

Transformations acide base et Méthodes physiques d'analyse — sujet de remplacement

Barème total : 20 points

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

Un pain de mie industriel se conserve plusieurs semaines sans moisir, là où un pain de boulangerie durcit en deux jours. Cette longévité ne doit rien au hasard : elle tient à un conservateur, l'acide propanoïque, désigné sur les étiquettes par le code E280, qui bloque le développement des moisissures. Sa texture aérée, elle, tient à un agent levant incorporé à la pâte.

L'objectif de cet exercice est d'étudier ces deux additifs.

DONNÉES

- masse volumique de la solution commerciale de conservateur : $\rho = 1,02 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$
- masse molaire de l'acide propanoïque : $M = 74 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- numéros atomiques : H ($Z = 1$), C ($Z = 6$), O ($Z = 8$)

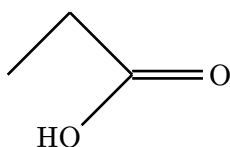


Fig. 1. – Formule topologique de l'acide propanoïque

Liaison	Nombre d'onde σ (cm^{-1})	Intensité, allure
O–H (alcool)	3200 – 3700	forte, large
O–H (acide carboxylique)	2500 – 3200	forte, très large
C–H	2800 – 3000	moyenne, fine
C=O (acide carboxylique)	1680 – 1710	forte, fine
C–O	1050 – 1450	forte

Tableau 1. – Nombres d'onde de quelques liaisons en spectroscopie infrarouge

1. Le conservateur E280

L'acide propanoïque est livré à la boulangerie industrielle sous forme d'une solution aqueuse à 4,0 % en masse, incolore et d'odeur piquante.

Q.1. À partir de la formule topologique donnée sur la Fig. 1, représenter la formule semi-développée de l'acide propanoïque. / 1

Un fût entreposé à la réserve a perdu son étiquette : il pourrait tout aussi bien contenir la solution de conservateur qu'un produit de nettoyage des cuves. Avant de l'utiliser, le laboratoire de contrôle enregistre le spectre infrarouge d'un échantillon prélevé dans ce fût.

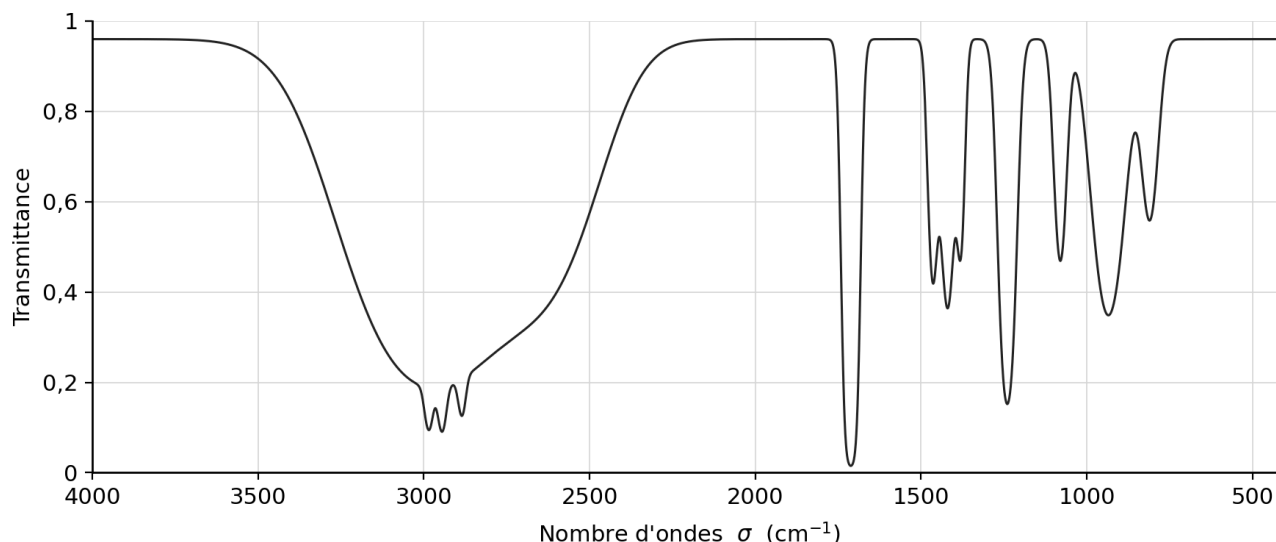


Fig. 2. – Spectre infrarouge de l'échantillon prélevé dans le fût

- Q.2.** À l'aide de la Fig. 1 et des données du Tableau 1, montrer que ce spectre est cohérent avec la présence d'acide propanoïque dans le fût. On s'appuiera sur au moins deux bandes d'absorption. / 2
- Q.3.** À l'aide des données ci-dessus, montrer que la quantité de matière d'acide propanoïque n contenue dans un volume V égal à 1,0 L de solution commerciale à 4,0 % en masse est voisine de 0,55 mol. / 1,5
- Q.4.** Justifier que l'acide propanoïque est un acide selon la définition de Brønsted. / 1
- Q.5.** Donner la représentation de Lewis de l'acide propanoïque et de sa base conjuguée, l'ion propanoate. / 2
- Q.6.** Écrire l'équation de la réaction entre l'acide propanoïque et l'eau. / 1

2. L'agent levant

Pour que la pâte gonfle à la cuisson, on y incorpore de l'hydrogencarbonate de sodium, un solide ionique de formule brute NaHCO_3 et de masse molaire $M = 84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Lorsqu'il est dissous dans l'eau de la pâte, les ions présents sont les ions sodium $\text{Na}^+(\text{aq})$ et les ions hydrogencarbonate $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$.

Le couple acide/base associé aux ions hydrogencarbonate pris en compte par la suite est $\text{CO}_2(\text{aq}), \text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{HCO}_3^-(\text{aq})$.

L'acidité de la pâte est modélisée par l'acide propanoïque, noté $\text{AH}(\text{aq})$. On souhaite modéliser la transformation chimique entre cet acide et les ions hydrogencarbonate.

- Q.7.** Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique. On suppose que cette réaction est totale. / 1,5
- Q.8.** Expliquer pourquoi cette transformation fait gonfler la pâte à la cuisson. / 1

Exercice 2 : Étude du colorant d'une boisson violette

Une boisson gazeuse aromatisée aux fruits rouges, vendue en canette, doit sa couleur violette au mélange de deux colorants alimentaires. Elle est composée d'eau gazéifiée, de sucre, d'arômes et de ces colorants.

L'objectif de cet exercice est d'identifier ces colorants et d'évaluer le risque éventuel que présente l'un d'eux pour un jeune consommateur.

DONNÉES

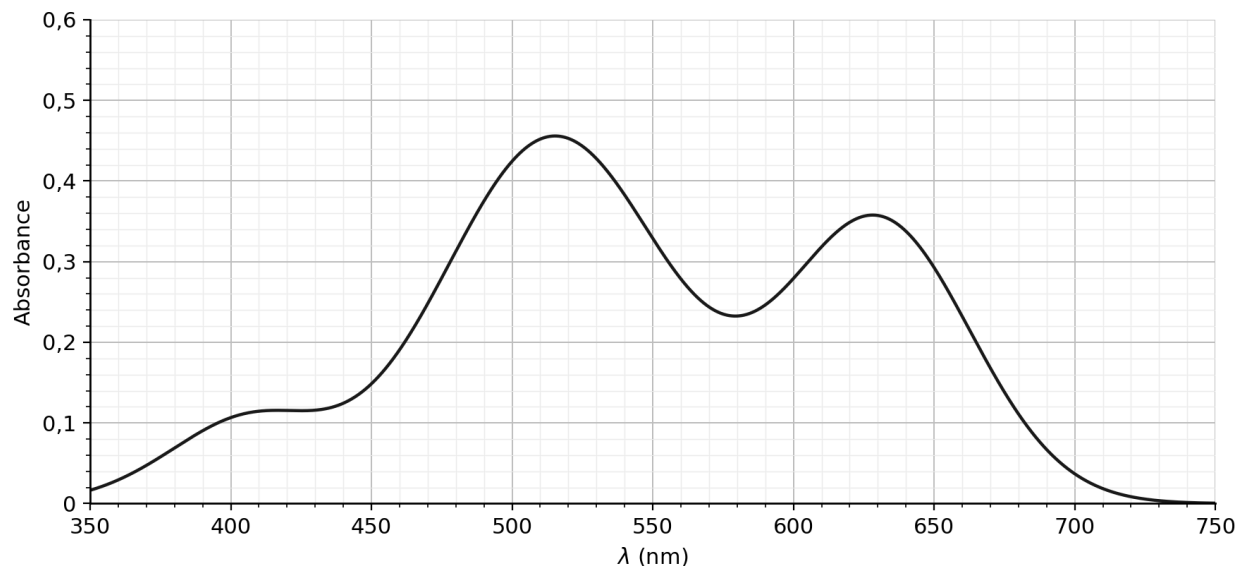


Fig. 3. – Spectre d'absorbance n°1 : solution S de la boisson étudiée, diluée 5 fois

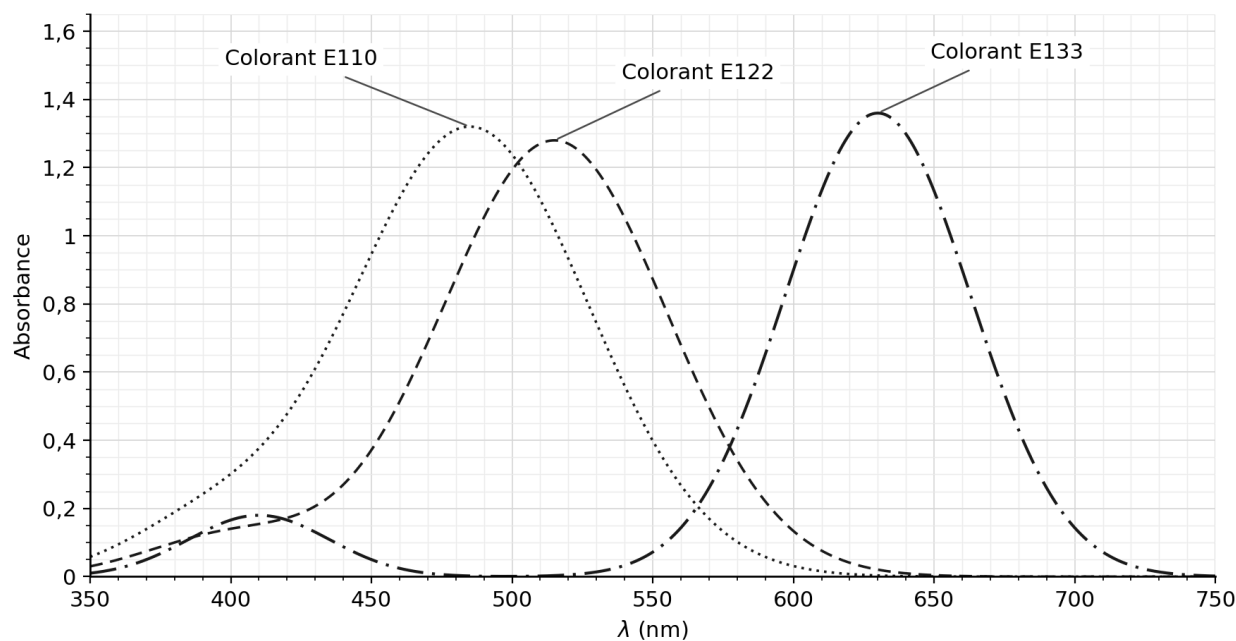


Fig. 4. – Spectres d'absorbance n°2 : trois colorants alimentaires en solution aqueuse

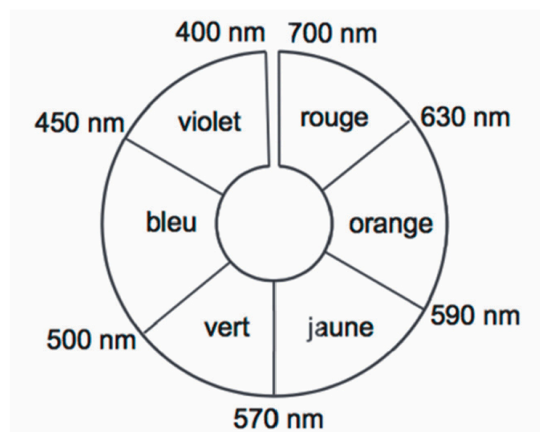


Fig. 5. – Cercle chromatique

- masse molaire du colorant E122 : $M = 502 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- volume de boisson contenu dans une canette : $V = 33 \text{ cL}$
- concentration en masse de sucre dans la boisson : $c = 105 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
- masse d'un morceau de sucre : 5,0 g
- dose journalière admissible (DJA) du colorant E122 : 4,0 mg par kilogramme et par jour
- masse corporelle de référence : enfant de 25 kg
- verrerie disponible : fioles jaugées de 50,0 mL, 100,0 mL et 200,0 mL ; pipettes jaugées de 10,0 mL, 20,0 mL et 25,0 mL ; béchers et éprouvettes graduées

La couleur violette de la boisson est obtenue par le mélange de deux colorants alimentaires. On cherche à les identifier parmi les trois colorants analysés sur le spectre d'absorbance n°2.

Q.1. Donner, en justifiant, la couleur en solution aqueuse de chacun des colorants alimentaires E110, E122 et E133. / 1,5

Q.2. Déterminer, en justifiant, les deux colorants majoritairement présents dans la boisson étudiée. / 1

La dose journalière admissible (DJA) d'un colorant est la masse maximale de colorant qu'une personne peut consommer par jour sans risque pour sa santé. Elle est exprimée en mg de substance par kg de masse corporelle et par jour.

Pour déterminer la concentration en colorant E122 dans la boisson, on prépare une gamme de cinq solutions étalons à partir d'une solution mère de colorant E122, et on enregistre leurs spectres d'absorbance (Fig. 6). Les spectres sont ensuite exploités à la longueur d'onde $\lambda = 520 \text{ nm}$. On note C_i , avec i allant de 1 à 5, la concentration en colorant E122 de la solution S_i .

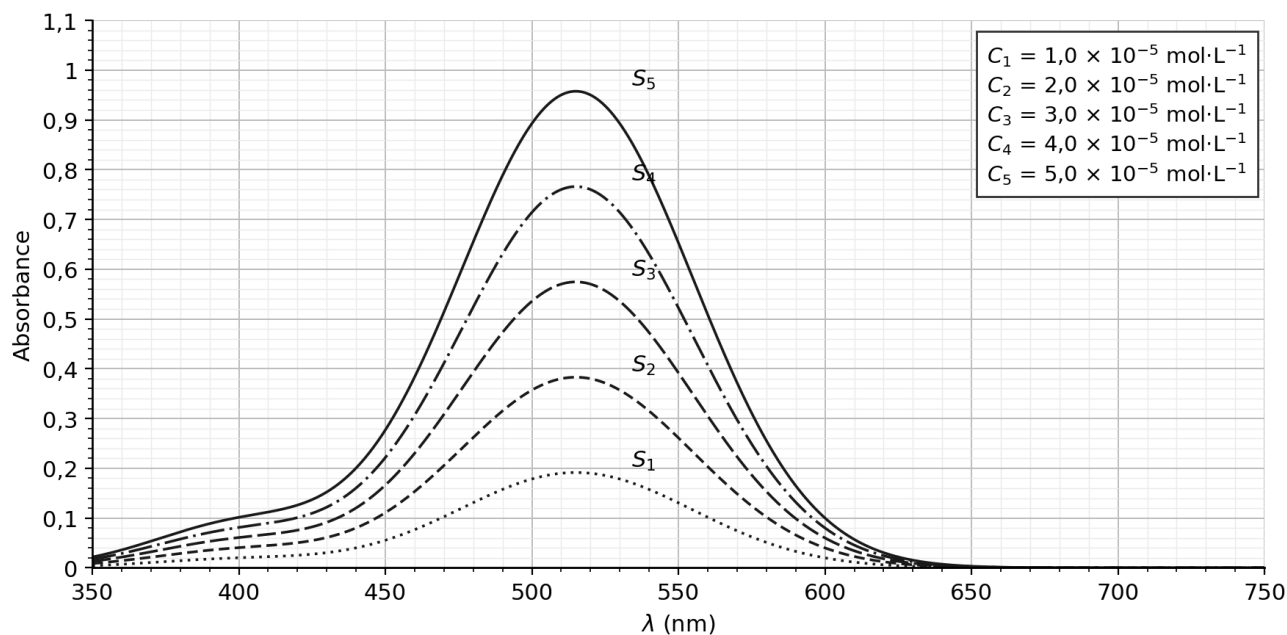


Fig. 6. – Spectres d'absorbance de cinq solutions étalons de colorant E122

Q.3. À l'aide des spectres d'absorbance n°1 et n°2 fournis dans les données, expliquer le choix de la longueur d'onde $\lambda = 520 \text{ nm}$ pour réaliser le dosage du colorant E122 dans la boisson étudiée. / 1,5

On rappelle que le spectre d'absorbance n°1 est celui de la solution S , obtenue en diluant 5 fois la boisson commerciale.

Q.4. Proposer, parmi la verrerie disponible, un protocole permettant de préparer un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ de solution S à partir de la boisson commerciale. / 1

Q.5. En explicitant la démarche suivie, montrer que, pour la longueur d'onde choisie de 520 nm , la loi de Beer-Lambert est vérifiée pour le colorant E122. / 2

Q.6. Déterminer la masse de colorant E122 contenue dans une canette de boisson. Commenter eu égard à la valeur de la DJA pour un enfant de 25 kg . / 2