

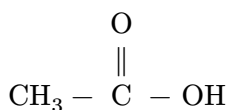
Correction du DS n°1 — Transformations acide base et Méthodes physiques d'analyse

Barème total : 20 points

Exercice 1 : Étude d'un produit ménager « fait maison »

1. Le vinaigre blanc

Q.1. À partir de la formule topologique, représenter la formule semi-développée de l'acide éthanoïque. / 1



Toutes les liaisons sont représentées, sauf les liaisons C—H du groupe méthyle qui sont condensées en CH₃.

Q.2. Montrer que le spectre est cohérent avec la présence d'acide éthanoïque dans le bidon, en s'appuyant sur au moins deux bandes d'absorption. / 2

La formule topologique montre que l'acide éthanoïque porte un groupe carboxyle —COOH, donc deux liaisons repérables en spectroscopie infrarouge : une liaison O—H et une liaison C=O.

Première bande. Le spectre présente une bande **très large et intense** entre environ 2500 et 3300 cm⁻¹, la transmittance descendant jusqu'à 0,20. D'après le tableau de données, ce domaine et cette allure très large correspondent à la liaison **O—H d'un acide carboxylique**. L'allure très étalée de la bande permet de l'écarter d'un O—H d'alcool, qui absorbe entre 3200 et 3700 cm⁻¹ sans descendre aussi bas.

Deuxième bande. Le spectre présente une bande **fine et très intense** vers 1700 cm⁻¹, la transmittance y atteignant 0. Elle correspond à la liaison **C=O**.

Conclusion. La présence simultanée de ces deux bandes signe le groupe carboxyle —COOH. Le spectre est donc cohérent avec la présence d'acide éthanoïque dans le bidon.

Un spectre infrarouge met en évidence des **groupes caractéristiques** : il ne permet pas à lui seul d'affirmer l'identité de la molécule, car tous les acides carboxyliques présentent ces deux bandes.

Q.3. Montrer que la quantité de matière d'acide éthanoïque contenue dans $V = 1,0$ L de vinaigre blanc à 8,0 % en masse est voisine de 1,3 mol. / 1,5

Masse de vinaigre.

$$m_{\text{vinaigre}} = \rho \times V = 1,01 \times 1,0 \times 10^3 = 1,01 \times 10^3 \text{ g}$$

Masse d'acide éthanoïque. Le titre massique vaut 8,0 %, donc

$$m_{\text{acide}} = \frac{8,0}{100} \times 1,01 \times 10^3 = 81 \text{ g}$$

Quantité de matière.

$$n = \frac{m_{\text{acide}}}{M} = \frac{80,8}{60} = 1,35 \approx 1,3 \text{ mol}$$

Q.4. Justifier que l'acide éthanoïque est un acide selon la définition de Brønsted.

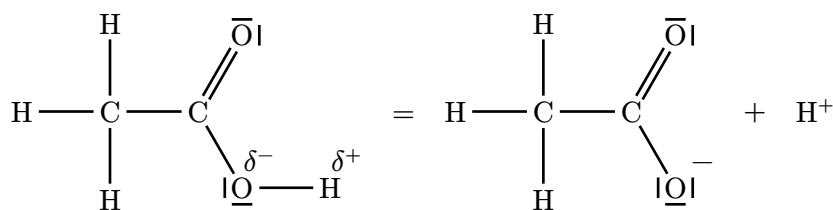
/ 0,5

Un acide de Brønsted est une espèce chimique capable de **céder un proton** H^+ .

L'acide éthanoïque possède un atome d'hydrogène lié à un atome d'oxygène très électronégatif (liaison O—H du groupe carboxyle). Cette liaison est polarisée et l'hydrogène peut être libéré sous forme de H^+ , ce qui donne l'ion éthanoate CH_3COO^- . L'acide éthanoïque est donc bien un acide de Brønsted.

Q.5. Donner la représentation de Lewis de l'acide éthanoïque et de sa base conjuguée.

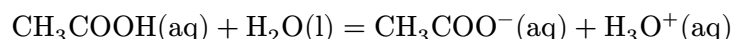
/ 2



Q.6. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre et l'eau.

/ 1

Couples mis en jeu : $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})/\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ et $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.



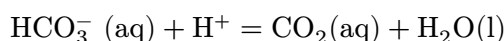
L'acide éthanoïque cède un proton à l'eau, qui joue ici le rôle de base.

2. Réaction entre l'acide éthanoïque et le bicarbonate de soude

Q.7. Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique, supposée totale.

/ 1,5

Demi-équations acide-base.



Équation de la réaction.



Vérification. Carbone : 3 de chaque côté. Hydrogène : $4 + 1 = 5$ à gauche, $3 + 0 + 2 = 5$ à droite. Oxygène : $2 + 3 = 5$ à gauche, $2 + 2 + 1 = 5$ à droite. Charge : -1 de chaque côté.

L'ion sodium Na^+ est un ion spectateur : il n'intervient pas dans l'équation.

Q.8. Expliquer la formation de mousse.

/ 0,5

La réaction produit du dioxyde de carbone. Celui-ci est peu soluble dans l'eau : dès que la solution en est saturée, il se dégage sous forme **gazeuse**. Les bulles qui traversent le liquide forment la mousse observée.

Exercice 2 : Étude de colorants dans une boisson

Q.1. Déterminer le nombre de morceaux de sucre correspondant à la quantité de sucre apportée par un verre de cocktail. Commenter. / 1

Masse de sucre dans un verre.

$$m = c \times V = 367 \times 3,0 \times 10^{-2} = 11 \text{ g}$$

Nombre de morceaux.

$$N = \frac{m}{m_{\text{morceau}}} = \frac{11,0}{5,0} = 2,2$$

Commentaire. Un seul verre de 3 cL apporte plus de deux morceaux de sucre. Rapportée à ce très petit volume, la boisson est donc fortement sucrée, nettement plus qu'un soda courant.

Q.2. Donner, en justifiant, la couleur en solution aqueuse des colorants E102, E131 et E133. / 1,5

La couleur perçue d'une solution est la couleur **complémentaire** de celle qu'elle absorbe. On relève donc le maximum d'absorption λ_{max} sur le spectre n°2, puis on lit la couleur diamétralement opposée sur le cercle chromatique.

Colorant	λ_{max}	Radiation absorbée	Couleur de la solution
E102	$\approx 420 \text{ nm}$	violet-bleu	jaune
E131	$\approx 630 \text{ nm}$	rouge-orangé	bleu (cyan)
E133	$\approx 595 \text{ nm}$	orangé	bleu

Q.3. Déterminer, en justifiant, les deux colorants majoritairement présents dans la boisson. / 1

Le spectre n°1 de la boisson présente **deux maxima** d'absorption : l'un vers 415 nm, l'autre vers 630 nm.

- Le maximum à 415 nm coïncide avec celui du colorant **E102** ($\approx 420 \text{ nm}$).
- Le maximum à 630 nm coïncide avec celui du colorant **E131** ($\approx 630 \text{ nm}$). Il ne peut pas s'agir du E133, dont le maximum se situe vers 595 nm.

Les deux colorants présents sont donc **E102 et E131**.

Ce résultat est cohérent avec l'énoncé : le mélange d'un colorant jaune (E102) et d'un colorant bleu (E131) donne bien le vert vif de la boisson.

Q.4. Expliquer le choix de la longueur d'onde $\lambda = 450 \text{ nm}$ pour doser le colorant E102. / 1,5

L'absorbance d'un mélange est la **somme** des absorbances de chacune des espèces présentes. Pour doser le colorant E102, il faut donc se placer à une longueur d'onde où l'absorbance mesurée ne provienne que de lui.

- À 450 nm, le colorant E102 absorbe encore fortement : la mesure est précise.
- À 450 nm, le colorant E131 — l'autre colorant présent dans la boisson — a une absorbance quasiment nulle : il ne perturbe pas la mesure.

On ne retient pas 420 nm, pourtant maximum d'absorption du E102, car le E131 y présente une absorption résiduelle non négligeable qui fausserait le dosage. La longueur d'onde de 450 nm réalise le meilleur compromis entre sensibilité et sélectivité.

Q.5. Proposer un protocole permettant de préparer 100,0 mL de solution S à partir de la boisson commerciale. / 1

La solution S est diluée 4 fois, donc le volume à prélever vaut

$$V_{\text{prélevé}} = \frac{V_{\text{fiolle}}}{4} = \frac{100,0}{4} = 25,0 \text{ mL}$$

1. Prélever 25,0 mL de boisson commerciale à l'aide de la **pipette jaugée de 25,0 mL** munie d'une propipette.
2. Les introduire dans la **fiolle jaugée de 100,0 mL**.
3. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
4. Boucher et homogénéiser par retournements successifs.

La verrerie jaugée est indispensable ici, car la dilution doit être précise pour permettre un dosage.

Q.6. Montrer que, à 450 nm, la loi de Beer-Lambert est vérifiée pour le colorant E102. / 2

La loi de Beer-Lambert s'écrit $A = k \times C$. Elle est vérifiée si l'absorbance est **proportionnelle** à la concentration, c'est-à-dire si le rapport A/C est constant.

On relève sur les spectres des solutions étalons l'absorbance de chacune à 450 nm :

Solution	$C \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$	$A \text{ à } 450 \text{ nm}$	$A/C \text{ (L} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$
S_1	$8,0 \times 10^{-5}$	0,65	$8,1 \times 10^3$
S_2	$5,5 \times 10^{-5}$	0,45	$8,2 \times 10^3$
S_3	$4,0 \times 10^{-5}$	0,32	$8,0 \times 10^3$
S_4	$2,5 \times 10^{-5}$	0,23	$9,2 \times 10^3$
S_5	$1,0 \times 10^{-5}$	0,11	$1,1 \times 10^4$

Pour les solutions S_1 , S_2 et S_3 , le rapport A/C est constant à environ $8,1 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ près : l'absorbance est proportionnelle à la concentration. **La loi de Beer-Lambert est donc vérifiée à 450 nm pour le colorant E102**, avec un coefficient $k \approx 8,1 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Les écarts observés pour S_4 et surtout pour S_5 s'expliquent par leurs faibles absorbances : pour une valeur lue de 0,11, une imprécision de lecture de quelques centièmes sur le graphe représente déjà une part importante de la mesure. Ce sont donc les solutions les plus concentrées qui déterminent le mieux le coefficient k .

On peut aussi conclure en traçant A en fonction de C et en vérifiant que les points obtenus sont alignés sur une droite passant par l'origine.

Q.7. Déterminer la masse de colorant E102 contenue dans un verre de cocktail. Commenter au regard de la DJA. / 2

Concentration dans la solution S . Le spectre n°1 donne $A_S \approx 0,30$ à 450 nm, d'où

$$C_S = \frac{A_S}{k} = \frac{0,30}{8,1 \times 10^3} = 3,7 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration dans la boisson commerciale. La solution S ayant été obtenue en diluant 4 fois la boisson :

$$C = 4 \times C_S = 1,5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Quantité de matière puis masse dans un verre.

$$n = C \times V = 1,5 \times 10^{-4} \times 3,0 \times 10^{-2} = 4,5 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

$$m = n \times M = 4,5 \times 10^{-6} \times 534 = 2,4 \times 10^{-3} \text{ g} = 2,4 \text{ mg}$$

Comparaison à la DJA. Pour une masse corporelle de 60 kg, la dose journalière admissible vaut

$$m_{\text{DJA}} = 7,5 \times 60 = 4,5 \times 10^2 \text{ mg par jour}$$

La masse ingérée avec un verre, 2,4 mg, est très inférieure à cette valeur : il faudrait boire environ 190 verres dans la même journée pour atteindre la DJA. La consommation de cette boisson ne présente donc pas de risque lié au colorant E102. C'est l'apport en sucre, plus de deux morceaux par verre, qui constitue le principal point de vigilance.