

Noms :		Prénoms :	Classe :
Première Spécialité TP	<i>Thème</i> : Constitution et transformations de la matière <i>Chapitre 3</i> : Les dosages spectrophotométriques		
	Dosage de la bouillie bordelaise		

Vous allez utiliser lors de ce TP un appareil appelé **spectrophotomètre**. Cet instrument contient une lampe qui doit préchauffer 20 minutes avant toute utilisation. Il faut donc lancer ce préchauffage dès le début du TP. Pour cela, brancher le spectrophotomètre à la prise devant votre paillasse.

I Principe du TP

La **bouillie bordelaise** est un pesticide de couleur bleue à base de sulfate de cuivre hydraté ($\text{CuSO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}$) et de chaux. Elle est largement utilisée pour le traitement des plantes. Elle est autorisée en agriculture biologique, à condition que la dose utilisée soit comprise entre **10 g et 20 g** par litre d'eau.



Un jardinier retrouve une bouteille de bouillie bordelaise dans son établi. Malheureusement, l'étiquette a disparu. Il se demande s'il peut utiliser cette solution pour le traitement de ses légumes cultivés de manière biologique.

Le but de ce TP est d'aider le jardinier en **dosant les ions cuivre Cu^{2+}** de la bouteille trouvée, c'est-à-dire en **déterminant leur concentration en quantité de matière**.

II Encadrement visuel de la concentration de la bouillie

On dispose au bureau d'une solution mère de concentration en quantité de matière $c_0 = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.

On va réaliser une **échelle de teinte**, c'est-à-dire plusieurs solutions, appelées **solutions filles**, à partir de la solution mère, à des dilutions différentes. Pour effectuer la dilution, il faut prélever un certain volume de la solution mère, noté V_0 , l'introduire dans une nouvelle fiole jaugée et compléter la fiole avec de l'eau distillée.

Lorsqu'on effectue une dilution, les concentrations de la solution mère (c_0) et de la solution fille (c_1) ainsi que les volumes de la solution fille (V_1) et de la solution mère à prélever (V_0) sont reliées par la relation :

$$c_0 \times V_0 = c_1 \times V_1$$

Le **facteur de dilution** F est défini par : $F = \frac{c_0}{c_1} = \frac{V_1}{V_0}$ F est sans unité et toujours supérieur à 1

Les solutions filles seront réalisées dans des fioles jaugées de volume $V_1 = 100 \text{ mL}$.

- 1) *Ecrire la formule permettant de calculer le volume V_0 de solution mère à prélever en fonction des concentrations mère c_0 et fille c_1 et du volume de la solution fille V_1 .*
- 2) *Remplir le tableau de la page suivante en calculant pour chaque solution diluée le volume de solution mère à prélever V_0 et le facteur de dilution F correspondant.*

N° de la solution	1	2	3	4	5	6	7	8
Concentration c_1 (mol.L ⁻¹)	$1,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-2}$
Volume de la solution mère à prélever V_0 (mL)								
Facteur de dilution F								

☝ **Appeler le professeur pour qu'il vérifie les calculs**

Chaque binôme va maintenant réaliser **une seule** des huit solutions filles et compléter son échelle de teinte avec les solutions des autres binômes.

- Si ce n'est pas déjà fait, numéroté les 8 tubes à essai de 1 à 8.
- Verser dans le bécher environ 50 mL de solution mère située sur le bureau.
- En respectant le protocole de la dilution, réaliser la solution fille correspondant au numéro indiqué dans votre boîte de matériel.

Pour effectuer les prélèvements, utiliser la pipette jaugée adéquate. Pour certaines solutions filles, il faut en utiliser plusieurs pour atteindre le bon volume.

Si vous vous trompez, l'ensemble des résultats du reste du TP sera faux pour tous les autres groupes !!

- Une fois la solution réalisée, écrire au feutre le numéro de la solution sur la fiole.
- Avec la solution préparée, remplir à moitié le tube à essai **correspondant au numéro de la table occupée**. *Exemple* : la table n°5 remplit le tube n°5 avec la solution préparée.
- Porter la solution préparée sur le bureau.
- Quand les solutions des autres groupes sont prêtes, prendre les 7 autres solutions et remplir à moitié le tube à essai correspondant au numéro inscrit sur la fiole jaugée. Remettre les fioles sur le bureau.

3) La bouillie bordelaise est répartie dans plusieurs tubes à essai sur le bureau. Ramener un des tubes et grâce à l'échelle de teinte, proposer un encadrement de sa concentration en quantité de matière.

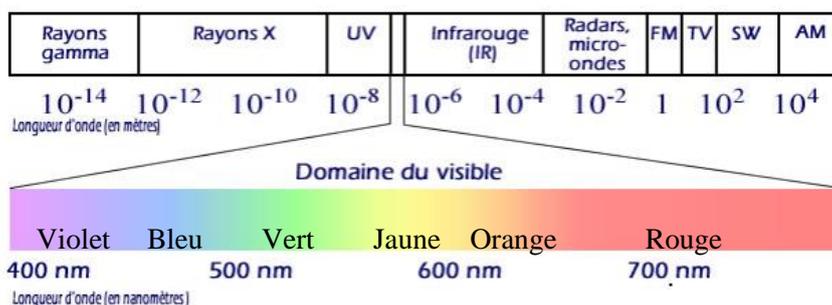
4) Cette méthode pour déterminer une concentration est-elle précise ? Expliquer.

III Dosage de la bouillie bordelaise par spectrophotométrie

A) Spectre de la solution de sulfate de cuivre

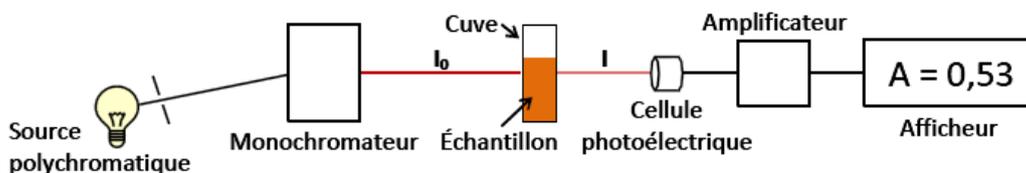
La **couleur** d'une lumière est liée à sa **longueur d'onde**, souvent mesurée en nanomètre et se notant λ (lettre « lambda » dans l'alphabet grec).

La lumière visible a une longueur d'onde comprise entre **400 nm et 800 nm**.



Observer au bureau le spectre d'absorption d'une solution de sulfate de cuivre. On constate sur le spectre que la solution de sulfate de cuivre absorbe plus ou moins certaines couleurs. Cette observation reste qualitative, donc imprécise. Afin de pouvoir quantifier cette absorption, on utilise une grandeur appelée « **absorbance** », notée **A**, qui est **sans dimension**.

L'absorbance est mesurée par un appareil appelé « **spectrophotomètre** ». Celui-ci envoie une lumière monochromatique (une seule couleur, donc une seule longueur d'onde) d'intensité I_0 sur une cuve contenant la solution et mesure l'intensité I du faisceau qui en ressort. La comparaison de I avec I_0 permet au spectrophotomètre de calculer l'absorbance A de la solution pour la longueur d'onde envoyée sur la cuve (schéma ci-dessous).



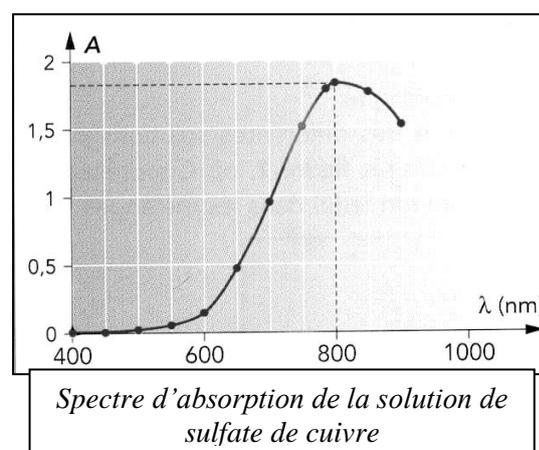
B) Détermination du maximum d'absorption

On ne peut pas mesurer l'absorbance des solutions pour toutes les longueurs d'onde du spectre visible, c'est trop long et inutile. Il faut choisir une **longueur d'onde de travail**.

Pour cela, on mesure l'absorbance A d'une solution de sulfate de cuivre pour différentes longueurs d'onde λ et on trace le graphique de l'absorbance en fonction de la longueur d'onde appelé **spectre d'absorption**.

Pour la solution de sulfate de cuivre, on obtient le résultat suivant :

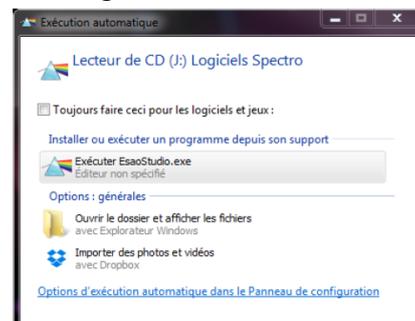
Pour avoir le maximum de précision dans les mesures, la longueur d'onde de travail est celle pour laquelle **l'absorbance est maximale**.



5) *À quelle longueur d'onde doit-on travailler pour avoir un maximum de précision sur la mesure de l'absorbance ?*

C) Mesure de l'absorbance des solutions filles

- Brancher le spectrophotomètre sur le devant de l'ordinateur avec le câble USB gris.
- Si le message suivant apparaît, cliquer sur « Exécuter EsaoStudio.exe ». Le logiciel « Atelier scientifique » se lance.
 - Si le message n'apparaît pas, dans l'explorateur de fichier, cliquer sur « Mon spectro (F:) ».
 - Cliquer sur l'unique fichier « Réglage Usine ».
 - Fermer le message d'erreur qui apparaît en cliquant sur OK. Le logiciel « Atelier scientifique » se lance.
- Dans le menu vertical à gauche, choisir l'onglet $A = f(x)$.
- Insérer une cuve remplie d'eau (le solvant) dans le spectrophotomètre, puis cliquer sur « **Calibration** ». Cela permet de « retirer » l'absorbance du solvant.
- Dans « Choix de longueur(s) d'onde », dans « λ_1 », rentrer la valeur « **799** » nm. Le spectrophotomètre ne mesure plus l'absorbance à 800 nm.



- Dans « Grandeur mesurée en abscisse », dans « Nom », rentrer « **concentration** » ; dans « Unité », rentrer « **mol/L** » (ou mol÷L).
- Cliquer sur « **Validation** ».
- Grâce à la pipette Pasteur, remplir une des cuves avec la solution n°1. Placer la cuve dans le spectrophotomètre.
- Dans « Solution inconnue », cliquer sur « **Mesure** » pour mesurer son absorbance.
- Remplir le tableau sur la page suivante en notant votre mesure
- Vider la cuve à l'évier et mesurer l'absorbance des 7 autres solutions de la même manière.

N° de la solution	1	2	3	4	5	6	7	8
Concentration c_1 (mol.L ⁻¹)	$1,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,0 \times 10^{-2}$
Absorbance A								

D) Construction de la droite d'étalonnage $A = f(c)$

- En utilisant la fiche-méthode, tracer sur Excel le graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration $A = f(c)$. Ne pas oublier de donner un titre au graphique et d'indiquer le nom des grandeurs sur chaque axe.
- 6) *L'absorbance de la solution semble-t-elle proportionnelle à sa concentration ? Justifier la réponse.*
- Faire calculer à Excel l'équation de la droite $y = a \times x + b$, en utilisant la fonction « ajouter une courbe de tendance », obliger l'équation à passer par l'origine ($b = 0$). Afficher l'équation sur le graphique.

👉 **Appeler le professeur pour qu'il vérifie le graphique, puis l'imprimer en un seul exemplaire.**

Il faudra joindre ce graphique au compte-rendu.

La droite obtenue s'appelle **droite d'étalonnage**. A partir de son équation, elle va nous permettre de déterminer une concentration inconnue d'une solution dont on va mesurer l'absorbance.

- 7) *Recopier l'équation de la droite sur la copie, puis remplacer y et x par les notations des grandeurs physiques correspondantes sur les axes.*
- 8) *En déduire l'expression permettant de calculer la concentration c d'une solution à partir de son absorbance A.*

E) Dosage de la solution de bouillie bordelaise

- 9) *Prendre la deuxième cuve et la remplir de bouillie bordelaise située au bureau, dont on cherche la concentration. Mesurer son absorbance et la noter dans le compte-rendu.*
- 10) *En déduire sa concentration en quantité de matière c, en mol.L⁻¹.*
- 11) *Ce résultat est-il en accord avec l'encadrement de concentration trouvé à la question 3 ?*
- 12) *En déduire si le jardinier peut utiliser cette solution pour le traitement de ses légumes cultivés de manière biologique.*

Rappel : lien entre les concentrations en masse et en quantité de matière : $c_m = c \times M$

Donnée : $M(\text{CuSO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}) = 249,6 \text{ g.mol}^{-1}$.