

CORRECTION — sujet de remplacement

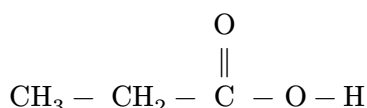
Barème total : 20 points

Exercice 1 : Les additifs d'un pain de mie industriel

1. Le conservateur E280

Q.1. Représenter la formule semi-développée de l'acide propanoïque.

/ 1



Toutes les liaisons apparaissent sauf les liaisons C—H, condensées en CH₃ et CH₂. La double liaison C=O et la liaison O—H doivent être explicites.

L'écriture linéaire CH₃ — CH₂ — COOH est acceptée si la double liaison est signalée ; la formule brute C₃H₆O₂ ne l'est pas.

Barème détaillé — 0,5 pt chaîne carbonée à trois carbones ; 0,5 pt groupe carboxyle complet (C=O et O—H).

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

/ 2

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

Première bande. Une bande **très large et intense** s'étend d'environ 2500 à 3300 cm⁻¹, la transmittance descendant jusqu'à 0,10. D'après le tableau, ce domaine et cette allure très large correspondent à la liaison **O—H d'un acide carboxylique**.

Deuxième bande. Une bande **fine et très intense** apparaît vers 1710 cm⁻¹, la transmittance atteignant presque 0. Elle correspond à la liaison **C=O**.

Conclusion. La présence simultanée de ces deux bandes signe le groupe carboxyle : le spectre est cohérent avec la présence d'acide propanoïque dans le fût.

Erreur fréquente — Conclure « c'est de l'acide propanoïque » : un spectre infrarouge identifie des **groupes caractéristiques**, pas une molécule — tous les acides carboxyliques donnent ces deux bandes.

Attribuer la bande large au O—H d'un alcool : le domaine 3200–3700 cm⁻¹ ne descend pas jusqu'à 2500 cm⁻¹. Les petites bandes fines vers 2900 cm⁻¹ superposées à la bande large sont les liaisons C—H, non discriminantes.

Barème détaillé — 1 pt par bande : liaison identifiée (0,5) + domaine relevé sur le spectre et confronté au tableau (0,5). Absence de conclusion sur le groupe carboxyle : -0,5 sur l'ensemble.

Q.3. Montrer que n est voisine de 0,55 mol dans 1,0 L de solution à 4,0 % en masse.

/ 1,5

Masse de solution. $m_{\text{solution}} = \rho \times V = 1,02 \times 1,0 \times 10^3 = 1,02 \times 10^3 \text{ g}$.

Masse d'acide propanoïque.

$$m_{\text{acide}} = 4, \frac{0}{100} \times 1,02 \times 10^3 = 41 \text{ g}$$

Quantité de matière.

$$n = \frac{m_{\text{acide}}}{M} = 40, \frac{8}{74} = 0,55 \text{ mol}$$

La valeur annoncée est bien retrouvée.

Erreur fréquente — Oublier la conversion $1,0 \text{ L} = 1,0 \times 10^3 \text{ mL}$ avant d'appliquer ρ en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$.

Appliquer les 4,0 % au volume : le pourcentage est **massique**.

Barème détaillé — 0,5 pt masse de solution (avec conversion) ; 0,5 pt masse d'acide via le pourcentage massique ; 0,5 pt quantité de matière $n = m/M$ cohérente.

Q.4. Justifier que l'acide propanoïque est un acide de Brønsted.

/ 1

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

L'acide propanoïque possède un atome d'hydrogène lié à un oxygène très électronégatif (liaison O—H du groupe carboxyle) : cette liaison polarisée peut se rompre en libérant H^+ , ce qui donne l'ion propanoate $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$. C'est donc bien un acide de Brønsted.

Barème détaillé — 0,5 pt définition de l'acide de Brønsted (espèce capable de céder un proton H^+) ; 0,5 pt application : identification du H de la liaison O—H comme proton cédé et formation de l'ion propanoate.

Q.5. Donner la représentation de Lewis de l'acide propanoïque et de l'ion propanoate.

/ 2

Décompte des électrons de valence. H : 1 ; C : 4 ; O : 6.

Pour $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$: $3 \times 4 + 6 \times 1 + 2 \times 6 = 30$ électrons, soit **15 doublets**.

Pour $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$: $3 \times 4 + 5 \times 1 + 2 \times 6 + 1 = 30$ électrons, soit **15 doublets** également (l'hydrogène perdu emporte son électron, la charge négative en apporte un).

Espèce	Doublets liants	Doublets non liants	Placement des doublets non liants
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	11	4	2 sur l'oxygène de la double liaison, 2 sur l'oxygène du groupe O—H
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$	10	5	2 sur l'oxygène de la double liaison, 3 sur l'oxygène porteur de la charge —

Le squelette est celui de la question 1. Pour la base conjuguée, on retire le H de la liaison O—H et on place la charge — sur cet oxygène, qui porte alors trois doublets non liants.

Vérification. Chaque carbone est entouré de 4 doublets, chaque oxygène de 4 doublets, chaque hydrogène d'un seul : la règle de l'octet est respectée.

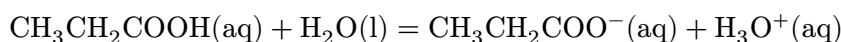
Erreur fréquente — Oublier les doublets non liants de l'oxygène de la double liaison : il en porte 2, pas 0.

Sur l'ion propanoate, placer la charge sans ajuster les doublets non liants : l'oxygène chargé en porte 3.

Barème détaillé — 1 pt pour l'acide (squelette + 4 doublets non liants bien placés) ; 1 pt pour la base conjuguée (perte du H, charge sur l'oxygène, 5 doublets non liants). Squelette juste sans aucun doublet non liant : 0,5 sur les 2.

Q.6. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide propanoïque et l'eau. / 1

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



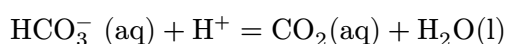
L'acide cède un proton à l'eau, qui joue ici le rôle de base.

Barème détaillé — 0,5 pt espèces correctes (ion propanoate, ion oxonium) ; 0,5 pt équation équilibrée en éléments et en charges, états physiques indiqués.

2. L'agent levant

Q.7. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide et les ions hydrogénocarbonate. / 1,5

Demi-équations.



Équation bilan.



Vérification. Carbone : $3 + 1 = 4$ de chaque côté. Hydrogène : $6 + 1 = 7$ à gauche, $5 + 0 + 2 = 7$ à droite. Oxygène : $2 + 3 = 5$ à gauche, $2 + 2 + 1 = 5$ à droite. Charge : -1 de chaque côté.

Erreur fréquente — Faire réagir l'ion sodium : Na^+ est *spectateur*.

Écrire H_2CO_3 : le couple imposé est $\text{CO}_2(\text{aq}), \text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{HCO}_3^-(\text{aq})$, il faut donc faire apparaître CO_2 et H_2O .

Barème détaillé — 0,5 pt pour les deux demi-équations (ou l'identification explicite des deux couples) ; 1 pt pour l'équation bilan équilibrée en éléments et en charges.

Q.8. Expliquer pourquoi cette transformation fait gonfler la pâte. / 1

La réaction produit du dioxyde de carbone. Peu soluble, il se dégage sous forme **gazeuse** à l'intérieur de la pâte. Comme la pâte est visqueuse, ce gaz reste emprisonné sous forme de bulles qui la font gonfler, et la cuisson fige ensuite cette structure alvéolée : c'est la mie.

Barème détaillé — 0,5 pt la réaction produit du CO_2 qui se dégage à l'état gazeux ; 0,5 pt lien avec le gonflement (bulles de gaz emprisonnées dans la pâte visqueuse). « La pâte gonfle car il y a une réaction » : 0.

Exercice 2 : Étude du colorant d'une boisson violette

Q.1. Donner, en justifiant, la couleur des colorants E110, E122 et E133. / 1,5

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

Colorant	$\lambda_{\max}$	Radiation absorbée	Couleur de la solution
E110	≈ 485 nm	bleu–cyan	jaune orangé
E122	≈ 515 nm	vert	rouge (magenta)
E133	≈ 630 nm	rouge–orangé	bleu (cyan)

Erreur fréquente — Annoncer la couleur **absorbée** au lieu de la couleur perçue — l'erreur la plus fréquente. Le E122 absorbe le vert, donc il **paraît** rouge.

Barème détaillé — 0,5 pt par colorant : relevé de $\lambda_{\max}$ (0,25) et couleur complémentaire (0,25). Le raisonnement par complémentarité doit être énoncé au moins une fois.

Q.2. 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 515 nm, l'autre vers 630 nm.

- Le maximum à 515 nm coïncide avec celui du **E122** (≈ 515 nm) et non avec celui du E110, situé vers 485 nm.
- Le maximum à 630 nm coïncide avec celui du **E133**.

Les deux colorants présents sont donc **E122 et E133**.

Ce résultat est cohérent avec l'énoncé : le mélange d'un colorant rouge (E122) et d'un colorant bleu (E133) donne bien une boisson violette.

Erreur fréquente — Retenir le E110 sur le seul argument « il absorbe dans cette zone » : E110 et E122 ont des bandes qui se recouvrent largement, seule la position du maximum (485 nm contre 515 nm) permet de trancher.

Barème détaillé — 0,5 pt lecture des deux maxima du spectre n°1 ; 0,5 pt attribution justifiée par comparaison des $\lambda_{\max}$, avec l'exclusion argumentée du E110.

Q.3. Expliquer le choix de $\lambda = 520$ nm pour doser le colorant E122. / 1,5

L'absorbance d'un mélange est la **somme** des absorbances de chaque espèce. Pour doser le E122, il faut donc se placer à une longueur d'onde où l'absorbance mesurée ne provienne **que** de lui.

- À 520 nm, le E122 absorbe fortement : on est pratiquement à son maximum (515 nm), la mesure est précise.
- À 520 nm, le E133 — l'autre colorant présent — a une absorbance quasiment nulle : il ne perturbe pas la mesure.

On ne choisit évidemment pas 630 nm, où c'est l'inverse : le E133 y absorbe fortement et le E122 presque plus.

Barème détaillé — 0,5 pt additivité des absorbances / nécessité d'isoler le E122 ; 0,5 pt le E122 absorbe fortement à 520 nm ; 0,5 pt le E133 n'absorbe pas à 520 nm.

Q.4. Proposer un protocole pour préparer 100,0 mL de solution S . / 1

La solution S est diluée 5 fois, donc $V_{\text{prélevé}} = V_{\text{fiole}}/5 = 100,0/5 = 20,0$ mL.

1. Dégazer la boisson par agitation, puis prélever 20,0 mL à la **pipette jaugée de 20,0 mL** munie d'une propipette.
2. Les introduire dans la **fiole jaugée de 100,0 mL**.
3. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

4. Boucher et homogénéiser par retournements successifs.

Erreur fréquente — Proposer une éprouvette graduée ou un bécher : la verrerie jaugée est indispensable pour une dilution destinée à un dosage.

Barème détaillé — 0,5 pt couple de verrerie cohérent avec le facteur 5 (pipette 20,0 mL + fiole 100,0 mL) ; 0,5 pt protocole (verrerie jaugée, eau distillée jusqu'au trait de jauge, homogénéisation). Le dégazage est valorisé, non exigé.

Q.5. Montrer que la loi de Beer-Lambert est vérifiée à 520 nm pour le colorant E122. / 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 520 nm :

Solution	$C \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$	$A \text{ à } 520 \text{ nm}$	$A/C \text{ (L} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$
S_1	$1,0 \times 10^{-5}$	0,19	$1,9 \times 10^4$
S_2	$2,0 \times 10^{-5}$	0,38	$1,9 \times 10^4$
S_3	$3,0 \times 10^{-5}$	0,57	$1,9 \times 10^4$
S_4	$4,0 \times 10^{-5}$	0,76	$1,9 \times 10^4$
S_5	$5,0 \times 10^{-5}$	0,95	$1,9 \times 10^4$

Le rapport A/C est constant : l'absorbance est proportionnelle à la concentration. **La loi de Beer-Lambert est donc vérifiée à 520 nm**, avec un coefficient $k \approx 1,9 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Démarche équivalente acceptée : tracer A en fonction de C et vérifier l'alignement des points sur une droite passant par l'origine.

Barème détaillé — 0,5 pt énoncé du critère (proportionnalité, A/C constant ou droite passant par l'origine) ; 0,5 pt relevé correct d'au moins trois absorbances à 520 nm ; 0,5 pt calculs des rapports ; 0,5 pt conclusion explicite. Tolérance de $\pm 10\%$ sur les relevés graphiques.

Q.6. Déterminer la masse de colorant E122 dans une canette. Commenter au regard de la DJA d'un enfant de 25 kg. / 2

Concentration dans la solution S . Le spectre n°1 donne $A_S \approx 0,45$ à 520 nm, d'où

$$C_S = \frac{A_S}{k} = 0, \frac{45}{1,9 \times 10^4} = 2,4 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration dans la boisson. La solution S ayant été diluée 5 fois :

$$C = 5 \times C_S = 1,2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Quantité de matière puis masse dans une canette.

$$n = C \times V = 1,2 \times 10^{-4} \times 33 \times 10^{-2} = 3,9 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$m = n \times M = 3,9 \times 10^{-5} \times 502 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ g} = 20 \text{ mg}$$

Comparaison à la DJA. Pour un enfant de 25 kg :

$$m_{\text{DJA}} = 4,0 \times 25 = 1,0 \times 10^2 \text{ mg par jour}$$

Une canette apporte donc environ **20 % de la dose journalière admissible** de cet enfant : **cinq canettes dans la même journée suffisent à l'atteindre**. Contrairement au cas d'un adulte, la marge n'est pas confortable — une consommation festive de plusieurs canettes est parfaitement plausible.

Erreur fréquente — Oublier le facteur 5 : le spectre n°1 est celui de la solution *diluée*, pas de la boisson.

Comparer 20 mg directement à 4,0 mg : la DJA est exprimée **par kilogramme de masse corporelle**, il faut la multiplier par 25.

Conclure « c'est sans danger » sans calculer le nombre de canettes : le commentaire attendu doit quantifier la marge.

Barème détaillé — 0,5 pt lecture de A_S et calcul de C_S ; 0,5 pt retour à la boisson ($\times 5$) ; 0,5 pt masse dans une canette ; 0,5 pt DJA rapportée à 25 kg et conclusion quantifiée (proportion ou nombre de canettes).