,}0 \times 10^2 \times 150 = 1{,}2 \times 10^5$ g $= 1{,}2 \times 10^2$ kg.

$1{,}2 \times 10^2$ kg < 175 kg : l'agricultrice n'a pas assez de solution pour traiter tout le foin.

COMPRENDRE

Autre présentation possible : comparer des volumes. Il faudrait $\frac{175 \times 10^3}{8{,}0 \times 10^2} \approx 2{,}2 \times 10^2$ L de solution, plus que les 150 L en réserve.

MÉTHODE

Question ouverte : annoncer le plan (masse de foin, masse d'acide nécessaire, masse disponible), garder les valeurs intermédiaires non arrondies, puis conclure par une comparaison chiffrée.

À LA CALCULATRICE

