

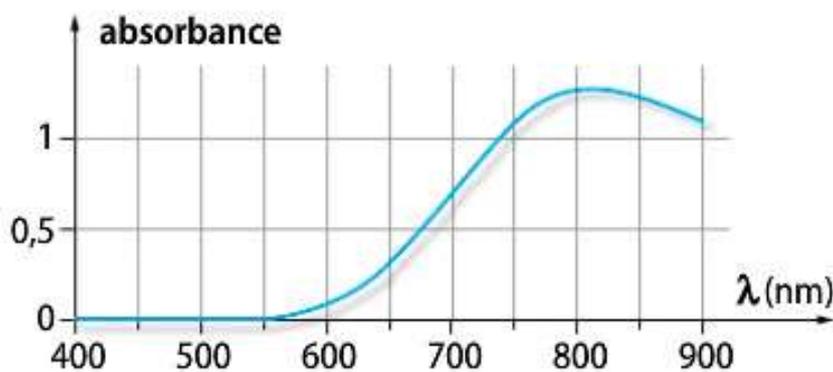
EXERCICES CH3 : COULEURS ET SOLUTION

Exercice 1: Une solution de sulfate de cuivre Niveau 3

1. Le spectre d'absorption d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre est donné ci-contre.

À quelle longueur d'onde λ_{\max} faut-il se placer pour effectuer avec précision les mesures d'absorbance ? Justifier.

2. On prépare 4 solutions aqueuses de sulfate de cuivre dont les concentrations en quantité de matières c en soluté apporté et les valeurs d'absorbance A à λ_{\max} sont données ci-dessous.



Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
c (mol.L ⁻¹)	0,200	0,100	0,050	0,010
A à λ_{\max}	2,42	1,26	0,52	0,13

2.1. Tracer le graphe représentant l'absorbance en fonction de la concentration en quantité de matière.

2.2. La loi de Beer-Lambert est-elle mise en évidence ? Justifier.

2.3. Déterminer la relation numérique entre A et c .

2.4. Le coefficient trouvé sera-t-il supérieur ou inférieur si l'on réalise les mêmes mesures à la longueur d'onde 650 nm ?

2.5. Rappeler les étapes à suivre pour réaliser un dosage par étalonnage d'une solution colorée.

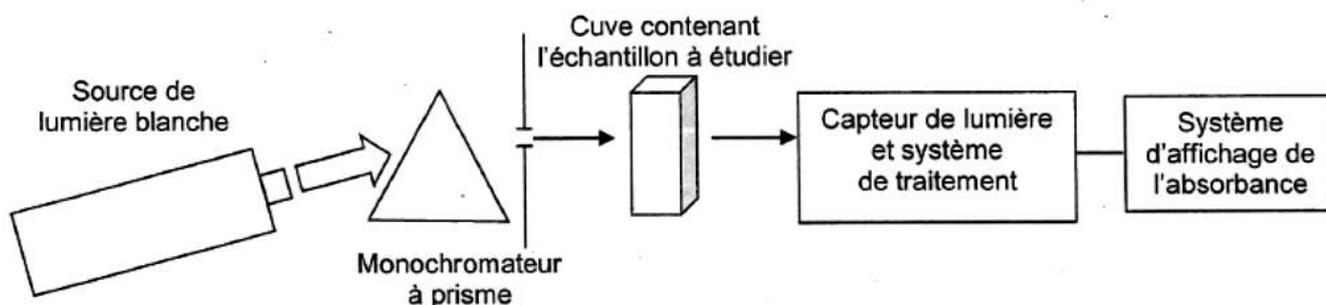
2.6. L'absorbance d'une solution de bouillie bordelaise contenant du sulfate de cuivre vaut 0,84. En déduire la concentration en quantité de matière de cette solution.

Exercice 2: Solution officinale de diiode Niveau 3+

La lumière est un « outil » précieux en chimie analytique. En effet, toute espèce chimique est susceptible d'interagir avec des radiations lumineuses. Par exemple, une espèce colorée X absorbe certaines radiations visibles.

Le principe de la spectrophotométrie repose sur la mesure de l'absorbance A de l'espèce X en solution dans un solvant Y . Cette grandeur A est le résultat de la comparaison de deux intensités lumineuses : celle d'une radiation monochromatique ayant traversé une cuve transparente contenant le solvant Y , et celle de la même radiation émergeant de la même cuve contenant la solution de l'espèce X dans le solvant Y .

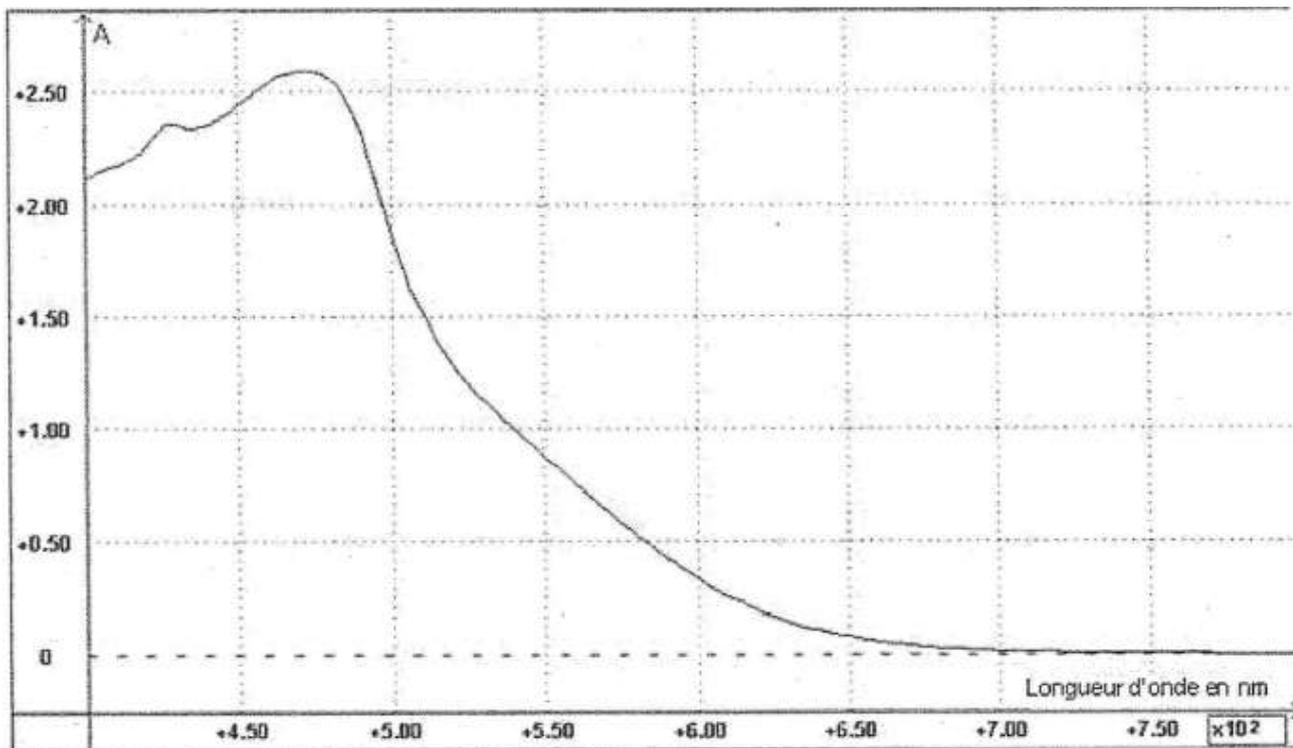
Schéma de principe d'un spectrophotomètre à prisme



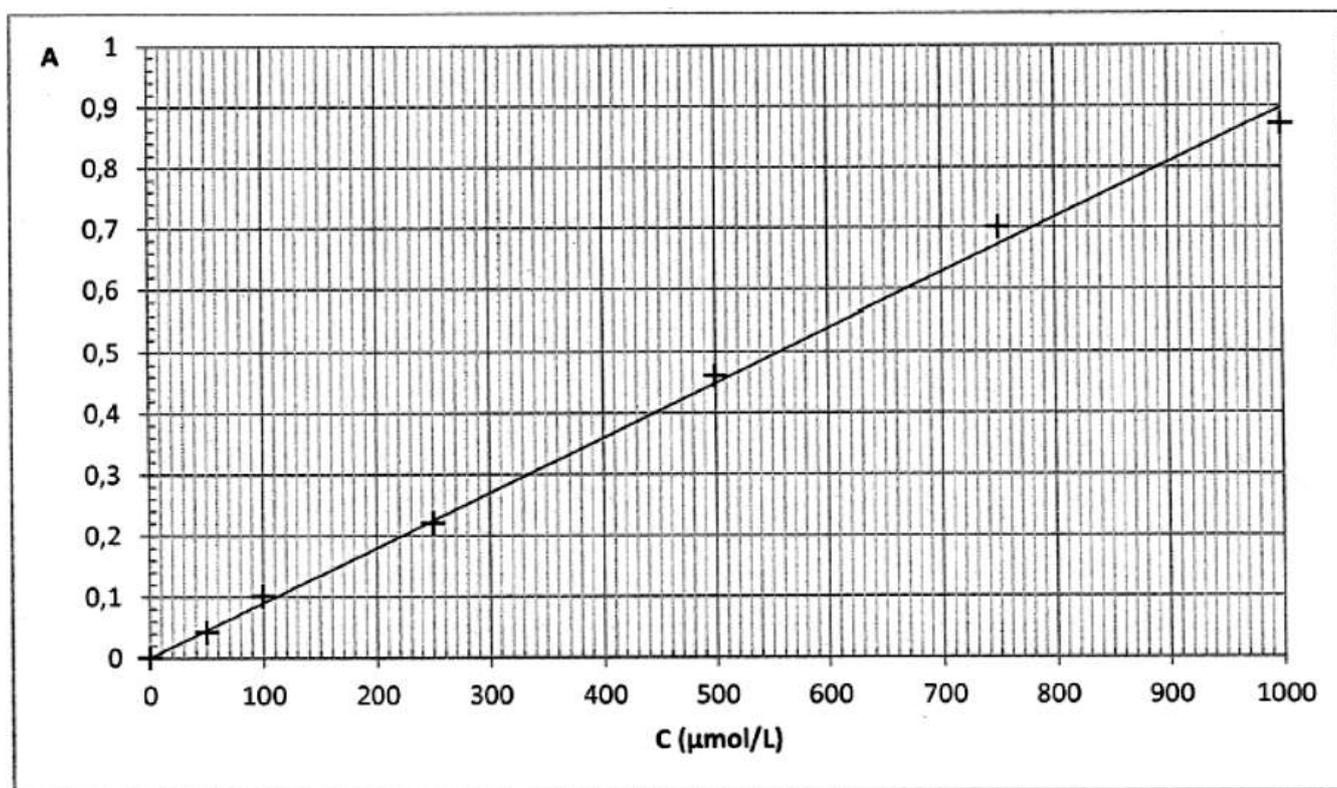
Dosage colorimétrique par étalonnage

On se propose de déterminer la concentration en diiode dans une teinture d'iode officinale. La teinture d'iode officinale est étiquetée à 5,0 % en masse de diiode. On commence par diluer 200 fois la teinture d'iode (trop concentrée pour une étude spectrophotométrique directe). La solution aqueuse obtenue à l'issue de cette dilution est appelée solution S .

Par ailleurs, on dispose d'un ensemble de solutions aqueuses de diiode notées D_i (D_1 , D_2 , etc.) de concentrations connues toutes différentes.



Doc 1. Spectre d'absorption d'une solution aqueuse de diiode de concentration molaire $c = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$



Doc 2. Courbe d'étalonnage issue des différentes solutions Di

Doc 3. Quelques données

Masse molaire atomique de l'iode : 127 g.mol^{-1} , sa masse volumique est $\rho = 9,0 \times 10^2 \text{ g.L}^{-1}$

Doc 4. Écart relatif

Écart relatif r entre une valeur expérimentale G_{exp} et une valeur attendue G_a d'une grandeur quelconque G :

$$r = \frac{|G_{\text{exp}} - G_a|}{G_a} \times 100$$

1. On peut trouver expérimentalement un encadrement de la concentration en diiode de la solution S, sans utiliser un spectrophotomètre.

1.1. Expliquer brièvement la méthode.

1.2. Pourquoi lors de la mise en œuvre de cette méthode, faut-il que les récipients utilisés (tubes à essais ou béchers) soient tous identiques ?

À l'aide d'un spectrophotomètre, on mesure l'absorbance A_i de chaque solution D_i de diiode, puis celle de la solution S.

2. Donner la valeur d'une longueur d'onde qui vous paraît bien appropriée pour ces mesures. Justifier brièvement.

En partant d'une solution mère en diiode de concentration $C_0=1\ 500\ \mu\text{mol.L}^{-1}$, on prépare 50 mL de solution de chaque solution filles. On regroupe les résultats dans le tableau suivant :

Solution fille	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6
Concentration C de la solution en $\mu\text{mol.L}^{-1}$	50	100	250	500	750	1000
Absorbance A de la solution	0,041	0,10	0,22	0,46	0,70	0,87

Absorbance de la solution S est alors de $A = 0,78$.

3. La relation entre l'absorbance A et la concentration C est appelée loi de Beer-Lambert. Elle s'écrit : $A = kxC$ avec k une constante et C la concentration molaire de l'espèce colorée dans la solution. La courbe d'étalonnage obtenue est-elle en accord avec cette loi ? Justifier.

4. Déterminer le volume mère nécessaire à la fabrication de la solution D_2 .

5. Déterminer graphiquement la concentration molaire $C_{S\text{-exp}}$ en diiode de la solution S.

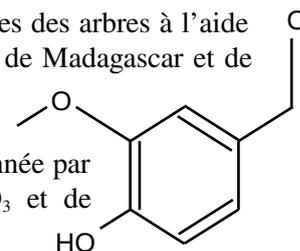
6. Déterminer le pourcentage massique de la solution officinale de diiode.

7. À l'aide de l'écart relatif, conclure quant à la qualité de la solution préparée.

Exercice 3: VANILLE ET VANILLINE Niveau 3+

La gousse de vanille est le fruit d'une orchidée grimpante ; cette plante s'attache aux branches des arbres à l'aide de racines aériennes et peut atteindre 100 m de long. Les gousses de vanille de la Réunion, de Madagascar et de Tahiti sont réputées.

La vanille naturelle développe un parfum complexe formé de plusieurs centaines de composés aromatiques différents. La note dominante de l'arôme de la vanille naturelle est donnée par la molécule de vanilline ou 4-hydroxy-3-méthoxybenzaldéhyde, de formule brute $C_8H_8O_3$ et de formule topologique ci-jointe.



Données :

- Données physico-chimiques

Espèce chimique	Vanilline (HVan)	Alcool vanillique (AVan)
Formule brute	$C_8H_8O_3$	$C_8H_{10}O_3$
Masse molaire moléculaire	$152,0\ \text{g.mol}^{-1}$	$154,0\ \text{g.mol}^{-1}$
Solubilité dans l'eau	Peu soluble sous sa forme acide. Soluble sous sa forme basique.	Peu soluble sous sa forme acide. Soluble sous sa forme basique.

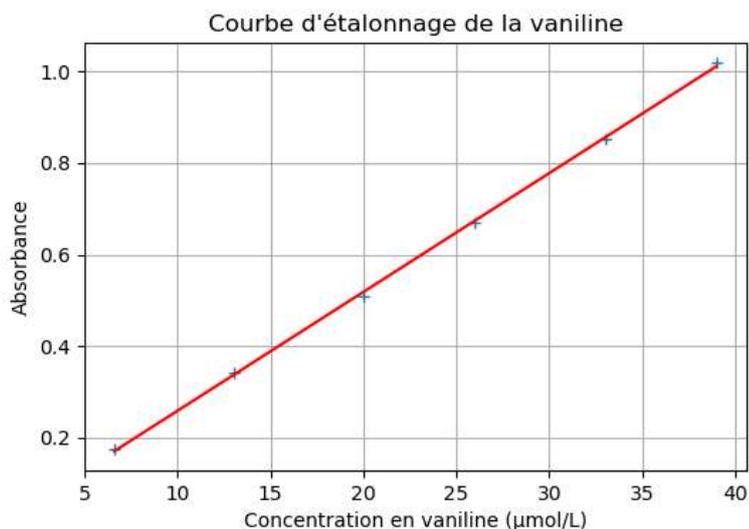
Dosage spectrophotométrique de la vanilline dans un sachet de sucre vanillé

Sur l'étiquette du sachet de sucre vanillé, il est précisé l'information suivante :

« 4% en masse de gousse de vanille ». On souhaite vérifier cette information.

Protocole de préparation de la gamme étalon

- Dans une fiole jaugée de 1,00 L, introduire 100 mg de vanilline pure.
- Dissoudre complètement la vanilline et compléter jusqu'au trait de jauge avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium. On obtient une solution mère notée F_0 .



- Dans une fiole jaugée de 100,0 mL, introduire 1,00 mL de F_0 et compléter jusqu'au trait de jauge avec la solution d'hydroxyde de sodium. On note F_1 la solution fille obtenue.
- Préparer de même des solutions filles F_2 à F_6 en prélevant respectivement des volumes égaux à 2,0 ; 3,0 ; 4,0 ; 5,0 et 6,0 mL de F_0 .
- Mesurer l'absorbance A des six solutions pour une longueur d'onde de 348 nm. À cette longueur d'onde, seule la vanilline absorbe.

Protocole de préparation de l'échantillon de sucre vanillé

- Dans une fiole jaugée de 500 mL, introduire 1,0 g de sucre vanillé.
- Dissoudre complètement le sucre et compléter jusqu'au trait de jauge avec la solution d'hydroxyde de sodium.
- Mesurer l'absorbance de la solution de sucre vanillé pour une longueur d'onde de 348 nm.

Résultats expérimentaux

Solutions filles	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	sucre vanillé
Concentration (en $\mu\text{mol.L}^{-1}$)		13	20	26	33	39	
Absorbance A	0,175	0,342	0,510	0,670	0,851	1,020	0,241

1. Montrer que la concentration de la solution mère F_0 est de $6,6 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$
2. En déduire la concentration de la solution fille F_1 .
3. Montrer à l'aide des résultats expérimentaux que la masse de vanilline présente dans 1,00 g de sucre vanillé est d'environ 0,7 mg.

Toute démarche du candidat, même non aboutie, sera prise en compte.

4. Sachant qu'un gramme de gousse de vanille peut contenir de 5 à 25 mg de vanilline, vérifier si la mention sur l'étiquette est acceptable.

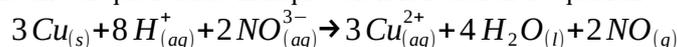
Exercice 4: QUELLE TENEUR EN CUIVRE DANS UNE PIÈCE DE 5 CENTIMES D'EURO ? Niveau 4



La pièce de 5 centimes d'euro est composée d'un centre en acier (constitué essentiellement de fer et de carbone) entouré de cuivre. Elle a un diamètre de 21,25 mm, une épaisseur de 1,67 mm et une masse de 3,93 g.

On cherche par une méthode spectrophotométrique à déterminer la teneur en cuivre d'une telle pièce.

Le cuivre, de masse molaire $63,5 \text{ g.mol}^{-1}$, est un métal qui peut être totalement oxydé en ions cuivre (II) par un oxydant puissant tel que l'acide nitrique selon la réaction d'équation :



Les ions cuivre (II) formés se retrouvent intégralement dissous en solution ; le monoxyde d'azote NO est un gaz peu soluble.

En pratique, on dépose une pièce de 5 centimes dans un erlenmeyer de 100 mL, on place cet erlenmeyer sous la hotte et on met en fonctionnement la ventilation.

Équipé de gants et de lunettes de protection, on verse dans l'erlenmeyer 20 mL d'une solution d'acide nitrique d'une concentration environ égale à 7 mol.L^{-1} .

La pièce est alors assez vite oxydée et on obtient une solution notée S_1 .

On transfère intégralement cette solution S_1 dans une fiole jaugée de 100 mL et on complète cette dernière avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On obtient une solution S_2 qui contient également des ions fer (III) provenant de la réaction entre l'acide nitrique et le fer contenu dans le centre d'acier de la pièce.

L'absorbance de la solution S_2 à 800 nm est mesurée, elle vaut 0,575.

1. Étalonnage.

1.1. Déterminer, en argumentant votre réponse, les couleurs attendues pour une solution d'ions cuivre(II) et pour une solution d'ions fer (III). Pour quelle raison choisit-on de travailler à une longueur d'onde de 800 nm ?

1.2. On fait subir à différents échantillons de métal cuivre pur le même traitement que celui décrit ci-dessus pour la pièce. On obtient alors des solutions d'ions cuivre (II) dont on mesure l'absorbance à 800 nm.

Montrer, en utilisant le document 2 et en complétant l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, que la loi de Beer-Lambert est vérifiée pour ces solutions d'ions cuivre (II).

2. Détermination de la teneur en cuivre dans la pièce.

2.1. Déterminer la masse de cuivre contenue dans la pièce de 5 centimes d'euro.

2.2. En déduire la teneur (ou « pourcentage massique ») en cuivre dans la pièce.

3. Incertitude.

10 groupes d'élèves ont déterminé expérimentalement la masse de cuivre présente dans 10 pièces de 5 centimes de même masse. Leurs résultats sont les suivants :

Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Masse de cuivre (mg)	260	270	265	263	264	265	262	261	269	267

3.1. Déterminer, grâce aux valeurs trouvées par les élèves, l'incertitude élargie (pour un niveau de confiance de 95 %) sur la mesure de la masse de cuivre dans une pièce.

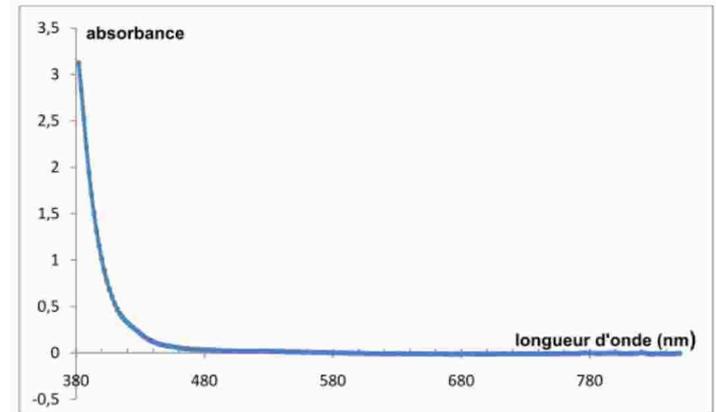
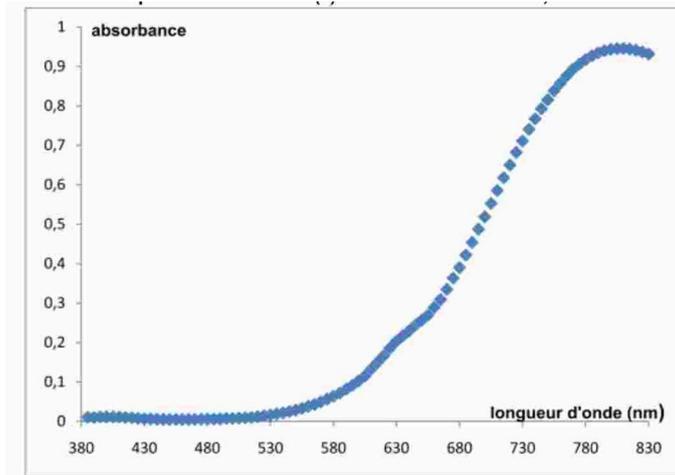
3.2. En déduire l'intervalle dans lequel devrait se situer le résultat du mesurage de la masse de cuivre avec un niveau de confiance de 95 %.

Document 1 : Spectres d'absorption des ions cuivre (II) et fer (III) dans l'eau.

On donne ci-dessous les spectres d'absorption d'une solution d'ions cuivre (II) et d'une solution d'ions fer (III), ainsi qu'un tableau reliant longueur d'onde d'absorption et couleur complémentaire. Le « blanc » a été fait avec de l'eau pure.

Solution aqueuse d'ions cuivre (II) Cu^{2+} de concentration $7,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

Solution aqueuse d'ions fer (III) Fe^{3+} de concentration $5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$



couleur absorbée	violet	bleu	vert	jaune	orange	Rouge
longueur d'onde d'absorption (nm)	400-424	424-491	491-575	575-585	585-647	647-850
couleur complémentaire	jaune-vert	jaune	pourpre	bleu	vert-bleu	bleu-vert

Document 2 : Courbe d'étalonnage.

Tableau donnant l'absorbance A à 800 nm de solutions aqueuses contenant des ions cuivre (II), obtenues à partir de divers échantillons de métal cuivre pur :

Concentration (mmol.L^{-1})	0	3,95	7,97	16,3	32,5	47,4
Absorbance	0	0,055	0,121	0,231	0,452	0,649

Document 3 : Incertitude sur un mesurage.

On rappelle les différentes formules intervenant dans la détermination de l'incertitude sur le résultat du mesurage d'un ensemble de n valeurs $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$:

$$\text{Écart-type} : \sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{Incertitude-type sur la moyenne} : u(\bar{x}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Incertitude élargie sur la moyenne} : U(\bar{x}) = k \cdot u(\bar{x}),$$

avec : $k = 1$ pour un niveau de confiance de 68 % ;
 $k = 2$ pour un niveau de confiance de 95 % ;
 $k = 3$ pour un niveau de confiance de 98 % ;

Exercice 5: ÉTUDE

Exercice 6: LA SPIRULINE

La spiruline est un produit à base de cyanobactéries généralement séchées et broyées. Ce produit est vendu en tant que complément alimentaire supposé améliorer le tonus et la vitalité. La spiruline est très riche en phycocyanine, un pigment bleu, également utilisé comme colorant alimentaire naturel. Une entreprise commercialisant de la spiruline déshydratée utilise la teneur en phycocyanine comme critère de qualité pour sa production. Pour une qualité optimale du produit fabriqué, la teneur en phycocyanine doit être comprise entre 10 et 15 grammes pour 100 grammes de spiruline déshydratée.



Dans la partie 1, on s'intéresse à la validité d'une méthode de dosage par spectrophotométrie ; dans la partie 2, on utilise cette méthode pour déterminer la qualité de la spiruline.

Partie 1 . Validité d'une méthode de dosage

On met en œuvre une méthode de dosage de la phycocyanine par spectrométrie suivant le protocole ci-après :

- On dispose d'une solution mère de phycocyanine, notée S_0 , de concentration en masse $C_0 = 25,0 \text{ mg.L}^{-1}$.
- Préparer une gamme de cinq solutions notées S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 , par dilution à partir de la solution mère.
- Mesurer l'absorbance A de chacune des cinq solutions à une longueur d'onde fixée.
- Tracer le graphique présentant l'absorbance en fonction de la concentration.
- Mesurer l'absorbance de la solution aqueuse étudiée et en déduire sa concentration par lecture graphique.

Données

- On considère que, dans les solutions étudiées, seule la phycocyanine absorbe la lumière dans la gamme de longueurs d'onde considérée.
- Le spectre d'absorption d'une solution aqueuse de phycocyanine est donné ci-contre (Figure 1).

1.1 Décrire un protocole de dilution permettant d'obtenir 100 mL de la solution S_2 de concentration $C_2 = 5,00 \text{ mg.L}^{-1}$ à partir de la solution S_0 .

1.2 Indiquer une valeur de la longueur d'onde adaptée pour mesurer l'absorbance de la solution à l'aide du spectrophotomètre.

Pour valider la méthode de dosage mise en œuvre, on dispose d'une solution aqueuse étalon de phycocyanine, notée S_E , de concentration en masse connue $C_E = 15,0 \text{ mg.L}^{-1}$. On cherche donc à savoir dans un premier temps si cette méthode permet de retrouver cette valeur.

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus.

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_E
Concentration en phycocyanine en mg.L^{-1}	2,00	5,00	8,00	10,0	20,0	
Absorbance A	0,050	0,20	0,30	0,37	0,72	0,54

Le nuage de points de l'absorbance pour différentes concentrations en masse de phycocyanine des solutions est donné ci-dessous (figure 2).

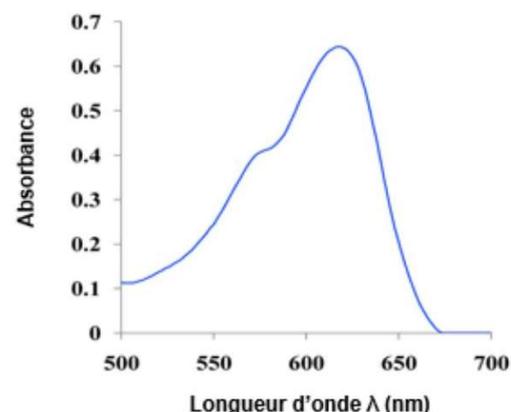


Figure 1 : spectre d'absorption de la phycocyanine

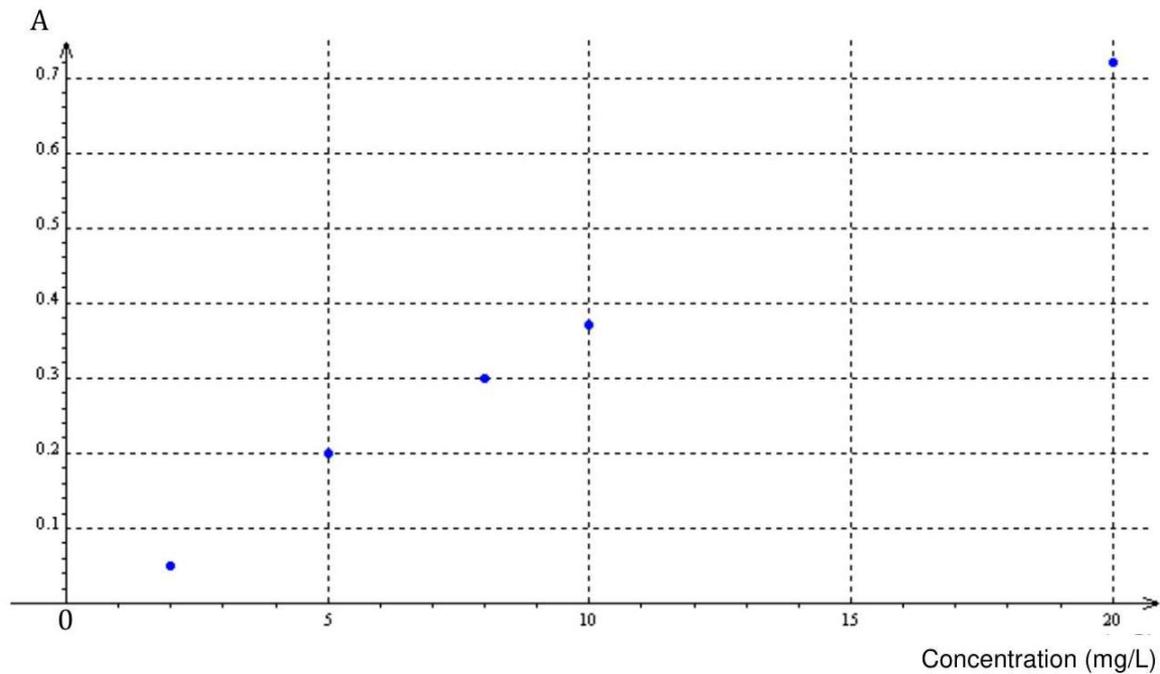


Figure 2 : absorbance en fonction de la concentration en phycocyanine

1.3 Rappeler la loi de Beer-Lambert. Discuter l'accord des mesures obtenues avec cette loi.

1.4 En précisant la méthode utilisée, déterminer la concentration en masse C_E de la solution S_E .

Le même mode opératoire est répété 10 fois. Les résultats obtenus sont réunis ci-dessous.

C_E (en mg.L^{-1})	14,2	14,7	15,2	15,9	14,7	14,1	14,9	14,4	15,1	14,6
--------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

L'incertitude-type $u(X)$ d'une grandeur X associée à la moyenne de N mesures est donnée par : $u(X) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$

1.5 Calculer la valeur moyenne C_E et la valeur de l'écart type de cette série de mesures σ .

1.6 Calculer l'incertitude-type $u(C_E)$ liées à cette série de mesures. Écrire le résultat de cette mesure avec son incertitude-type en conservant trois chiffres significatifs sur la valeur de C_E .

1.7 Conclure quant à la validité de la méthode de dosage.

Partie 2 . Contrôle de la qualité de la spiruline

On utilise cette méthode de dosage pour vérifier la teneur en phycocyanine de la spiruline déshydratée fabriquée par l'entreprise.

La solution de spiruline à doser, notée S , est réalisée en dissolvant 5,0 mg de spiruline déshydratée dans 50,0 mL d'eau déminéralisée. L'absorbance de cette solution, mesurée dans les mêmes conditions expérimentales que précédemment, est $A_s = 0,44$.

2.1 Déterminer la concentration en masse en phycocyanine de la solution de spiruline S .

2.2 Calculer la teneur en phycocyanine, exprimée en g pour 100 g, de spiruline déshydratée. Conclure sur la qualité de la spiruline déshydratée.

Correction exo

Exercice 1: une solution de sulfate de cuivre

1. On choisit la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorbance. Soit pour $\lambda=800$ nm

2.

2.1. courbe ci-jointe

2.2. La loi de Beer-Lambert est vérifiée, car on obtient une fonction affine passant par l'origine.

2.3. calcul du coefficient directeur k

choisir 2 points : A(0 ; 0) et B(0,2 mol/L ; 2,4)

$$k = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{2,4 - 0}{0,2 - 0} = 12 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Il aurait été inférieur car par le graph de l'exo l'absorbance est plus faible pour les autres longueurs d'onde

2.4. Méthode pour le dosage par étalonnage :

- préparer des solutions filles par dilution d'une solution mère et calculer leur concentration (abscisse)
- mesurer l'absorbance de chaque solution fille préparée. (ordonnée)
- construire le graphique $A=f(C)$
- reporter la valeur de l'absorbance et trouver la concentration

2.5. par lecture graphique, $c=0,07$ mol/L

Exercice 2: Solution officinale de diiode

1. $n_0 = \frac{m_0}{M_0} = \frac{100 \times 10^{-3}}{152} = 6,57 \times 10^{-4} \text{ mol}$

$$C_0 = \frac{n_0}{V_0} = \frac{6,57 \times 10^{-4}}{1} = 6,57 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2. deux méthodes possibles

méthode 1 :

F ₁	F ₂
C ₁ =??	13
0,175	0,342

$$C_1 = \frac{13 \times 0,175}{0,342} = 6,6 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

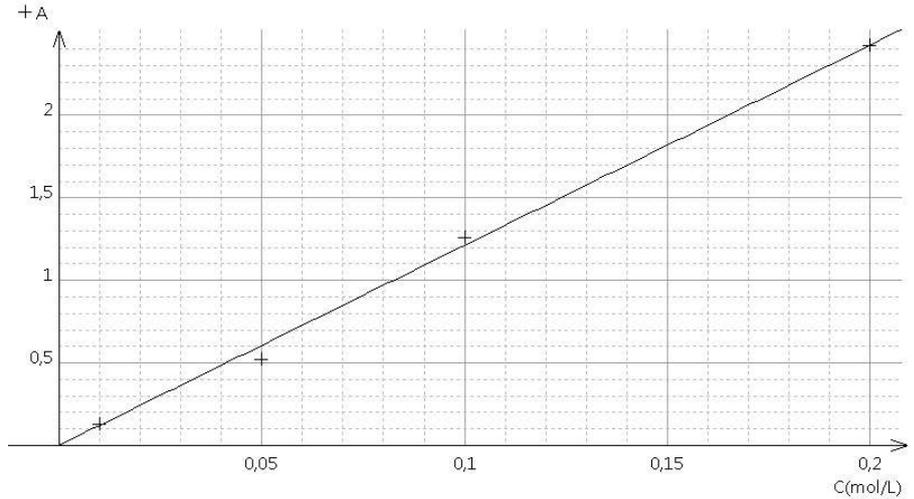
méthode 2 : la dilution

$$C_{\text{mère}} V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} V_{\text{fille}} \rightarrow C_{\text{fille}} = \frac{C_{\text{mère}} \cdot V_{\text{mère}}}{V_{\text{fille}}}$$

$$C_{\text{fille}} = \frac{6,6 \times 10^{-4} \times 1 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 6,6 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = \frac{6,6 \times 10^{-6} \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 6,6 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3. Par lecture sur le graphique de l'absorbance, on trouve $C=9 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$C = \frac{n}{V} \rightarrow n = C \cdot V = 9,0 \times 10^{-6} \times 500 \times 10^{-3} = 4,5 \times 10^{-6} \text{ mol} = 4,5 \mu\text{mol}$$



$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \times M = 4,5 \times 10^{-6} \times 152 = 6,8 \times 10^{-4} \text{ g} = \frac{6,8 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 0,68 \text{ mg}$$

4. Le but est de vérifier si la masse de 0,7 mg correspond à 4 % de vanilline connue dans une gousse. Heureusement pour nous la gousse et le sachet ont la même masse.

$$\text{Calculons le pourcentage massique } w \quad w = \frac{m}{m_{\text{totale}}} \times 100$$

$$\text{donc pour une masse de 25 mg de vanilline est de } w = \frac{m}{m_{\text{totale}}} \times 100 = \frac{0,7 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-3}} \times 100 = 2,8 \%$$

$$\text{pour une masse de 5 mg de vanilline est de } w = \frac{m}{m_{\text{totale}}} \times 100 = \frac{0,7 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-3}} \times 100 = 14 \%$$

Le sachet contiendra un pourcentage massique compris entre 2,8 % et 14 %. Les 4 % sont bien situés dans l'intervalle, la mention est légale.

Exercice 3: VANILLE ET VANILLINE

Correction réalisée en classe

Exercice 4: QUELLE TENEUR EN CUIVRE DANS UNE PIÈCE DE 5 CENTIMES D'EURO ?

1. Étalonnage.

1.1. La couleur perçue pour la solution de sulfate de cuivre est l'opposé de celle absorbée ici donc le rouge. Elle donc perçue bleue.

1.2. La solution de fer (II) a une couleur absorbée dans le rouge, la couleur perçue est donc verte.

On se place à une longueur d'onde de $\lambda = 800 \text{ nm}$, car les ions Fer (II) n'absorbent pas et ne perturbe pas l'absorbance des ions cuivre (II)

La loi de Beer-Lambert est vérifiée, car on obtient une courbe qui est une droite passant par l'origine.

2. Détermination de la teneur en cuivre dans la pièce

2.1. On construit le graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration. En reportant sur le graphique la valeur de l'absorbance $A = 0,575$, on trouve une concentration de $c = 42 \text{ mmol.L}^{-1}$.

Dilution :

$$C_{\text{mère}} V_{\text{mère}} = C_{\text{filie}} V_{\text{filie}} \rightarrow C_{\text{mère}} = \frac{C_{\text{filie}} \cdot V_{\text{filie}}}{V_{\text{mère}}}$$

$$C_{\text{filie}} = \frac{42 \times 100 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}} = 210 \text{ mmol.L}^{-1}$$

$$C = \frac{n}{V} \rightarrow n = C \cdot V = 210 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3} = 4,2 \times 10^{-3} \text{ mol} = 4,2 \text{ mmol}$$

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \times M = 4,2 \times 10^{-3} \times 63,5 = 0,267 \text{ g} = \frac{0,267}{10^{-3}} = 267 \text{ mg}$$

2.2. La teneur correspond au pourcentage massique w , calculé par

$$w = \frac{m}{m_{\text{totale}}} \times 100 = \frac{267 \times 10^{-3}}{3,93} \times 100 = 6,8 \%$$

3. Incertitude.

3.1. A l'aide du mode statistique de la calculatrice, on trouve une moyenne de $\bar{m} = 265 \text{ mg}$ et un écart échantillon de $\sigma_{n-1} = 3,1$

$$U(m) = \frac{k \times \sigma_{n-1}}{\sqrt{N}} = \frac{2 \times 3,1}{\sqrt{10}} = 1, \approx 962 \text{ mg}$$

$$\bar{m} - U(m) < m < \bar{m} + U(m)$$

3.2. $265 - 2 < U(m) < 267 + 2$

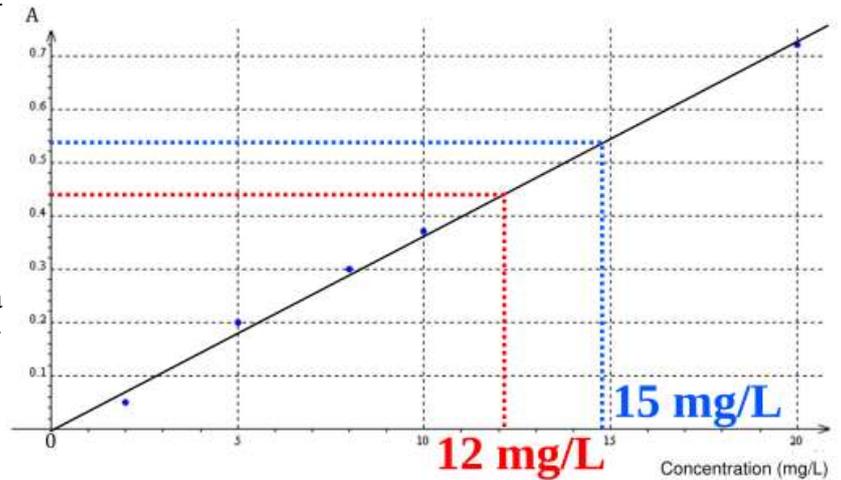
$$263 \text{ mg} < U(m) < 267 \text{ mg}$$

Exercice 5: ÉTUDE DE COLORANTS DANS UNE BOISSON

Exercice 6: LA SPIRULINE

Partie 1 . Validité d'une méthode de dosage

- 1.1 Placer un peu de solution mère dans un bécher. A l'aide d'une pipette, prélever le volume mère. Verser ce volume dans une fiole, compléter au trait de jauge et agiter.
- 1.2 On choisit $\lambda=630 \text{ nm}$, car c'est la longueur d'onde où l'absorbance est maximale.
- 1.3 La loi de Beer-Lambert est vérifiée, car la courbe correspond à une droite passant par l'origine.
- 1.4 Par mesure graphique en faisant le report de $A=0,54$, on trouve $C_E=15 \text{ mg.L}^{-1}$.



1.5

rad		STATISTICS	
Data	Graph		
Value V1	Frequency N1		
15.9	1		
14.7	1		
14.1	1		
14.9	1		
14.4	1		
15.1	1		
14.6	1		
Moyenne \bar{x}		14.78	
Ecart type σ		0.5035871	
Variance σ^2		0.2536	
Premier quartile Q1		14.4	
Troisième quartile Q3		15.1	
Médiane Med		14.7	
Ecart interquartile EI		0.7	
Somme Σx		147.8	
		Somme des carrés Σx^2	2187.02
		Ecart type échantillon s	0.5308274
		Variance échantillon s2	0.2817778
		Mode Mod	14.7
		Effectif du mode Nm	2

Donc $C_E=14,8 \text{ mg.L}^{-1}$ et $\sigma=0,53$

$$1.6 \quad u(C_E) = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{0,53}{\sqrt{10}} = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$C_E - U(C_E) < C_A < C_E + U(C_E)$$

1.7 $14,8 - 0,2 < C_A < 14,8 + 0,2$ on est en accord avec solution préparée à 15 mg.L^{-1} .

$$14,6 \text{ mg.L}^{-1} < C_A < 15 \text{ mg.L}^{-1}$$

Partie 2 . Contrôle de la qualité de la spiruline

2.1 en utilisant la courbe, on trouve une concentration $C_S=12 \text{ mg.L}^{-1}$.

$$2.2 \quad C_m = \frac{m}{V} \rightarrow m = C_m \times V = 12 \times 50 \times 10^{-3} = 0,6 \text{ mg}$$

$$0,6 \text{ mg} = 0,6 \times 10^{-3} \text{ phycocyanine} \rightarrow 5,0 \text{ mg} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$m_{\text{phycocyanine}} \rightarrow 100 \text{ g}$$

$$m_{\text{phycocyanine}} = \frac{100 \times 0,6 \times 10^{-3}}{5,0 \times 10^{-3}} = 12 \text{ g}$$

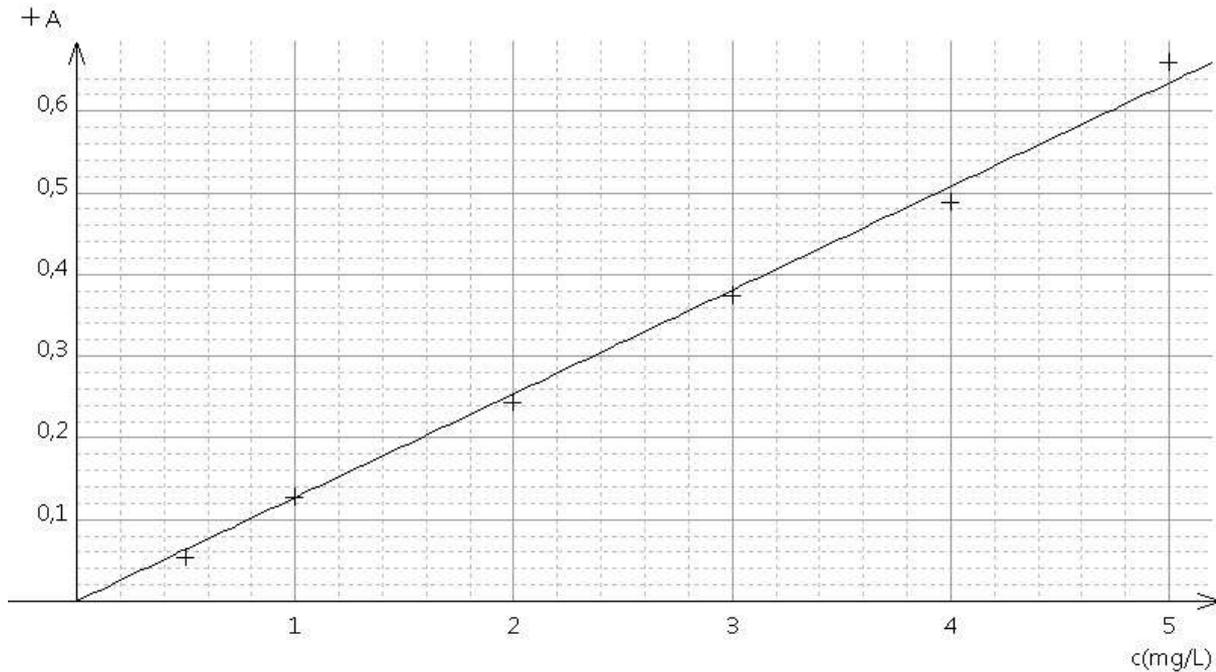
On se retrouve dans la teneur indiquée par le fabricant.

modification vaniline

$F_0 : m=30\text{mg } C_0=200\mu\text{mol/L}$

$C=[0, 2.3, 4.6, 6.9, 9.2, 11.5, 13.8]$
 $A=[0, 0.03, 0.12, 0.20, 0.21, 0.31, 0.34]$

1. On choisit la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorbance. Soit pour $\lambda=660$ nm



2.

3. a) par lecture graphique on obtient $c=2,2$ mg.L⁻¹

b) la solution commerciale est 100 fois plus concentrée de par l'énoncé de la question donc

c) $C_{\text{com}}=220$ mg.L⁻¹

programme de l'exercice 9

voici le programme python permettant la construction de la courbe d'étalonnage de l'exercice 9

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
c=[6.6,13,20,26,33,39]
A=[0.172,0.342,0.510,0.670,0.851,1.020]
coeff=np.polyfit(c,A,1) # calcul du coefficient directeur et de l'ordonnée à l'origine de la droite passant au plus près des points.
f=np.poly1d(coeff) # fonction permettant le tracé de la courbe de tendance
plt.plot(c,A,'+')
plt.xlabel("Concentration en vaniline (µmol/L)")
plt.ylabel("Absorbance")
plt.title("Courbe d'étalonnage de la vaniline")
plt.grid()
plt.plot(c,f(c),'r') # tracé de la courbe rouge
plt.savefig('vaniline.png',dpi=100)
plt.show()
```

Exercices supplémentaires

Exercice 1. sucre dissous

$$1. M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)=M(\text{fruc})=6M_{\text{C}}+12M_{\text{H}}+6M_{\text{O}}= 180 \text{ g.mol}^{-1} \quad n(\text{fruc})=\frac{m}{M(\text{fruc})}=0,134 \text{ mol}$$

$$2. C=\frac{n(\text{fruc})}{V}=0,28 \text{ mol.L}^{-1}$$

Exercice 2. Encore du sucre

$$1^\circ) C=\frac{n}{V_1} \rightarrow n=C.V_1=0,375 \text{ mol}$$

$$2^\circ) C=\frac{n}{V_2} \rightarrow V_2=\frac{n}{C}=0,12 \text{ L}$$

Exercice 3. ça gratte !

$$1^\circ) M(\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_2\text{N})=M(\text{gly})=2M_{\text{C}}+5M_{\text{H}}+2M_{\text{O}}+M_{\text{N}}= 75 \text{ g.mol}^{-1} \quad n(\text{gly})=\frac{m}{M(\text{gly})}=0,0192 \text{ mol}$$

$$2^\circ) C=\frac{n(\text{gly})}{V}=0,192 \text{ mol.L}^{-1}$$

Construire une courbe avec python

```
#import des modules, bibliothèques qui vont bien
# matplotlib permet le tracer
# numpy manipule les données, tableau de valeurs
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
import numpy as np
```

```
# liste contenant les abscisses et les ordonnées
```

```
x=[0,1,2,3,4,5,6,7,8,9]
```

```
y=[0,2,4,6,8,10,12,14,16,18]
```

```
# construis la courbe
```

```
plt.plot(x,y,'r')
```

```
# ajout une grille
```

```
plt.grid()
```

```
# ajout d'un titre
```

```
plt.title("Évolution de y en fonction de x")
```

```
# ajout des noms sur les axes
```

```
plt.xlabel("abscisse en unité")
```

```
plt.ylabel("ordonnée en unité")
```

```
# affiche la courbe
```

```
plt.show()
```

```
# équation de la fonction affine du type y=m.x+p
```

```
m,p=np.polyfit(x,y,1)
```

```
print ("le coeeficient directeur est ",m)
```

```
print ("l'ordonnées à l'origine est ",p)
```

```
# tracer la courbe précédente sur le graphique. Cette courbe porte le nom de courbe de tendance, on la note f(x)
```

```
plt.plot(x,y,'r')
```

```
# création de la fonction f(x)=m.x+p
```

```
f=np.poly1d([m,p])
```

```
plt.plot(x,f(x),'b')
```

```
# ajout une grille
```

```
plt.grid()
```

```
# ajout d'un titre
```

```
plt.title("Évolution de y en fonction de x")
```

```
# ajout des noms sur les axes
```

```
plt.xlabel("abscisse en unité")
```

```
plt.ylabel("ordonnée en unité")
```

```
# affiche la courbe
```

```
plt.show()
```