

Transformations acide base et Méthodes physiques d'analyse

Barème total : 20 points

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

Les tâches ménagères nécessitent l'usage de produits d'entretien. Pourtant, ces produits ménagers ne sont pas sans risque sanitaire. Il existe de nombreuses alternatives à l'eau de Javel ou à d'autres produits qui peuvent engendrer la formation d'espèces chimiques toxiques. Pour fabriquer un spray nettoyant multi-usages écologique et économique, on peut réaliser un mélange de deux produits ménagers simples : le vinaigre blanc et le bicarbonate de soude. La mousse obtenue permet de décoller les impuretés présentes sur une surface.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la transformation chimique entre le vinaigre et le bicarbonate de soude.

DONNÉES

- masse volumique du vinaigre : $\rho = 1,01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$
- masse molaire de l'acide éthanoïque : $M = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- numéros atomiques : H ($Z = 1$), C ($Z = 6$), O ($Z = 8$)

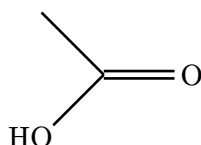


Fig. 1. – Formule topologique de l'acide éthanoïque

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 vinaigre blanc

Le vinaigre blanc peut être utilisé en tant que détartrant, désinfectant et anticalcaire. Ce liquide incolore est composé d'eau et d'acide éthanoïque obtenu la plupart du temps à partir de sucre de betterave.

Pour fabriquer un produit ménager, il est conseillé d'utiliser du vinaigre blanc à 8,0 % en masse.

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

Le vinaigre blanc utilisé pour fabriquer le spray est acheté en gros, sous forme d'un liquide incolore livré dans un bidon dont l'étiquette ne mentionne que « solution aqueuse — usage ménager ». Avant toute utilisation, le laboratoire de contrôle enregistre le spectre infrarouge d'un échantillon prélevé dans le bidon (Fig. 2).

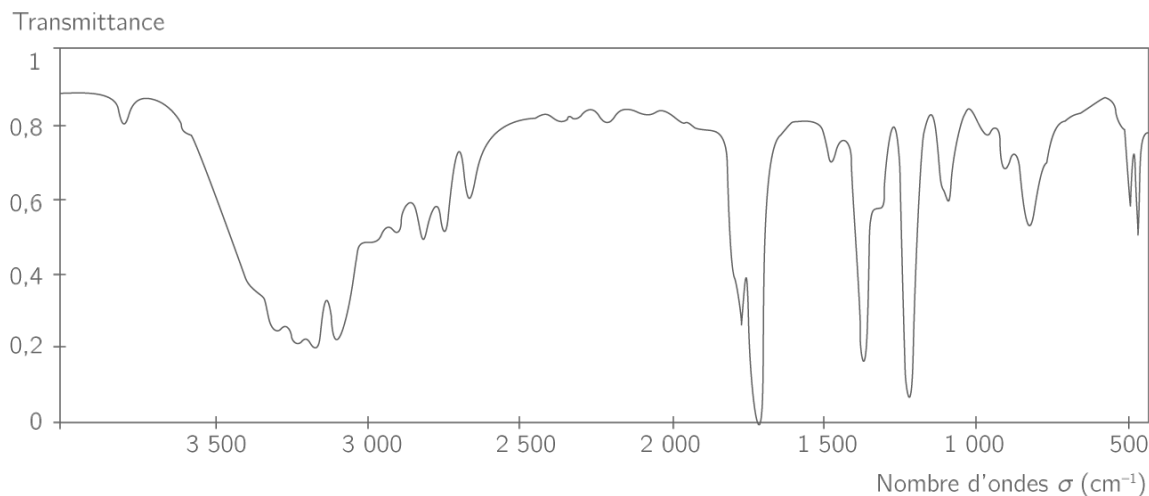


Fig. 2. – Spectre infrarouge de l'échantillon prélevé dans le bidon

- 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 éthanoïque dans le bidon. On s'appuiera sur au moins deux bandes d'absorption. / 2
- Q.3.** À l'aide des données présentes dans le texte descriptif du vinaigre blanc ci-dessus, montrer que la quantité de matière d'acide éthanoïque n contenue dans un volume V égal à 1,0 L de vinaigre blanc à 8,0 % en masse est voisine de 1,3 mol. / 1,5
- Q.4.** Justifier que l'acide éthanoïque est un acide selon la définition de Brønsted. / 0,5
- 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

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

Le bicarbonate de soude est 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, les ions présents en solution sont les ions sodium $\text{Na}^+(\text{aq})$ et les ions hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$.

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

On souhaite modéliser la transformation chimique entre l'acide éthanoïque, noté $\text{AH}(\text{aq})$, et les ions hydrogénocarbonate.

- Q.7.** Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique. On suppose que cette réaction est totale. / 1,5
- Q.8.** Le texte introductif fait état de la formation de mousse lors de la réaction entre l'acide éthanoïque et le bicarbonate de soude. Expliquer ce phénomène. / 0,5

Exercice 2 : Étude de colorants dans une boisson

On étudie une boisson verte à base de banane et de fruits tropicaux dont la recette est d'inspiration indonésienne. Elle est composée d'extraits de fruits, d'eau, d'éthanol, de sucre et de colorants alimentaires responsables de sa couleur vert vif.

L'objectif de cet exercice est d'identifier la nature des colorants présents dans cette boisson et de s'interroger sur les risques éventuels pour la santé de l'un d'entre eux.

DONNÉES

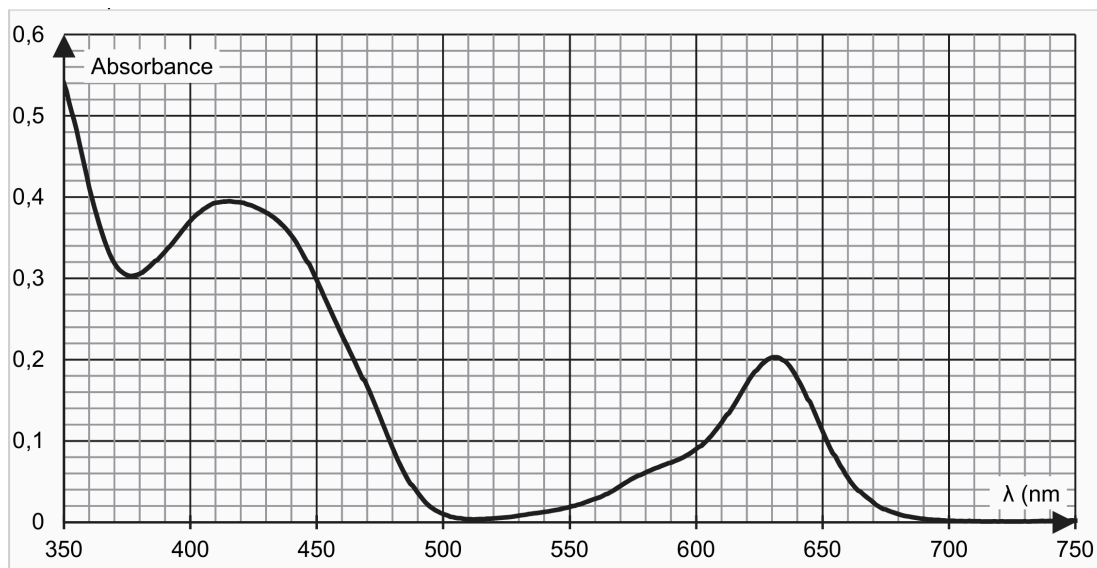


Fig. 3. – Spectre d'absorbance n°1 : solution S de la boisson étudiée diluée d'un facteur 4

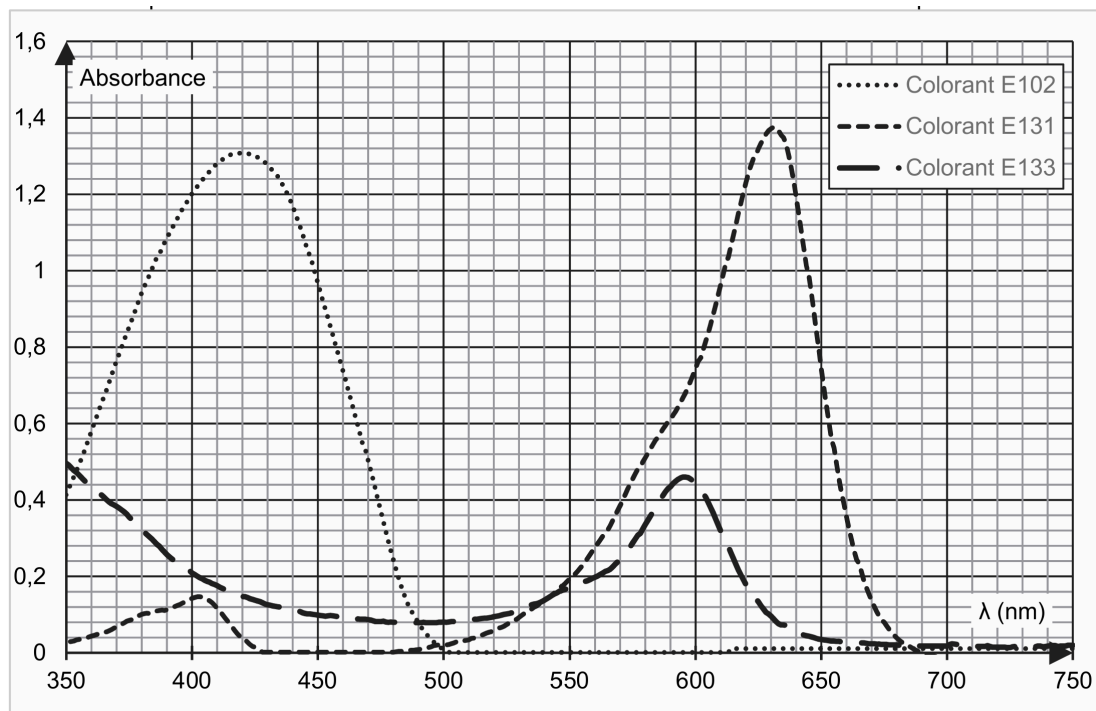


Fig. 4. – Spectres d'absorbance n°2 : différents colorants alimentaires en solution aqueuse

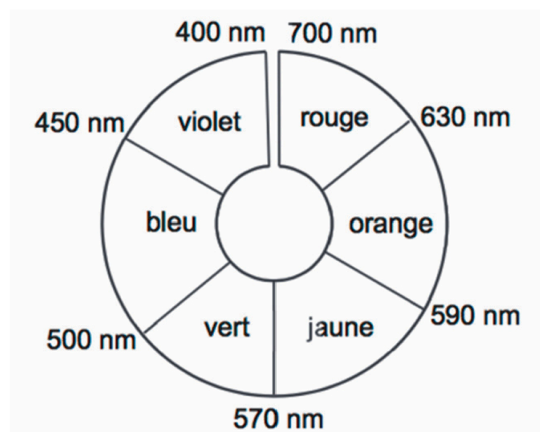


Fig. 5. – Cercle chromatique

- masse molaire du colorant E102 : $M = 534 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- volume de la boisson étudiée contenu dans un verre de cocktail : $V = 3,0 \text{ cL}$
- concentration en masse de sucre dans la boisson étudiée : $c = 367 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
- masse d'un morceau de sucre : $5,0 \text{ g}$
- masse corporelle de référence : $m = 60 \text{ kg}$
- verrerie disponible : fioles jaugées de $50,0 \text{ mL}$, $100,0 \text{ mL}$ et $200,0 \text{ mL}$; pipettes jaugées de $5,0 \text{ mL}$, $10,0 \text{ mL}$ et $25,0 \text{ mL}$; béchers et éprouvettes graduées

Q.1. Déterminer le nombre de morceaux de sucre correspondant à la quantité de sucre apportée par la boisson étudiée lorsqu'on boit un verre de cocktail. Commenter. / 1

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

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

Q.3. 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 habituellement exprimée en mg de substance par kg de masse corporelle et par jour. Pour le colorant E102, elle vaut $7,5 \text{ mg}$ par kilogramme et par jour.

Pour déterminer la concentration de ce colorant dans la boisson étudiée, on réalise une gamme de solutions étalons de concentrations différentes à partir d'une solution mère S_0 de colorant E102. On enregistre ensuite les spectres d'absorbance correspondants (Fig. 6).

Enfin, pour doser le colorant E102 dans la boisson étudiée, les spectres obtenus sont exploités à la longueur d'onde $\lambda = 450 \text{ nm}$. On note C_i , avec i allant de 1 à 5, la concentration en colorant E102 de la solution S_i .

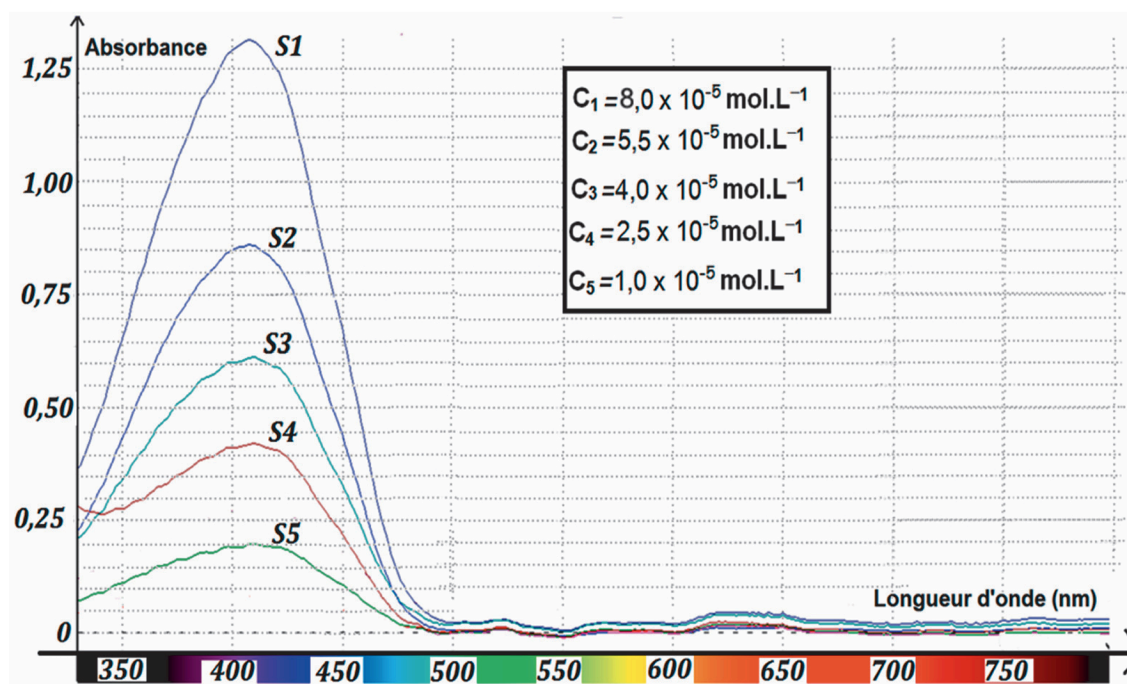


Fig. 6. – Spectre d'absorbance de 5 solutions de concentrations différentes en colorant E102.

Q.4. À l'aide des spectres d'absorbance n°1 et n°2 fournis dans les données, expliquer le choix de la longueur d'onde $\lambda = 450 \text{ nm}$ pour réaliser le dosage du colorant E102 dans la boisson étudiée. / 1,5

On rappelle que le spectre d'absorbance n°1 est celui de la solution S de la boisson étudiée obtenue en diluant 4 fois la boisson commerciale.

Q.5. 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.6. En explicitant la démarche suivie, montrer que, pour la longueur d'onde choisie de 450 nm , la loi de Beer-Lambert est vérifiée pour le colorant E102. / 2

Q.7. Déterminer la masse de colorant E102 contenue dans un verre de cocktail. Commenter eu égard à la valeur de la DJA. / 2