

# Dosage par étalonnage – Exercices - Devoirs

## Exercice 1 corrigé disponible

Un spectrophotomètre réglé sur la longueur d'onde 640 nm permet de mesurer l'absorbance d'une solution en bleu patenté. Les valeurs de la concentration  $c$  et de l'absorbance  $A$  des solutions sont indiquées dans le tableau :

| solutions<br>filles            | $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | $S_4$ | $S_5$ |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $c$ ( $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ) | 0,4   | 0,8   | 1,0   | 1,4   | 2,0   |
| $A$                            | 0,064 | 0,133 | 0,194 | 0,255 | 0,319 |

1. Les mesures réalisées sont reportées graphiquement en figure 1.

a. S'appuyer sur les points obtenus pour montrer que la loi de Beer-Lambert est vérifiée.

b. Préciser quel est le type de relation entre  $A$  et  $c$  ?

Rappeler l'expression mathématique de cette loi :

L'Alodont® est une solution pour bain de bouche dont la couleur est due à la présence de bleu patenté. L'absorbance de la solution d'Alodont® est, dans les mêmes conditions de mesure  $A = 0,110$ .

2. Déterminer graphiquement la concentration  $C_A$  en bleu patenté de la solution :

$C_A =$

3. Le spectre d'absorption d'une solution de bleu patenté est donné en figure 2.

a. Justifier le choix de la longueur d'onde de réglage du spectrophotomètre pour cette étude.

b. Quelle est approximativement la couleur correspondant à cette longueur d'onde.

Que peut-on dire de la lumière qui traverse la solution de bleu patenté dans le spectroscope ?

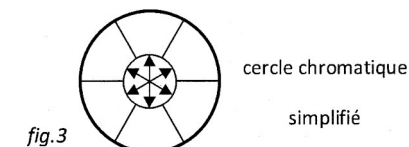
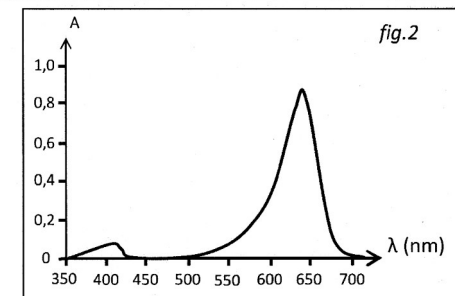
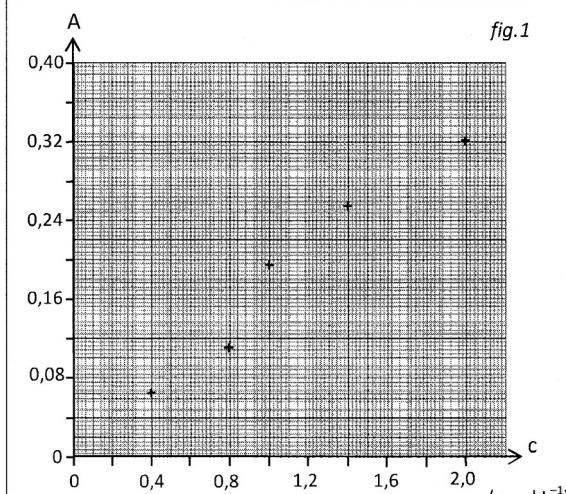
c. Placer sur le disque chromatique simplifié en figure 3, la couleur de la lumière choisie pour le réglage du spectrophotomètre et la couleur de la solution étudiée.

Un sirop de menthe contient le bleu patenté à la concentration molaire  $C = 5,6 \mu\text{mol.L}^{-1}$ .

4. Pourquoi faut-il diluer le sirop pour vérifier la concentration en bleu patenté à partir de la courbe d'étalonnage déjà obtenue ? Justifier qu'une « dilution par 5 » est nécessaire.

5. Montrer sur le graphe en figure 1 quelle serait alors la mesure d'absorbance réalisée ?

Noter sa valeur :



## Exercice 2 corrigé disponible

L'eau de Dakin est un antiseptique utilisé pour le lavage des plaies et des muqueuses. Elle a une couleur rose et une odeur chlorée.

L'étiquette du flacon mentionne les principes actifs pour un volume  $V = 100 \text{ mL}$  :

Solution concentrée d'hypochlorite de sodium, quantité correspondant à 0,500 g de chlore actif / permanganate de potassium 0,0010 g / dihydrogénophosphate de sodium dihydraté / eau purifiée.

Cet exercice propose de vérifier une partie des indications de l'étiquette.

Données:

Masses molaires atomiques

$M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

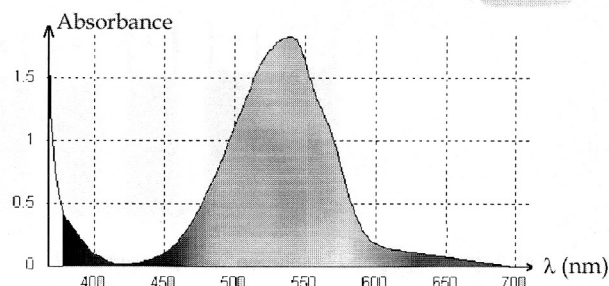
$M(\text{K}) = 39,0 \text{ g.mol}^{-1}$

$M(\text{Mn}) = 55,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Le permanganate de potassium est la seule espèce colorée de la solution d'eau de Dakin.



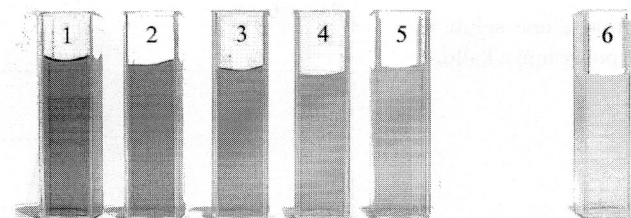
Le spectre d'absorption d'une solution de permanganate de potassium a l'allure suivante :



- Justifiez la couleur de l'eau de Dakin : .....
- Pour réaliser la courbe d'étalonnage pour des solutions aqueuses de permanganate de potassium, on utilise un colorimètre dont on règle la longueur d'onde autour de 530 nm. Est-ce un bon choix ? Justifiez : .....
- Afin de réaliser une échelle de teintes, on prépare un volume  $V_0 = 500 \text{ mL}$  d'une solution mère  $S_0$  de permanganate de potassium à la concentration molaire en soluté apporté  $c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Calculer la masse de permanganate de potassium solide (de formule  $\text{KMnO}_4$ ) à peser pour préparer cette solution par dissolution : .....

4. La solution  $S_0$  permet de préparer une échelle de teintes constituée par cinq solutions dont on mesure l'absorbance  $A$  à la longueur d'onde 530 nm.

| Solution                                      | $S_1$                | $S_2$                | $S_3$                | $S_4$                | $S_5$                |
|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Concentration $c \text{ (mol.L}^{-1}\text{)}$ | $1,0 \times 10^{-4}$ | $8,0 \times 10^{-5}$ | $6,0 \times 10^{-5}$ | $4,0 \times 10^{-5}$ | $2,0 \times 10^{-5}$ |
| $A$                                           | 0,22                 | 0,176                | 0,13                 | 0,09                 | 0,042                |

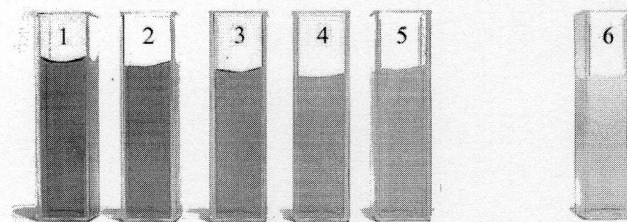
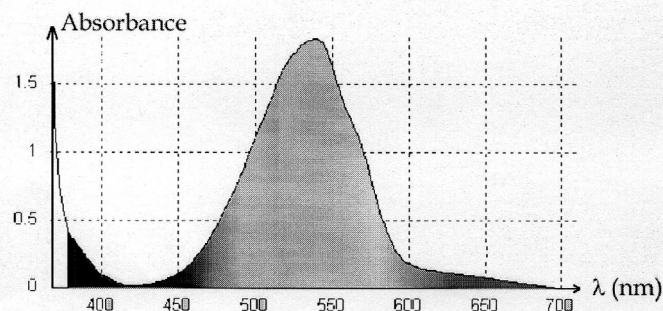


- A quoi correspond la solution  $S_6$ . A quoi sert-elle ? .....
- Quel volume de solution  $S_0$  faut-il prélever pour fabriquer 200 mL de solution  $S_1$  ? .....

7. L'absorbance de l'eau de Dakin à la longueur d'onde de 530 nm est 0,14. En déduire par le calcul la concentration molaire  $c_{\text{exp}}$  en permanganate de potassium dans l'eau de Dakin. Vérifiez ce résultat sur le graphe : .....

8. À partir des données de l'étiquette, calculer la concentration molaire  $c$  en permanganate de potassium dans l'eau de Dakin correspondant aux données du fabricant : .....

9. Comparer au résultat expérimental en calculant si l'écart relatif  $\left| \frac{C - C_{\text{exp}}}{C} \right|$  que l'on exprimera en pourcentage: .....



## I. Le bleu des bonbons Schtroumpf®

## I. Le bleu des bonbons Schtroumpf®

Données :

- 

- | Solutions de bleu patenté   | S <sub>1</sub>         | S <sub>2</sub>         | S <sub>3</sub>         | S <sub>4</sub> | S <sub>5</sub>         |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------|------------------------|
| V <sub>mère</sub> (en mL)   | 20,0                   | 16,0                   | 12,0                   | 8,0            | 4,0                    |
| V <sub>total</sub> (en mL)  | 25,0                   | 25,0                   | 25,0                   | 25,0           | 25,0                   |
| c (en mol.L <sup>-1</sup> ) | 1,0 × 10 <sup>-5</sup> | 8,0 × 10 <sup>-6</sup> | 6,0 × 10 <sup>-6</sup> | .....          | 2,0 × 10 <sup>-6</sup> |

- [illegible]

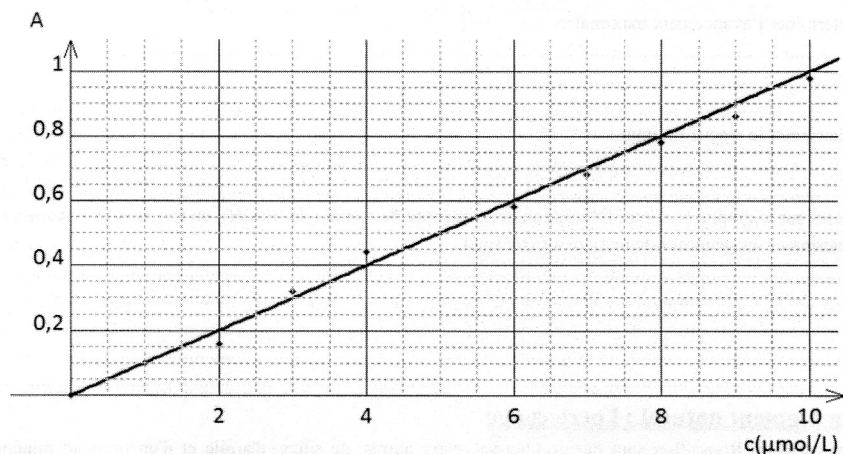
- 

- .....
- .....
- .....
- .....

- 
- Absorbance ou densité optique
- Longueur d'onde (en nm)
- © Serge LAQUIER - SPECIAU

- .....
- .....
- .....

- 
- 
- 
- 
-



- 8) Combien de bonbons Schtroumpf<sup>®</sup> peut manger un élève de 1<sup>ère</sup>S du lycée Zola avant de dépasser la dose journalière admissible (DJA) associée à la couleur de ces bonbons ?

#### Exercice 4 corrigé disponible



Le guarana est une liane originaire de la forêt amazonienne qui grimpe sur les arbres et produit des graines riches en caféine, théobromine, xantine, théophylline, oligo-éléments et vitamines.

Le guarana, utilisé dès l'époque précolombienne, est recommandé pour favoriser la concentration mentale, la mémoire et la vigilance.

Il est commercialisé sous différentes formes : graines, gélules, poudres, infusettes, comprimés, ...

L'Agence européenne pour la sécurité des aliments (EFSA) a publié, le 27 mai 2015, une recommandation de dose journalière au-delà de laquelle la caféine peut présenter un risque pour la santé. Pour les adolescents, la dose journalière de caféine est fixée à 3 mg par kilogramme de masse corporelle.

L'objectif de cet exercice est de déterminer le nombre de gélules de guarana qui pourrait être consommé quotidiennement, sans risque pour la santé.

Pour déterminer la quantité de caféine contenue dans une gélule, on réalise les expériences suivantes :

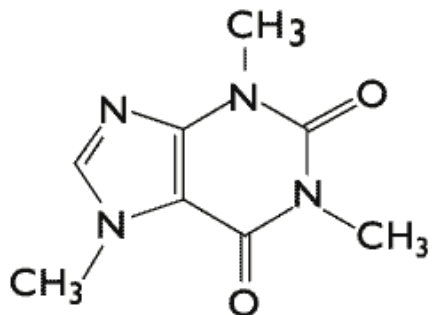
- préparation d'une solution aqueuse  $S_0$  de caféine de concentration molaire  $2,50 \text{ mmol.L}^{-1}$  ;
- préparation de six solutions aqueuses à partir de la solution  $S_0$  ;
- mesure de l'absorbance de chacune des solutions filles après réglage du spectrophotomètre :

| Solution fille                                 | $S_1$                 | $S_2$                 | $S_3$                 | $S_4$                 | $S_5$                 | $S_6$                 |
|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Concentration molaire ( $\text{mmol.L}^{-1}$ ) | $2,50 \times 10^{-2}$ | $5,00 \times 10^{-2}$ | $7,50 \times 10^{-2}$ | $1,00 \times 10^{-1}$ | $1,25 \times 10^{-1}$ | $1,50 \times 10^{-1}$ |
| Absorbance                                     | 0,230                 | 0,452                 | 0,677                 | 0,880                 | 1,112                 | 1,325                 |

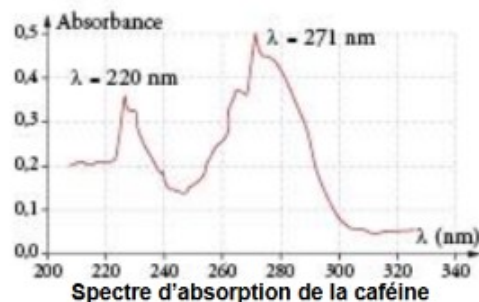
- dissolution d'une gélule de guarana dans 500 mL d'eau distillée. Le spectrophotomètre ne fournissant des mesures exploitables que pour des absorbances inférieures à 2, la solution obtenue, trop concentrée pour les mesures d'absorbance, à la même longueur d'onde, est diluée d'un facteur 10. L'absorbance de la solution diluée notée  $S$  est mesurée :  $A = 0,524$ .

#### Données : masses molaires atomiques

$M(\text{C}) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$ .



Molécule de caféine



1. Quelle est la masse molaire de la caféine ?
2. A quelle longueur d'onde doit-on régler le spectrophotomètre ?
- 3.a. Représenter la courbe d'étalonnage
- 3.b. Quelle est la masse de caféine contenue dans une gélule de caféine ?
- 3.c. Combien un adolescent de 60kg peut-il au maximum ingérer de gélules de caféine chaque jour, sans danger ?

## Exercice 5 corrigé disponible

Un macaron de masse  $m = 15$  g est lyophilisé puis réduit en poudre dans un mortier. Après solvatisation et filtration sur bûchner on obtient 25 mL de filtrat. On considère que ce traitement permet de récupérer dans le filtrat tout le colorant présent dans le macaron

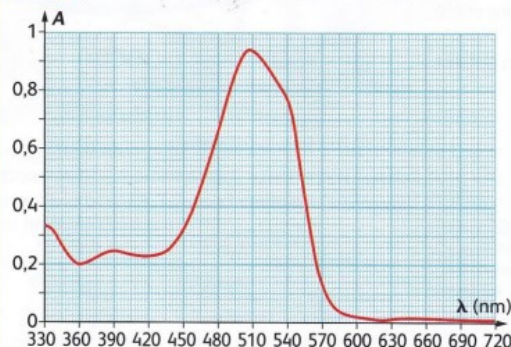
La question est :

Le fabricant respecte-t-il la législation en vigueur ?

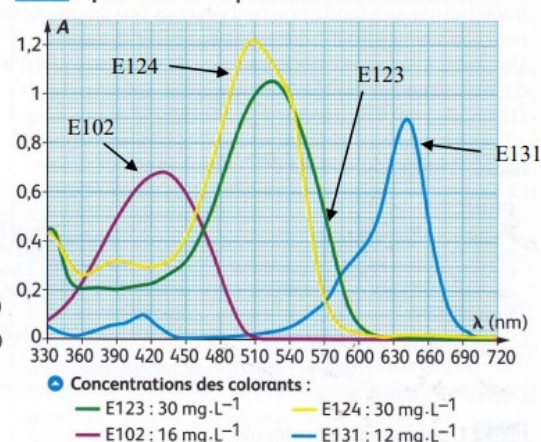
(Il faudra répondre à la question en détaillant votre raisonnement)



Doc. 1 Spectre d'absorption de la solution obtenue



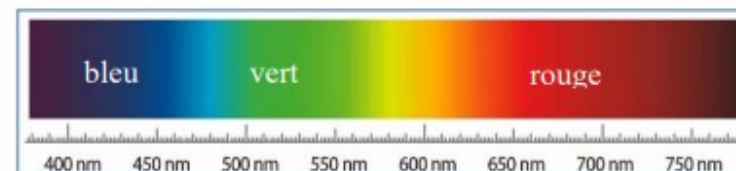
Doc. 2 Spectres d'absorption de différents colorants



Doc. 3 Colorants

| Colorant | Réglementation française | DJA* | Précisions                                                                                                                                      |
|----------|--------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E124     | autorisé                 | 0,7  | mentionner au consommateur « peut avoir des effets indésirables sur l'activité et l'attention des enfants ». 50 mg par kg d'aliment au maximum. |
| E123     | interdit                 |      |                                                                                                                                                 |
| E102     | autorisé                 | 7,5  | mentionner au consommateur « peut avoir des effets indésirables sur l'activité et l'attention des enfants »                                     |
| E131     | * autorisé               | 2,5  | *                                                                                                                                               |

\* Dose journalière autorisée (en mg/kg de masse corporelle)



Longueurs d'onde des radiations visibles

2. Quelle est la couleur du macaron étudié ?

## Exercice 6 corrigé disponible

### Données :

La loi de Beer-Lambert est :  $A = \epsilon_{\lambda} \cdot \ell \cdot C$

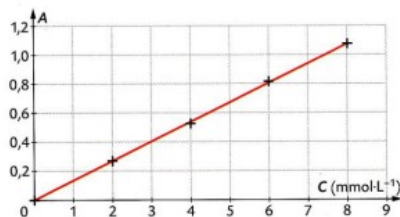
A: absorbance de la solution (sans unité)

$\ell$ : longueur de la solution traversée par la lumière (en cm)

C: concentration de la solution (en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )

$\epsilon_{\lambda}$ : coefficient d'extinction molaire (.....)

$\epsilon_{\lambda}$  dépend de la nature de l'espèce dissoute et de la longueur d'onde de la radiation utilisée



La droite d'étalonnage donnant l'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration d'une solution en espèce colorée est donnée ci-dessus.

1. Ce graphique est-il en accord avec la loi de Beer-Lambert ? Justifier
2. Pour tracer ce graphique, on a réalisé des solutions filles à partir d'une solution mère de concentration  $C = 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Déterminer le volume V de solution mère qu'il a fallu prélever pour préparer 50 mL de chaque solution fille. Compléter le tableau

| $C_{\text{fille}} (\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$ | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 |
|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| V (mL)                                               |     |     |     |     |

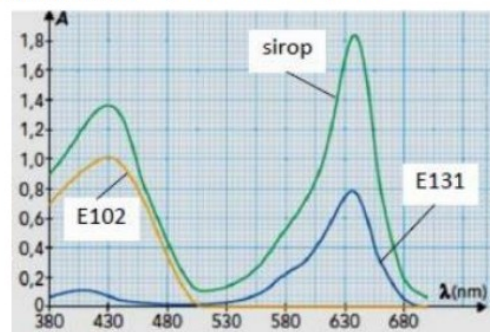
3. Déterminer la valeur du coefficient d'extinction molaire  $\epsilon_{\lambda}$  de l'espèce colorée à la longueur d'onde considérée sachant que la cuve du spectrophotomètre a une largeur  $\ell = 1,0 \text{ cm}$ . Bien préciser l'unité du résultat

## Exercice 7 corrigé disponible

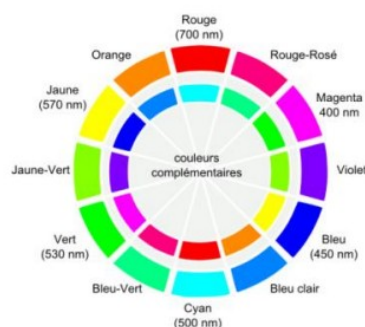
Le bleu patenté V est un additif alimentaire autorisé en France. Son code E131 indique par la lettre E qu'il s'agit d'un colorant, le nombre associé correspond à sa couleur bleue. Sa dose journalière admissible (DJA) est de 2,5 mg par kilogramme de masse corporelle.



### Document 1 : Spectres d'absorption



### Document 2 : Cercle chromatique



### Document 3 : Mesures d'absorbance de solutions de bleu patenté

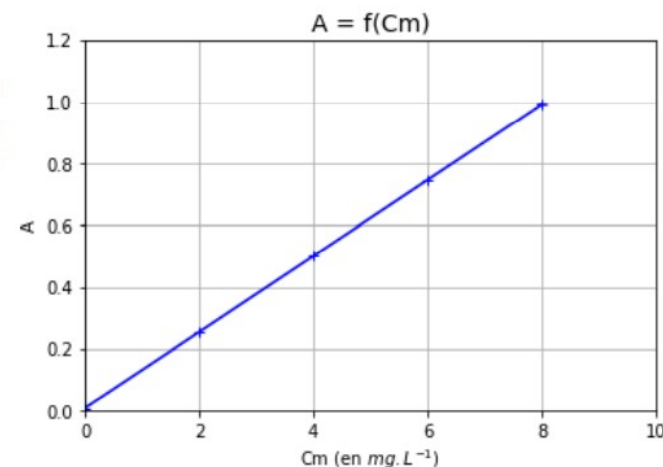
On dispose d'une gamme de solutions étalons de bleu patenté. On mesure leur absorbance à  $\lambda = 635 \text{ nm}$ .

| Solution                                                                   | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | S <sub>4</sub> |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Concentration en masse de bleu patenté ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | 2,0            | 4,0            | 6,0            | 8,0            |
| Absorbance                                                                 | 0,26           | 0,50           | 0,76           | 0,98           |

Pour utiliser la gamme de solutions étalons, on dilue 10 fois le sirop du commerce. On mesure ensuite dans les mêmes conditions l'absorbance du sirop dilué :  $A = 0,74$ .

### Document 4 :

Evolution de l'absorbance des solutions étalons en fonction de leur concentration en masse de bleu patenté



### Question 1

Pour réaliser les mesures d'absorbance des solutions étalons de bleu de patenté, on choisit la longueur d'onde  $\lambda = 635 \text{ nm}$ . Justifier ce choix.

### Question 2

- Justifier que le sirop contient les colorants E102 et E131.
- Justifier qu'à la longueur d'onde  $\lambda = 635 \text{ nm}$  choisie seul le bleu de patenté est dosé dans le sirop.

### Question 3

On dispose d'une solution  $S_0$  de concentration en masse de bleu patenté  $C_{m0} = 10 \text{ mg.L}^{-1}$  et du matériel listé ci-dessous.

Liste de matériel : pipettes jaugées de 5,0 mL et 10,0 mL – bécher de 50 mL - fioles jaugées de 10,0 mL et 50,0 mL – éprouvettes graduées de 10 mL, 50 mL et 250 mL.

Pour réaliser la solution  $S_1$ , il faut diluer 5 fois la solution  $S_0$ .

- Choisir, dans la liste, le matériel permettant de préparer un volume  $V_1 = 50,0 \text{ mL}$  de solution  $S_1$ . Justifier les choix.
- Décrire le protocole expérimental.

### Question 4

- Enoncer la loi de Beer-Lambert, en précisant les unités.
- Cette loi est-elle vérifiée ? Si oui, établir l'équation de la fonction la modélisant.

### Question 5

Déterminer, avec précision, la concentration en masse de bleu patenté du sirop du commerce. Justifier chaque étape du raisonnement.

### Question 6 : Exploiter un spectre d'absorption

- Déterminer la couleur du colorant E102. Justifier.
- En déduire la couleur d'une solution de sirop.

### Question 7 : Décrire un spectre d'absorption

Une lumière blanche traverse une solution de sirop. On observe sur un écran le spectre d'absorption de la solution.

Décrire l'allure du spectre d'absorption d'une solution de sirop.

### Question 8 : Exploiter une dilution

On prépare un volume  $V = 20,0 \text{ mL}$  d'une solution étalon de bleu patenté. Pour cela, on prélève un volume  $V = 15,0 \text{ mL}$  de solution  $S_0$  de concentration en masse de bleu patenté  $C_{m0} = 10 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Calculer la concentration en masse de bleu patenté de la solution étalon ainsi préparée.

### Question 9 : Exploitation du dosage de la partie A

On suppose que ce sirop est la seule source de colorant bleu patenté dans l'alimentation d'un adolescent de 60 kg.

En utilisant la réponse à la question 5 de la partie A, calculer le volume maximal  $V_{\text{max}}$  de sirop qu'il peut boire par jour. Commenter.

### Question 10 : Exploiter un document technique

#### Document : Informations extraites de la notice du colorimètre

|                                                                                       |                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Choix de longueurs d'onde de la lumière incidente                                     | 430 nm (violet) – 470 nm (bleu)<br>565 nm (vert) – 635 nm (rouge). |
| Limites d'absorbance pour obtenir une modélisation correcte de la loi de Beer Lambert | 0,050 – 1,0                                                        |

On mesure l'absorbance de la solution  $S_0$  de concentration en masse de bleu patenté  $C_{m0} = 10 \text{ mg.L}^{-1}$  :  $A_0 = 1,26$ . Donnée : Dans les conditions de l'expérience  $k = 0,123 \text{ L.mg}^{-1}$

- Expliquer pourquoi la solution  $S_0$  ne peut pas figurer dans la gamme de solutions étalons.
- Déterminer les concentrations en masse de bleu patenté extrêmes de la gamme de solutions étalons. Justifier.

### Question 11 : Analyser un script python

On donne un extrait du script python utilisé pour modéliser et tracer le graphique  $A = f(C_m)$ .

```
18 # Modélisation des points expérimentaux
19 droite=sc.linregress(Cm,A)
20 coefficient=droite.slope
21 print("coefficient directeur:",coefficient)
22 oorigine=droite.intercept
23 print("ordonnée à l'origine:",oorigine)
24
25 # Tracé de la droite de modélisation
26 A_modele=coefficient*Cm+oorigine
27 plt.plot(... , 'b+-')
```

- Interpréter les résultats de la modélisation et en déduire l'équation de la droite de modélisation.

```
coefficient directeur: 0.123
ordonnée à l'origine: 0.008000000000000007
```

- Compléter l'instruction de la ligne 27 afin de tracer la droite de modélisation.

**Question 12 : Déterminer une incertitude type :**

On donne les résultats expérimentaux de la concentration en masse de bleu patenté du sirop du commerce obtenus par les élèves d'un lycée dans le tableau ci-dessous.

|                             |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $C_m$ (mg.L <sup>-1</sup> ) | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 70 |
| Effectif                    | 2  | 5  | 9  | 10 | 28 | 11 | 4  | 1  |

Donnée : L'incertitude-type  $u(X)$  sur une grandeur  $X$  est  $u(X) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$  avec  $n$  le nombre de valeurs mesurées.

- Calculer la valeur moyenne  $\overline{C_m}$ , l'écart type  $\sigma_{n-1}$  et l'incertitude type  $u(C_m)$ .
- En déduire un encadrement de la concentration en masse de bleu patenté.