

# Activité expérimentale

## Réalisation d'un spectrophotomètre avec un microcontrôleur

Le but de ce projet est de réaliser l'ensemble des étapes qui permettent d'arriver à la résolution d'un problème, ici, la concentration en bleu de patenté de l'Alodont (bain de bouche). L'élève doit tout d'abord réaliser sa propre échelle de teinte à partir d'une solution de bleu de patenté (dilution) puis réaliser l'instrument qui va lui permettre de réaliser ses mesures ainsi qu'une partie du code et enfin, grâce à la courbe obtenue, l'élève doit déterminer la concentration de la solution inconnue. Contrairement à l'utilisation d'un instrument de mesure acheté en commerce, l'instrument réalisé est accessible et rien n'est caché (ni le code, ni le dispositif). L'intérêt ici n'est pas la précision, c'est bien de comprendre ce qui se passe.

**NIVEAU, THEME :** Première spécialité PC, Constitution et transformations de la matière.

**TYPE D'ACTIVITE :** Projet expérimental.

### **COMPETENCES :**

- S'approprier :
  - o Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée,
  - o Représenter la situation par un schéma.
- Analyser :
  - o Choisir, élaborer, justifier un protocole,
  - o Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.
- Réaliser :
  - o Mettre en œuvre un protocole expérimentale en respectant les règles de sécurité,
  - o Mettre en œuvre les étapes d'une démarche,
  - o Utiliser un modèle
- Valider :
  - o Confronter un modèle à des résultats expérimentaux,
  - o Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance,
  - o Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.
- Communiquer :
  - o Utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés

### **CRCN – COMPETENCES NUM. :**

- o Domaine 1 : Information et données :
  - 1.2 Gérer des données
  - 1.3 Traiter des données
- o Domaine 3 : Création de contenus
  - 3.4 Programmer
- o Domaine 5 : Environnement numérique
  - 5.1 Résoudre des problèmes techniques

## **NOTIONS ET CONTENUS DU PROGRAMME :**

### **Constitution et transformations de la matière :**

#### **Notions abordées en seconde**

Quantité de matière (mol), définition de la mole, solution, soluté, concentration en masse, dosage par étalonnage, modélisation d'une transformation par une réaction chimique, équation de réaction, notion de réactif limitant.

<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <b>Activités expérimentales support de la formation</b>
<b>A) Détermination de la composition du système initial à l'aide de grandeurs physiques</b>	
Relation entre masse molaire d'une espèce, masse des entités et constante d'Avogadro. Masse molaire atomique d'un élément. Volume molaire d'un gaz.	Déterminer la masse molaire d'une espèce à partir des masses molaires atomiques des éléments qui la composent. Déterminer la quantité de matière contenue dans un échantillon de corps pur à partir de sa masse et du tableau périodique. Utiliser le volume molaire d'un gaz pour déterminer une quantité de matière. Déterminer la quantité de matière de chaque espèce dans un mélange (liquide ou solide) à partir de sa composition.
Concentration en quantité de matière.	Déterminer la quantité de matière d'un soluté à partir de sa concentration en masse ou en quantité de matière et du volume de solution.
Absorbance, spectre d'absorption, couleur d'une espèce en solution, loi de Beer-Lambert.	Expliquer ou prévoir la couleur d'une espèce en solution à partir de son spectre UV-visible. Déterminer la concentration d'un soluté à partir de données expérimentales relatives à l'absorbance de solutions de concentrations connues. <i>Proposer et mettre en œuvre un protocole pour réaliser une gamme étalon et déterminer la concentration d'une espèce colorée en solution par des mesures d'absorbance. Tester les limites d'utilisation du protocole.</i>

### **DECOUPAGE TEMPOREL DE LA SEQUENCE :**

- Séance de TP (2h) :
  - o Rappel sur les notions de soluté, solvant et solution, le dosage par étalonnage, la dilution et la couleur des objets.
  - o Réalisation des parties I et II de l'activité (1h/partie).
- Séance de cours (1h) :
  - o Rappel sur la couleur des objets.
  - o Réalisation des parties III et IV.
- Séance de TP (2h) :
  - o Rappel sur le dosage par étalonnage.
  - o Réalisation de la partie V de l'activité.

### **PRE-REQUIS :**

- **Constitution et transformations de la matière 2<sup>nde</sup>**
  - o Soluté, solvant, solution
  - o Dilution
  - o Dosage par étalonnage
- **Constitution et transformations de la matière 1<sup>ere</sup> spé PC**
  - o Concentration molaire
- **Ondes et signaux 2<sup>nde</sup> :**
  - o Utilisation d'un microcontrôleur et d'un ou plusieurs capteurs.
- **Ondes et signaux 1<sup>ere</sup> :**
  - o Couleurs des objets.

### **OUTILS NUMERIQUES UTILISES/MATERIEL :**

- Microcontrôleur de type Arduino™ + Photodiode visible (celle utilisé ici : BPV10)
- Tableur-grapheur (regressi par exemple, excel, open office),

### **GESTION DU GROUPE – DUREE ESTIMEE :**

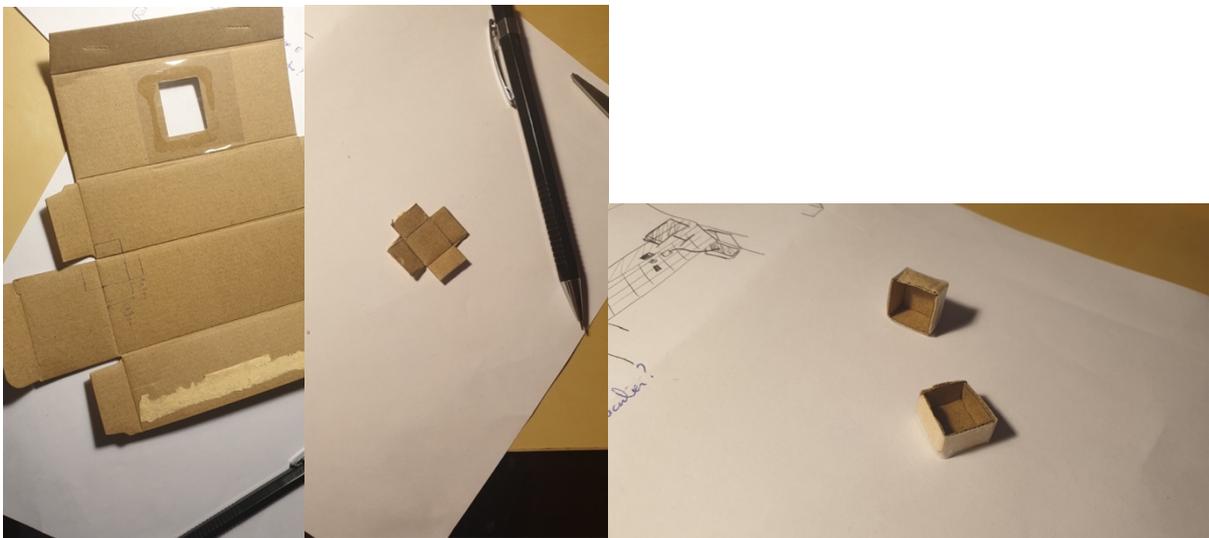
- 1h de cours en classe entière (groupe de 3 ou 4),
- 2 x 2h de TP en demi-groupe (binôme).

**ÉVALUATION :** formative (grille de compétence) ou sommative (grille de compétence avec correspondance pour une note /20) sur la compétence « réaliser ».

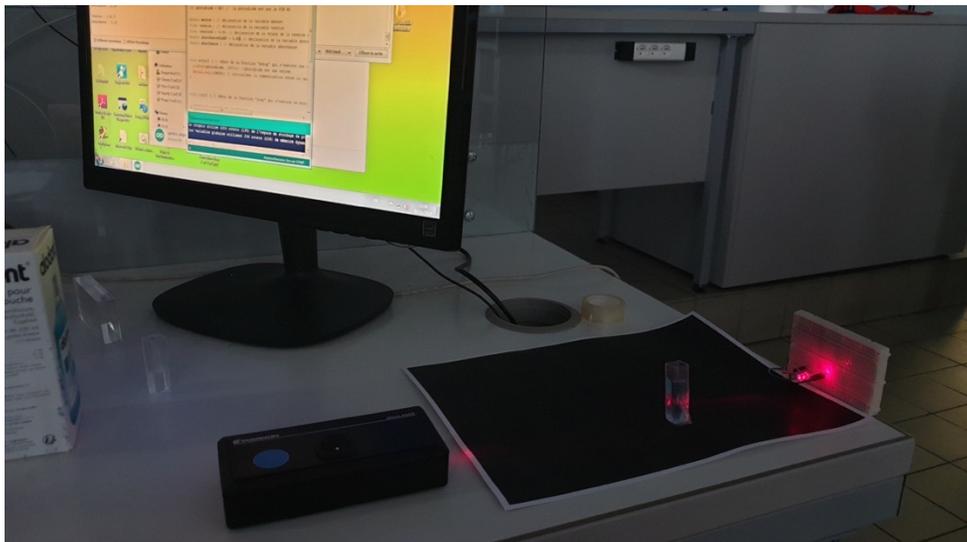
### **RETOUR D'EXPERIENCE :**

- Dispositif : Il faut absolument que le dispositif soit stable (même distance et inclinaison des différents éléments). Pour cela, je propose deux solutions :
  - o Disposer les différents éléments en scotchant un porte cuve réalisé en carton avec du scotch double face sur une surface noir (dans mon cas : une simple feuille de papier imprimer en noir et scotché à la table). Pour que le dispositif ne soit pas soumis aux variations lumineuses, on peut utiliser une boîte en carton que l'on dispose au-dessus à chaque mesure (en veillant à ne pas toucher le dispositif) ou tout simplement éteindre les lumières (en faisant attention à tourner l'écran d'ordinateur !).

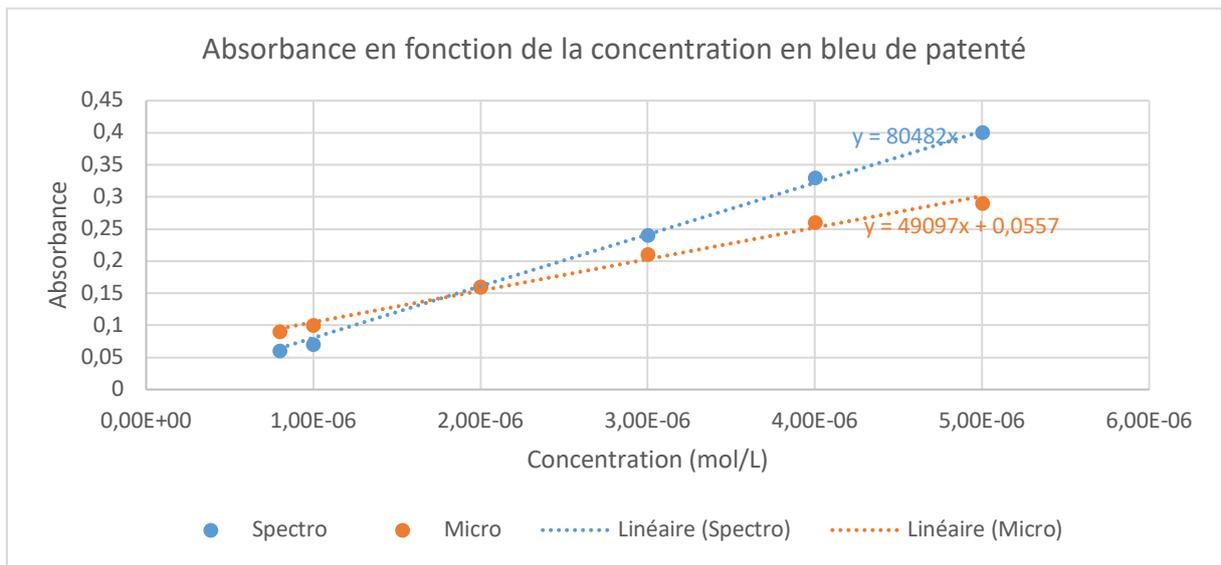
Porte cuve :



Dispositif :



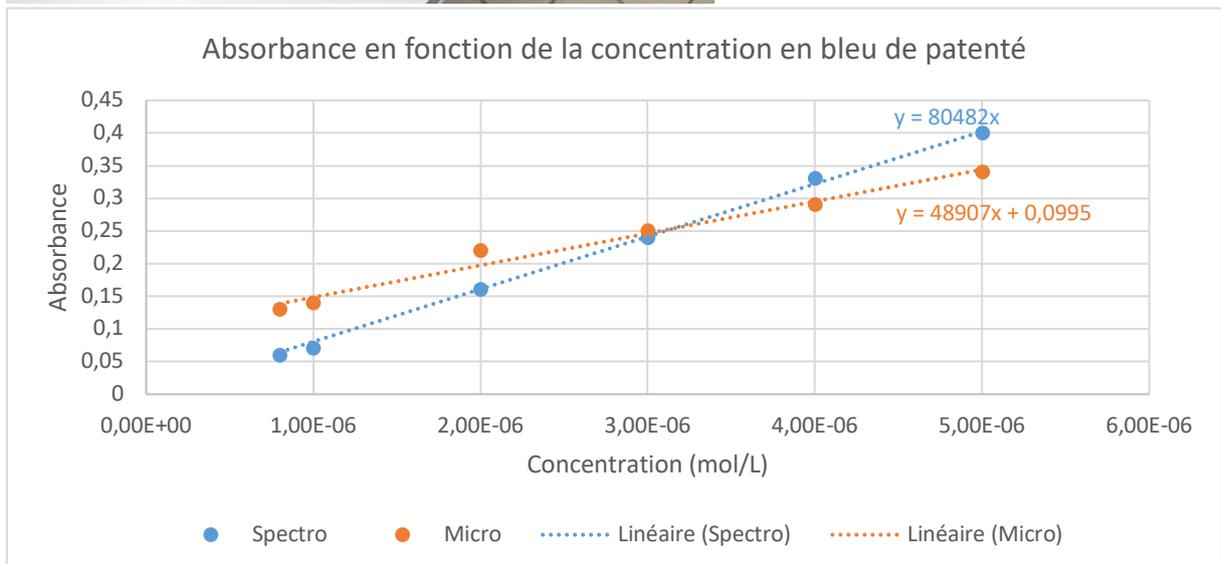
Résultat :



$A_{\text{alodont spectro}} = 0,1 \rightarrow$  calcul à partir de l'équation de la courbe de tendance  $C_{\text{alodont spectro}} = 1,31 \times 10^{-6}$  mol/L.

$A_{\text{alodont micro}} = 0,12 \rightarrow$  calcul à partir de l'équation de la courbe de tendance  $C_{\text{alodont micro}} = 1,24 \times 10^{-6}$  mol/L.

- Deuxième possibilité : réaliser une boîte en impression 3D.



$A_{\text{alodont spectro}} = 0,1 \rightarrow$  calcul à partir de l'équation de la courbe de tendance  $C_{\text{alodont spectro}} = 1,31 \times 10^{-6}$  mol/L.

$A_{\text{alodont micro}} = 0,17 \rightarrow$  calcul à partir de l'équation de la courbe de tendance  $C_{\text{alodont micro}} = 1,44 \times 10^{-6}$  mol/L.

- Résistance : La résistance du circuit doit avoir une valeur élevée (entre 30 et 50 kOhm environ), sinon la valeur de la tension aux bornes de la photodiode est 5V quel que soit la concentration.
- Tension à vide : Il est important que les élèves aient une valeur comprise entre 0,5 et 1,0V lorsque rien ne se trouve sur le chemin entre le laser et la photodiode :
  - o A 0V la relation mathématique ne peut pas s'appliquer (division par 0).
  - o Si la valeur est déjà très élevée c'est-à-dire près de 5V, la plage de mesure sera trop petite (la tension aux bornes de la photodiode augmente avec la concentration donc la tension à vide est la tension minimum et le maximum est 5V).
- Plage de mesure : La plage de mesure est bien plus faible qu'un spectrophotomètre, ce qui explique que les mesures convergent vers une valeur précise rapidement. En effet,  $A = (\log_{10} (\text{tension}/\text{tension}_0)) - A_{\text{blanc}}$ . Si on arrive à avoir une tension à vide de 0,5V par exemple, puisque la valeur maximale que l'on peut obtenir est 5V alors  $A_{\text{max}} = (\log_{10} (5/0,5)) - A_{\text{blanc}} = 1 - A_{\text{blanc}}$ . Autrement dit, la valeur d'absorbance maximale est inférieure à 1.  
Pour 1V cette valeur tombe à  $A_{\text{max}} = (\log_{10} (5/1)) - A_{\text{blanc}} = 0,7 - A_{\text{blanc}}$ . Autrement dit une valeur inférieure à 0,7.
- Conseil : comme les spectrophotomètres usuelles, je vous conseille d'allumer le laser sur la photodiode un peu en avance (demander aux élèves de le faire en priorité au début du TP par exemple).
- Retour élève : le test a été réalisé avec un groupe de 6 élèves volontaires dont le professeur est l'un de mes collègues (je n'ai pas de 1ère spé PC) qui n'ont testé que la partie d'écriture du programme et celle avec le spectrophotomètre microcontrôleur. Ils avaient déjà utilisé le spectrophotomètre du lycée 2 semaines auparavant en classe. Comme c'est une année particulière (les 1ères de la nouvelle réforme n'ont pas suivi le programme de seconde de la nouvelle réforme), les élèves n'ont pas eu de SNT ni de TP de physique avec microcontrôleur en seconde. Le retour des élèves a été positif. Selon ces élèves, la programmation les a obligés à savoir exactement ce qu'ils cherchaient à obtenir. Ils ont compris le fonctionnement de l'appareil ce qui n'était pas le cas avant le TP avec les microcontrôleurs.

# Activité expérimentale

## Réalisation d'un spectrophotomètre avec un microcontrôleur

**OBJECTIF : NOUS SOUHAITONS DETERMINER LA CONCENTRATION EN BLEU DE PATENTÉ (COLORANT) D'UNE SOLUTION POUR BAIN DE BOUCHE (ALODONT).**

### Partie I : réalisation des solutions étalons par dilution

#### Matériel à disposition :

- Pipette graduée de 5 mL
- Pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL
- Fiole jaugée de 50,0 mL avec bouchon
- Propipette
- Béchers
- Solution de concentration  $1,0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  en bleu de patenté
- Solution de concentration  $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  en bleu de patenté
- Eau distillée

#### Questions :

À partir de la solution de concentration  $1,0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , nous souhaitons réaliser une gamme étalon dont les concentrations sont les suivantes :  $5,0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $4,0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $3,0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $2,0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $1,0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $5,0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

1. A partir du matériel disponible, proposer un protocole pour réaliser ces solutions.

Étape 1 : Prélever avec une pipette jaugée un volume  $V_0 = \dots\dots\dots$  de solution mère versée dans un bécher.

Étape 2 : Verser le volume prélevé  $V_0$  dans une fiole jaugée de volume  $V_1 = \dots\dots\dots$  jusqu'à ce que le bas du ménisque soit au niveau du trait de jauge inférieur de la pipette.

Étape 3 : Remplir la fiole jaugée aux trois quarts avec de l'eau distillée. Boucher la fiole jaugée puis agiter.

Étape 4 : Ajouter de l'eau distillée à la pissette puis au goutte à goutte à la pipette simple jusqu'à ce que le bas du ménisque soit au niveau du trait de jauge de la fiole.

Étape 5 : Agiter plusieurs fois la fiole jaugée bouchée pour homogénéiser la solution.

$C_0$ (colorant) de la solution mère (mol/L)	$V_0$ de la solution mère (mL)	$C_1$ (colorant) de la solution fille (mol/L)	$V_1$ de la solution fille (mL)
$1,0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	25 mL	$5,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	50,0 mL
$1,0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	20 mL	$4,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	50,0 mL
$1,0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	15 mL	$3,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	50,0 mL
$1,0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	10 mL	$2,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	50,0 mL
$1,0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	5,0 mL	$1,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	50,0 mL
$1,0 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	2,5 mL	$5,0 \times 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	50,0 mL

→ Après accord du professeur, réaliser les solutions attribuées à votre groupe. Puis, écrivez vos noms et la concentration sur la fiole jaugée. Mettez vos solutions à disposition de la classe sur la paillasse professeur.

- Proposer un encadrement rapide de la concentration en bleu de patenté de la solution d'alodont grâce à l'échelle de teinte.

La solution d'alodont a une concentration en bleu de patenté comprise entre  $1,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  et  $2,0 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

## Partie II : réalisation des mesures et exploitation des résultats

Document 1 : protocole expérimental d'étalonnage pour les spectrophotomètres du lycée.

### PARTIE I : MISE EN PLACE DU DISPOSITIF.

- Brancher le spectrophotomètre au module Orphy GTS2.
- Ouvrir le logiciel « Spectro CCD ».

### PARTIE II : REALISATION DE L'ÉTALONNAGE DE L'APPAREIL.

- Placer la cuve remplie de solvant dans l'encart prévu à cet effet dans le spectrophotomètre, puis cliquer sur " Référence ".
- Ajouter le filtre noir et cliquer sur " Noir ".
- Remplacer le filtre noir par un filtre vert et cliquer sur " Vert ".
- Enfin cliquer sur " Fermer ".
- Cliquer sur « mode » en haut à droite de la fenêtre du logiciel, choisir « clavier ».
- Régler la longueur d'onde de travail et cliquer quelque part pour que la modification soit prise en compte.

Document 2 : protocole expérimentale de réalisation des mesures.

### PARTIE III : REALISATION DE LA COURBE D'ETALONNAGE.

- Remplir une cuve propre de la première solution de concentration connue.
- La placer dans l'emplacement prévu à cet effet.
- Mettre délicatement le couvercle.
- Relever l'absorbance et noter la concentration correspondante dans *Regressi*.
- Recommencer pour toutes les solutions de concentrations connues.
- Avec le logiciel *Regressi*, réaliser la courbe l'absorbance A en fonction de la concentration C :  $A=f(C)$ .

### PARTIE IV : DETERMINATION DE LA CONCENTRATION INCONNU.

- Remplir une cuve propre de la solution de concentration inconnue.
- La placer dans l'emplacement prévu à cet effet.
- Mettre délicatement le couvercle.
- Relever l'absorbance.
- Grâce à la courbe réalisée précédemment, retrouver à quelle concentration correspond l'absorbance A trouvée.
- Une fois vos mesures terminées, débrancher le câble reliant la carte à l'ordinateur.

Document 3 : loi de Beer-Lambert.

Lorsque la concentration est assez faible, une relation mathématique permet de relier l'absorbance et la concentration :

$$A_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} \times l \times C$$

Avec  $A_{\lambda}$  : l'absorbance à la longueur d'onde  $\lambda$  (sans unité)

$\varepsilon_{\lambda}$  : le coefficient d'extinction molaire (L/mol.cm)

l : la longueur de la cuve (cm)

C : la concentration en soluté (mol/L)

*Remarque : le coefficient d'extinction molaire pour une longueur d'onde donnée  $\lambda$  ne dépend que de la nature de la solution (soluté et solvant).*

### Questions :

1. D'après la loi de Beer-Lambert, quel type de courbe devrait être obtenue ?

Linéaire

Affine

Parabolique

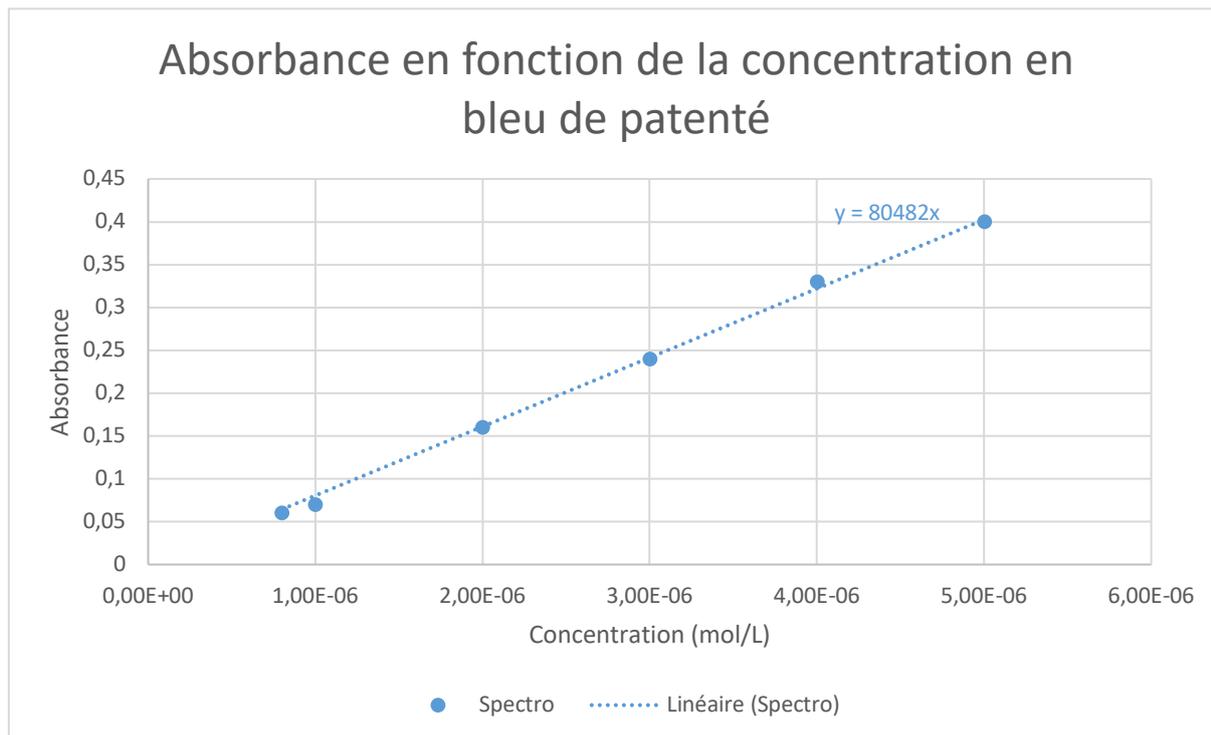
Autre

→ Réaliser l'étalonnage du spectrophotomètre du lycée.

→ Réaliser les mesures avec le spectrophotomètre du lycée et enregistrer le graphique obtenu sur votre session.

2. La courbe obtenue correspond-t-elle à ce que vous aviez prévue à la question 1 ?

Oui car les points peuvent être modélisés par une droite passant par l'origine.



3. Quelle est la concentration en bleu de patenté de l'alodont ?

Comme l'absorbance de l'alodont obtenue est de 0,10, nous pouvons graphiquement déterminer que sa concentration en bleu de patenté est d'environ  $1,2 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Nous pouvons retrouver ce résultat avec l'équation de la droite :

$$A = 80\,482 \times C \text{ donc } C = \frac{A}{80\,482} = \frac{0,1}{80\,482} = 1,2 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}.$$

→ Réaliser une mesure de l'absorbance de la solution de bleu de patenté concentrée disponible sur le bureau ( $c(\text{bleu de patenté}) = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

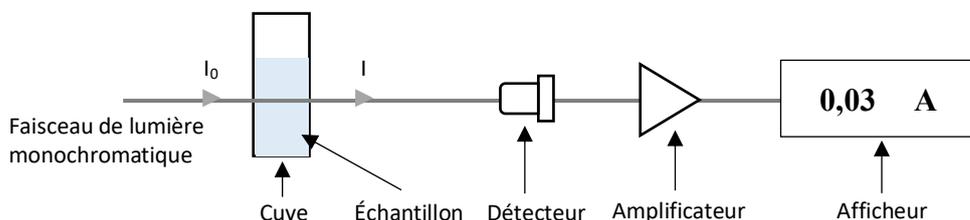
4. Que remarque-t-on avec la solution de bleu de patenté concentrée ?

Pour une concentration de  $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , l'absorbance que l'on devrait obtenir selon l'équation de la droite modélisée auparavant est de  $A = 80\,482 \times 1,0 \times 10^{-3} = 8,0 \times 10^1$ . Or la valeur trouvée à l'aide du spectrophotomètre est de 1,84. Nous pouvons donc constater que la loi de Beer-Lambert est limitée aux faibles concentrations.

## Partie III : Réalisation d'un spectrophotomètre

### Document 1 : principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre.

Une solution colorée absorbe certaines radiations du spectre de la lumière blanche. L'absorbance  $A_\lambda$  est la capacité d'une espèce chimique colorée à absorber une radiation monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ . Un spectrophotomètre est un appareil qui calcule l'absorbance  $A_\lambda$  d'une solution colorée, pour une longueur d'onde  $\lambda$  donnée, grâce aux mesures récupérées par un capteur (souvent une photodiode).

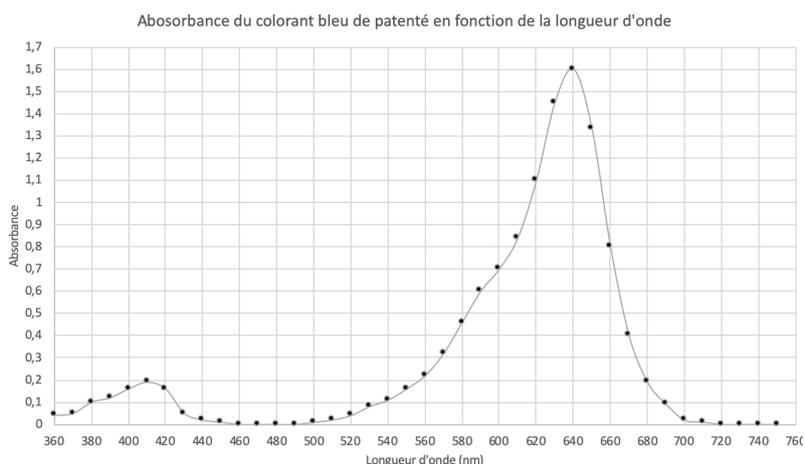


Pour cela, le spectrophotomètre se sert de la relation mathématique reliant l'absorbance  $A_\lambda$  à l'intensité lumineuse avant la cuve  $I_0$  et après la cuve  $I$  :

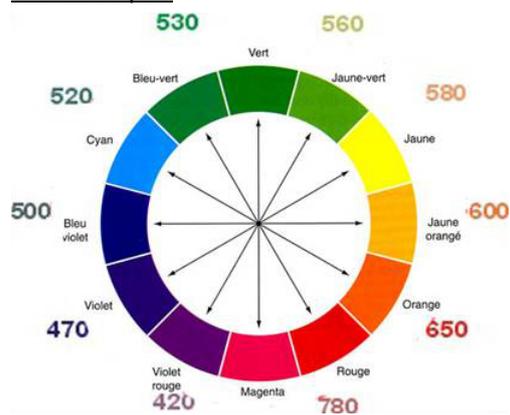
$$A_\lambda = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right) - A_{blanc}$$

L'absorbance à blanc nommée  $A_{blanc}$  ci-dessus correspond à l'absorbance de la cuve et du solvant qui est donc enlevée à l'absorbance pour n'avoir que l'absorbance de l'espèce chimique étudiée.

### Document 2 : absorbance du colorant bleu de patenté en fonction de la longueur d'onde .



### Document 3 : cercle chromatique.



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Disque\\_chromatic.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Disque_chromatic.jpg)

### Questions :

- Plus la solution est concentrée, plus l'absorbance est :
 

Petite
 Grande
- La longueur d'onde choisit pour réaliser des mesures avec un spectrophotomètre est la longueur d'onde appelée  $\lambda_{max}$  pour laquelle l'absorbance de l'espèce étudiée est maximale.
  - Retrouver la longueur d'onde de travail  $\lambda_{max}$  pour le bleu de patenté. Justifier avec un tracé sur le graphique du document 2.

La longueur d'onde de travail  $\lambda_{max}$  est de 640 nm.

- A quelle couleur cela correspond-il ?

Cette longueur d'onde correspond à la couleur orange-rouge.

- A partir du cercle chromatique, prévoir la couleur de la solution.

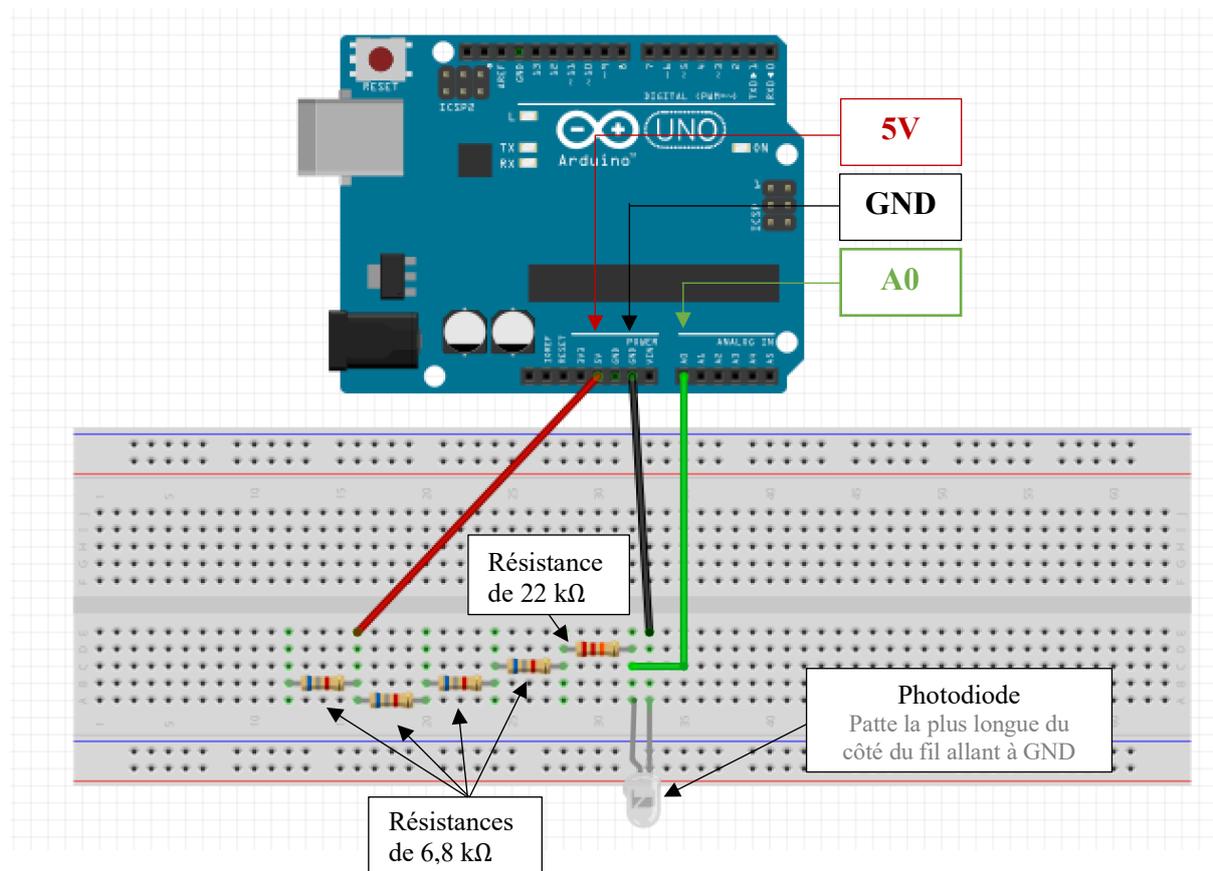
La couleur de la solution correspond à la couleur complémentaire, ici bleu-vert.

d. Quel laser parmi ceux proposés ci-dessous paraît le plus adapté ? Justifier.

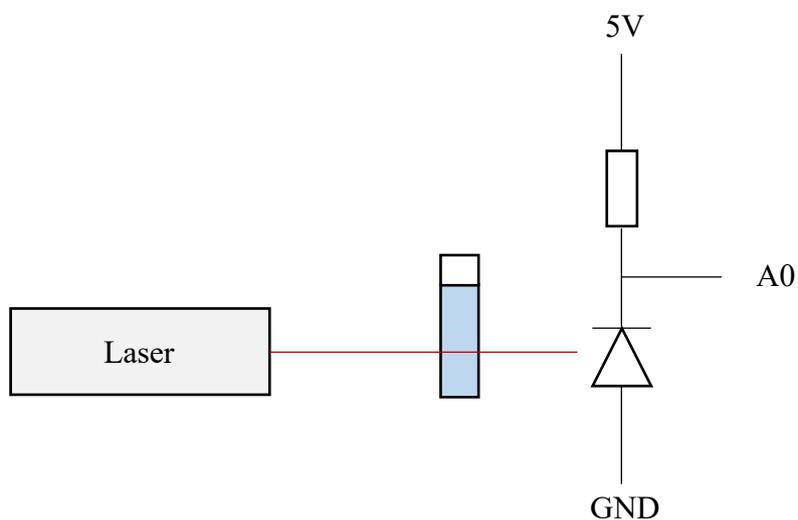
Couleur du faisceau lumineux	Longueur d'onde (nm)
Bleu	405
Vert	532
Rouge	650

Le laser le plus adapté est le laser rouge dont la longueur d'onde (650 nm) est la plus proche de celle du maximum d'absorbance (640 nm) du bleu de patenté.

Grâce à un microcontrôleur, il est possible de fabriquer un spectrophotomètre simple. Celui-ci sera réalisé lors de la séance de travaux pratiques.



3. Proposer un schéma de l'ensemble du dispositif qu'il faudra mettre en place pour créer un spectrophotomètre avec un microcontrôleur.



## Partie IV : Écriture du programme

### Document 1 : écriture d'un programme en langage arduino : exemple du programme « spectro simple ».

```
spectro_simple | Arduino 1.6.12
spectro_simple
1 #include "math.h" // inclure la bibliothèque math.h (pour la fonction log10 ici)
2
3 int photodiode = A0; // la photodiode est sur la PIN A0
4
5 double mesure; // déclaration de la variable mesure
6 float tension; // déclaration de la variable tension
7 float tension0 = 0.0; // déclaration de la valeur de la tension avant la cuve
8 double absorbtanceBLANC = 0.0; // déclaration de la variable absorbtanceBLANC
9 double absorbtance; // déclaration de la variable absorbtance
10
11
12 void setup() { // début de la fonction "setup" qui s'exécute une seule fois
13   pinMode(photodiode, INPUT); //photodiode est une entrée
14   Serial.begin(9600); // initialiser la communication entre la carte et l'ordinateur
15 }
16
17
18 void loop() { // début de la fonction "loop" qui s'exécute en boucle tant que la carte est relié à une alimentation
19
20 // Partie I : calcul de la tension
21   mesure = analogRead(photodiode); // lire la valeur numérique récupérée par la photodiode
22   tension = (5.0*mesure)/1023.0; // calcul de la tension en volt (V)
23   Serial.print("Tension : "); //afficher le texte entre "" ici : Tension
24   Serial.print(tension); // afficher la valeur de la variable tension sur le moniteur série
25   Serial.println(" V"); //afficher le texte entre "" ici : V puis sauter une ligne
26
27 // Partie II : calcul de l'absorbance
28
29
30   delay(1500); // attendre 1500 ms soit 1,5 s
31 }
```

#### Remarques importantes :

- les majuscules, minuscules et la ponctuation ont une importance en programmation. Lors de l'écriture, il faut donc faire attention de les respecter.
- Les commentaires (texte après « // ») permettent au programmeur de noter ce qu'il veut pour s'en rappeler ou expliquer à d'autres utilisateurs qui utiliseront son programme.

### Document 2 : fonctionnement d'un microcontrôleur.

Un microcontrôleur attribue une valeur numérique entre 0 et 1023 à une valeur analogique mesurée avec un capteur comme une photodiode. Grâce à un calcul, on peut retrouver la valeur de la tension mesurée puisqu'on sait que la valeur maximale est de 1023 et que cette valeur correspond à la tension maximale, souvent 5 volts.

Valeur numérique	Tension (V)
1023	5V
mesure	?

$$? = \frac{5V \times \text{mesure}}{1023}$$

### Document 3 : lien entre absorbance et tension aux bornes de la photodiode.

Le rapport des intensités lumineuses  $\frac{I_0}{I}$  est proportionnelle au rapport des tensions aux bornes de la photodiode  $\frac{U}{U_0}$ . On peut donc écrire  $\frac{I_0}{I} = \frac{U}{U_0}$ .

#### Questions :

1. Réécrire la relation mathématique de l'absorbance vue dans la première partie en fonction de la tension aux bornes de la photodiode.

$$A_\lambda = \log_{10} \left( \frac{I_0}{I} \right) - A_{\text{blanc}}$$

Or, d'après le document 4,  $\frac{I_0}{I} = \frac{U}{U_0}$  donc :

$$A_\lambda = \log_{10} \left( \frac{U}{U_0} \right) - A_{blanc}$$

2. Associer chaque grandeur physique de la relation mathématique du document 1 aux noms des variables présentes dans le programme « spectro\_simple ».

$A_\lambda$  correspond à « absorbance » dans le programme.

$A_{blanc}$  correspond à « absorbanceBLANC » dans le programme.

$U$  correspond à « tension » dans le programme.

$U_0$  correspond à « tension0 » dans le programme.

3. En prenant exemple sur la partie I du calcul de la tension, écrire la partie II du programme qui permet de calculer et d'afficher l'absorbance.

```
absorbance = ((log10 (tension/tension0)) - absorbanceBLANC); // calcul de l'absorbance
```

```
Serial.print("Absorbance : "); //afficher le texte entre "" ici : Absorbance
```

```
Serial.println(absorbance); // afficher la valeur de la variable absorbance sur le moniteur série
```

```
Serial.println(""); //afficher le texte entre "" ici rien puis sauter une ligne
```

## Partie V : réalisation des mesures et exploitation des résultats avec le spectrophotomètre réalisé

Document 1 : protocole expérimentale d'étalonnage pour les spectrophotomètres réalisés.

### PARTIE I : MISE EN PLACE DU DISPOSITIF.

- Réaliser le montage de la partie I (**ne pas brancher la carte à l'ordinateur tant que le professeur n'a pas validé !**).
- Placer le laser de manière à ce que le faisceau éclaire la photodiode.
- Ouvrir le programme « spectro\_simple ».
- **Téléverser** le programme sur la carte.



Remarque : si un problème de téléversement se présente, il est probable que ce soit à cause d'un problème de port. Allez dans « Outils » puis « Ports » et enfin cliquer sur le port où se trouve le microcontrôleur. Téléversez de nouveau.

- Dans le logiciel Arduino, aller dans « Outil » et cliquer sur « Moniteur série ».
- Test : vérifier que la valeur de la tension varie en fonction de l'éclairement grâce à une lampe.
- Lorsque le laser éclaire la photodiode, la valeur de la tension doit être comprises entre 0,5 V et 1,0 V. Si ce n'est pas le cas, augmenter ou diminuer la tension en déplaçant le fil relié à 5V de manière à ajouter ou enlever de la résistance dans le circuit.

### PARTIE II : REALISATION DE L'ÉTALONNAGE DE L'APPAREIL.

- Relever la valeur de la tension lorsque rien ne se trouve sur le passage entre le laser et la photodiode : cette valeur peut être approximée à  $U_0$ .
- Dans le programme, remplacer la valeur attribuée à la variable correspondant à  $U_0$  par la valeur trouvée.
- Rajouter les lignes de code déterminées dans la partie II, question 3 puis téléverser.
- Relever la valeur de la tension lorsque une cuve du solvant est placée sur le passage entre le laser et la photodiode : cette valeur correspond à  $A_{\text{blanc}}$ .
- Dans le programme, remplacer la valeur attribuée à la variable correspondant à  $A_{\text{blanc}}$  par la valeur trouvée puis téléverser.

Document 2 : protocole expérimentale de réalisation des mesures.

### PARTIE III : REALISATION DE LA COURBE D'ÉTALONNAGE.

- Remplir une cuve propre de la première solution de concentration connue.
- La placer dans l'emplacement prévu à cet effet.
- Mettre délicatement le couvercle.
- Relever l'absorbance et noter la concentration correspondante dans *Regressi*.
- Recommencer pour toutes les solutions de concentrations connues.
- Avec le logiciel *Regressi*, réaliser la courbe l'absorbance  $A$  en fonction de la concentration  $C$  :  $A = f(C)$ .

### PARTIE IV : DETERMINATION DE LA CONCENTRATION INCONNU.

- Remplir une cuve propre de la solution de concentration inconnue.
- La placer dans l'emplacement prévu à cet effet.
- Mettre délicatement le couvercle.
- Relever l'absorbance.
- Grâce à la courbe réalisée précédemment, retrouver à quelle concentration correspond l'absorbance  $A$  trouvée.
- Une fois vos mesures terminées, débrancher le câble reliant la carte à l'ordinateur.

### Questions :

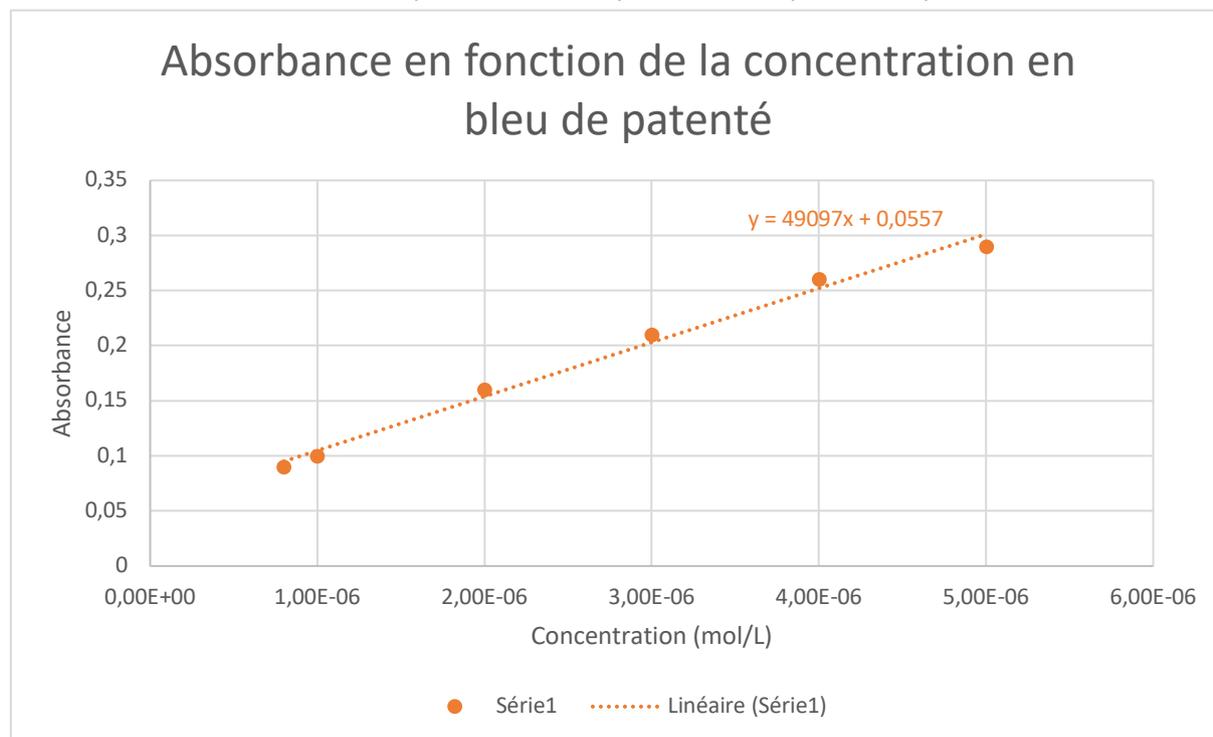
1. Rappel quel type de courbe devrait être obtenue selon la loi de Beer-Lambert ?

Le type de courbe qui devrait être obtenue est une droite linéaire.

→ Réaliser l'étalonnage du spectrophotomètre réalisé.

→ Réaliser les mesures avec le spectrophotomètre réalisé et enregistrer le graphique obtenue sur le même graphique que celui de la semaine précédente.

2. La courbe obtenue correspond-t-elle à ce que vous aviez prévu à la question 1 ?



Non. Nous obtenons une droite affine.

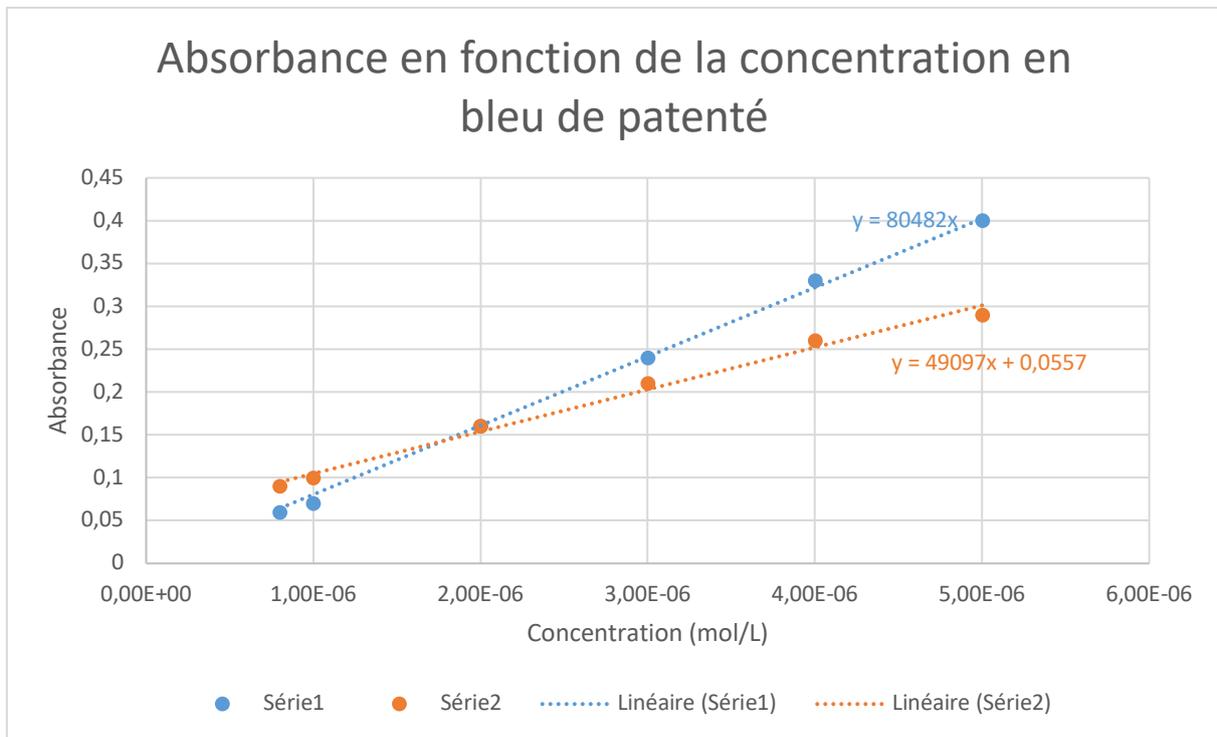
3. Quelle est la concentration en bleu de patenté de l'alodont ?

Comme l'absorbance de l'alodont obtenue est de 0,12, nous pouvons graphiquement déterminer que sa concentration en bleu de patenté est d'environ  $1,3 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Nous pouvons retrouver ce résultat avec l'équation de la droite :

$$A = 49\,097 \times C + 0,0557 \text{ donc } C = \frac{A - 0,0557}{49\,097} = \frac{0,12 - 0,0557}{49\,097} = 1,3 \times 10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}.$$

4. Comparer les mesures obtenues avec les deux spectrophotomètres.



Les mesures obtenues sont proches pour les faibles concentrations mais s'éloignent au fur et à mesure de l'augmentation de la concentration et donc de l'absorbance. Le spectrophotomètre réalisé n'a pas permis d'obtenir une droite linéaire comme le prévoyait la loi de Beer-Lambert.

→ Réaliser une mesure de l'absorbance de la solution de bleu de patenté concentrée disponible sur le bureau ( $c(\text{bleu de patenté}) = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

5. Que remarque-t-on avec la solution de bleu de patenté concentrée ?

Pour une concentration de  $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , l'absorbance que l'on devrait obtenir selon l'équation de la droite modélisé auparavant est de  $A = 49\,097 \times 1,0 \times 10^{-3} + 0,0557 = 4,9 \times 10^1$ . Or la valeur trouvée à l'aide du spectrophotomètre est de 0,47. Celle trouvée avec le spectrophotomètre du lycée est de 1,84. Le spectrophotomètre fabriqué ne semble pas permettre d'atteindre des valeurs aussi élevées que le spectrophotomètre du lycée : il sature.

6. Donner des pistes possibles pour l'amélioration du spectrophotomètre fabriqué.

Pour améliorer le dispositif, nous pourrions :

- Pour une mesure donnée (étalonnage ou mesure), réaliser la moyenne de plusieurs mesures d'absorbance pour pallier les fluctuations éventuelles,
- Améliorer le dispositif permettant de cacher le dispositif des variations lumineuses extérieures qui influence la tension et donc l'absorbance relevée,
- Améliorer les fixations des différents éléments du montage pour qu'ils ne puissent pas bouger du tout et donc que la longueur  $l$  présente dans la loi de Beer-Lambert ne varie pas au cours des mesures.
- A la place de changer les valeurs des variables dans le programme, celui-ci pourrait demander à l'utilisateur de rentrer les valeurs.

**Pour aller plus loin :**

7. Met en place les améliorations pour le spectrophotomètre réalisé que tu as proposé à la question 5.