



## VOIE PROFESSIONNELLE

CAP

2<sup>DE</sup>

**1<sup>RE</sup>**

T<sup>LE</sup>

*Physique-chimie*

### EXPLOITATION D'UNE ÉCHELLE DE TEINTE PAR PHOTOMÉTRIE

La ressource proposée vise à déterminer par photométrie la concentration molaire d'une solution colorée. Elle est exploitable dans le cadre du module « Caractériser quantitativement une solution aqueuse » du programme de première de baccalauréat professionnel (module commun à l'ensemble des groupements). Cette ressource permet de réinvestir, dans le domaine de la chimie, l'usage d'un capteur de lumière (ici, une photorésistance) étudié en classe de seconde professionnelle (et en CAP).

Comment déterminer la concentration molaire d'une solution colorée à l'aide d'une photorésistance et d'un laser ?

#### Groupements

1, 2, 3, 4, 5, 6

#### Domaine

Chimie : Comment analyser, transformer ou exploiter les matériaux dans le respect de l'environnement ?

#### Module

Caractériser quantitativement une solution aqueuse.

#### Mots-clés

Dosage par étalonnage, échelle de teinte, photorésistance.

### Références au programme

#### Capacités

Réaliser une solution de concentration en quantité de matière donnée par dilution ou dissolution.

Calculer une masse molaire moléculaire à partir des masses molaires atomiques et de la formule chimique de la molécule.

Calculer la concentration en masse d'un soluté à partir de sa concentration en quantité de matière et de sa masse molaire moléculaire.

Utiliser de façon raisonnée les équipements de protection individuelle adaptés à la situation.

Identifier un pictogramme sur l'étiquette d'un produit chimique de laboratoire ou d'usage domestique ou professionnel.

Identifier et appliquer les règles liées au tri sélectif des déchets chimiques.

Identifier les dangers d'une exposition au rayonnement d'une source lumineuse dans le visible ou non : par vision directe, par réflexion.

#### Connaissances

Connaître les définitions d'une solution, d'un solvant, d'un soluté. Connaître les relations entre la masse molaire, la masse d'un échantillon et la quantité de matière ( $n = m/M$ ).

Connaître la relation entre la concentration en quantité de matière de soluté, la quantité de matière et le volume de la solution ( $C = n/V$ ).

Connaître la définition de la concentration en masse d'un soluté dans une solution.

Connaître les équipements de protection individuelle adaptés à la situation et leurs conditions d'utilisation.

Savoir que les pictogrammes et la lecture de l'étiquette d'un produit chimique renseignent sur les risques encourus et sur les moyens de s'en prévenir, sous forme de phrases de risques et de phrases de sécurité.

Connaître certaines caractéristiques de la lumière émise par une source laser (monochromaticité, puissance et divergence du faisceau laser).

Connaître l'existence de classes de laser.

Connaître les dangers, pour la santé (œil, peau), d'une exposition au rayonnement.

#### Liens avec le programme de seconde

En continuité avec le module transversal d'électricité de la classe de seconde ou CAP, cette activité propose de mettre en œuvre un capteur déjà étudié.

Elle permet également de réinvestir le domaine transversal « Sécurité » en remobilisant les capacités et connaissances des risques liés à l'utilisation de produits chimiques et de sources laser.

## Capacités mobilisées / Objectifs de formation

La ressource proposée vise à mettre en œuvre un capteur de lumière pour réaliser un dosage d'une solution colorée par étalonnage. Elle permet par ailleurs de développer des capacités expérimentales de préparation d'une solution de concentration molaire donnée par dissolution, puis par dilution et de réalisation d'une échelle de teinte.

Retrouvez éducol sur



## Exemple d'exploitation pédagogique

L'exemple proposé ici n'a aucune valeur prescriptive. On trouvera plus bas d'autres contextes où les objectifs visés et les capacités développées sont semblables.

### Présentation de l'activité

Cette activité a pour but de déterminer la concentration molaire inconnue d'une solution colorée par une méthode dite par étalonnage.

Dans un premier temps, après avoir établi une échelle de teinte à partir de la dissolution d'un solide ionique puis de dilutions, l'élève réalise une courbe d'étalonnage en relevant les valeurs de la résistance d'une photorésistance LDR éclairée par le faisceau d'une diode laser traversant les différentes solutions étalons.

Dans un second temps, après avoir mesuré la résistance obtenue pour la solution colorée de concentration molaire inconnue, l'élève détermine la concentration de celle-ci soit par lecture graphique, soit en utilisant l'équation modélisant la courbe d'étalonnage. Une attention sera portée à la longueur d'onde du laser, celle-ci devra être fixée et adaptée au spectre d'absorption de l'espèce chimique colorée à doser.

### Situation déclenchante

#### Contexte

Un particulier dispose d'une solution S de sulfate de cuivre de concentration inconnue qu'il souhaite utiliser pour traiter sa piscine contre les algues avant la mise en hivernage. À cette fin, la concentration préconisée en sulfate de cuivre dans l'eau de la piscine est de  $2 \text{ mmol/m}^3$ .

**Quel volume de la solution S doit-il ajouter dans sa piscine pour atteindre cette concentration ?**

### Éléments de structuration de l'activité

#### Partie 1 : compréhension du contexte et proposition d'une démarche pour répondre à la problématique

En amont de la séance, sur le principe de la classe inversée, les élèves visionnent une vidéo sur la réalisation d'une échelle de teinte.

Pendant la séance en classe, ils recherchent un protocole expérimental pour évaluer la concentration molaire de la solution colorée de sulfate de cuivre.

#### Partie 2 : réalisation d'une solution « mère » de sulfate de cuivre et détermination de sa concentration molaire en soluté

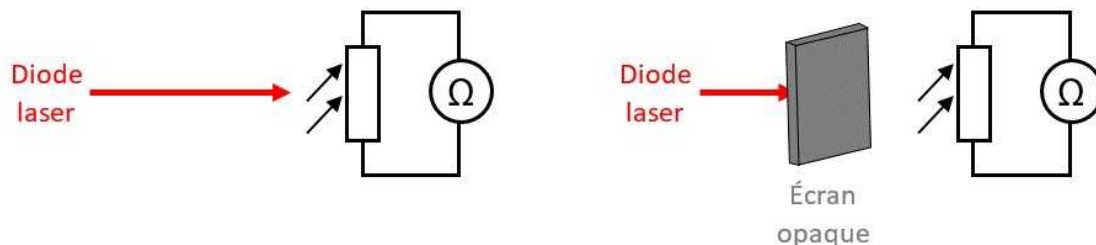
#### Partie 3 : réalisation d'une échelle de teinte

Les élèves mettent en pratique les bases vues lors du visionnage de la vidéo citée dans l'étape 1.

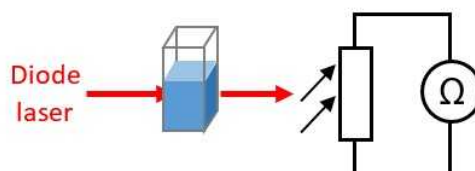
## Partie 4 : utilisation d'une photorésistance pour déterminer la concentration molaire inconnue de sulfate de cuivre dans la solution S

Un premier temps consiste à mettre en évidence les variations de la résistance de la photorésistance en fonction de l'éclairement.

### Découverte de la photorésistance



Élaboration d'un montage permettant la mise en évidence de la variation de la résistance du capteur selon l'éclairement reçu après qu'un faisceau laser a traversé un récipient contenant la solution étudiée



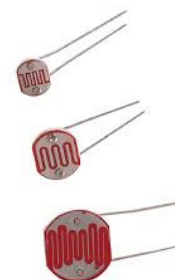
Ce montage doit être strictement identique (position relative de la source, du capteur et du récipient) d'un échantillon à l'autre.

La photorésistance est utilisée pour déterminer la concentration molaire inconnue de la solution de sulfate de cuivre par une méthode dite par étalonnage. Bien que la valeur de la photorésistance soit une fonction exponentielle de l'éclairement, la gamme d'éclairement considérée est suffisamment étroite pour qu'une approximation linéaire soit justifiée. Un ajustement affine du nuage de points obtenus expérimentalement est donc pertinent dans la gamme de concentrations utilisée. Le traitement et l'exploitation des résultats expérimentaux se font en réinvestissant une notion du programme de mathématiques (droite de régression) afin de déterminer la concentration molaire inconnue de la solution par interpolation et répondre ainsi à la problématique.

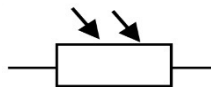
## Compléments théoriques, à l'attention du professeur, nécessaires à la compréhension de la situation

### Photorésistance

La **photorésistance LDR** (*Light Dependent Resistor*) est un dipôle dont la résistance varie en fonction de l'éclairement  $E$  qu'elle reçoit d'une source de lumière. La partie sensible du capteur est une piste de sulfure de cadmium (ou de sulfure de plomb) en forme de serpent : l'énergie lumineuse reçue déclenche une augmentation de porteurs de charges libres dans ce matériau, de sorte que sa résistance électrique diminue.



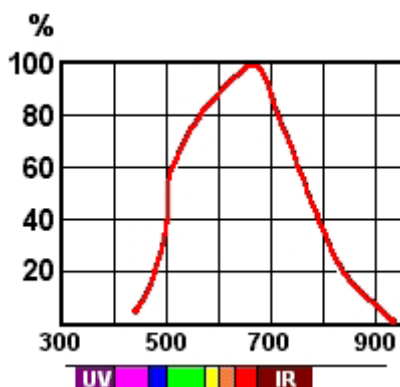
Son symbole normalisé dans un circuit est le suivant :



À basse température, un cristal de semi-conducteur contient peu d'électrons libres. La conductivité du cristal est très faible, proche de celle d'un isolant. Lorsque la température du cristal augmente, de plus en plus d'électrons passent de la bande de valence à la bande de conduction et deviennent ainsi disponibles pour conduire le courant électrique, et la résistance du semi-conducteur diminue.

Le même phénomène se produit en soumettant la LDR à un flux lumineux, dont l'effet est d'augmenter le nombre de porteurs de charges disponibles pour la conduction.

La sensibilité spectrale de la photorésistance dépend de la fréquence de la radiation lumineuse : par exemple, le sulfure de cadmium a un maximum de sensibilité dans le rouge à environ 650 nm.



Dans cette activité expérimentale et pour doser une solution colorée, une méthode de dosage par étalonnage est utilisée. « Étalonnage » signifie qu'une gamme de solutions de concentrations connues (solutions étalons) est utilisée pour tracer une courbe d'étalonnage.

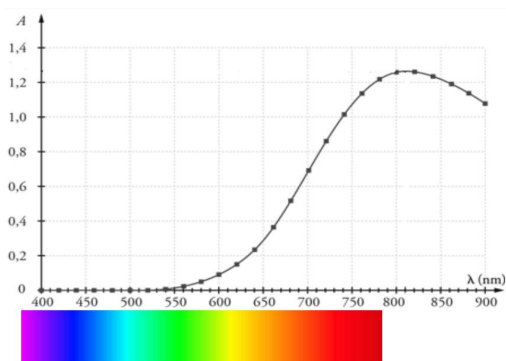
### Dosage par étalonnage

#### Choix d'une longueur d'onde de travail

Il convient d'utiliser de préférence la longueur d'onde  $\lambda_{\max}$  correspondant au maximum d'absorption du soluté en solution. Ici, le soluté sera du sulfate de cuivre en solution aqueuse, dont le spectre d'absorption (voir figure ci-après) présente un maximum pour une longueur d'onde  $\lambda_{\max} \approx 800$  nm, c'est-à-dire dans le domaine de l'infrarouge proche. Parmi les sources optiques disponibles, nous choisissons un laser rouge dont la longueur d'onde ( $650 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ ) se rapproche le plus de celle du maximum d'absorption. Cette longueur d'onde correspond aussi au maximum de sensibilité spectrale de la photorésistance LDR utilisée (voir paragraphe précédent).

Ici, il a été choisi d'utiliser une photorésistance, mais d'autres photodétecteurs peuvent être envisagés (une photodiode par exemple).

### Spectre d'absorbance du sulfate de cuivre en solution aqueuse en fonction de la longueur d'onde



#### Préparation d'une gamme d'étalonnage

L'atténuation de l'intensité du faisceau lumineux laser dépend de la concentration en soluté mais aussi de l'épaisseur du milieu traversé. Il convient donc d'utiliser des récipients identiques et de veiller à ce que la distance et l'orientation du faisceau sur les récipients soient identiques pour chacun. Ici, distance diode laser/photorésistance : 12 cm.

#### Réalisation de la courbe d'étalonnage

Dans les conditions expérimentales précédemment citées, il a été observé une linéarité de la courbe d'étalonnage pour des concentrations massiques en sulfate de cuivre comprises entre 15 g/L et 60 g/L.

#### Détermination de la concentration inconnue

La valeur de la concentration inconnue peut s'obtenir soit par une méthode graphique, soit en réalisant une interpolation entre deux points expérimentaux.

### Autres exemples d'exploitation pédagogique

Cette activité permet également de réinvestir ou de mener en parallèle, dans le cours de mathématiques, la réalisation d'un ajustement affine d'une série statistique à deux variables quantitatives.

Autres situations déclenchantes : vérification du dosage d'un médicament : antiseptique coloré (povidone iodée - Dakin) / désinfectant coloré (groupement 5), dosage du vert de malachite dans le cadre de la destruction d'un parasite dans un aquarium ou un bassin d'eau douce (pour tout groupement), vérification d'une norme d'un colorant alimentaire (bleu brillant E133) dans une boisson énergétique, un bonbon, un sirop (pour tout groupement).

Des parties de cette activité peuvent être adaptées au niveau de seconde professionnelle ou de CAP.

Cette activité peut également être adaptée et réinvestie en classe terminale pour le groupement 5 dans le module intitulé « Réaliser des analyses physico-chimiques ».

## Annexe technique supplémentaire

### Échelle de teinte

Une échelle de teinte est un ensemble de solutions de concentrations connues obtenues par dilution d'une solution « mère » de concentration connue et contenant un soluté coloré dans le solvant utilisé.

Plus une solution est de concentration faible en soluté coloré, plus la couleur de cette solution est claire.

Si on dispose d'une solution contenant le même soluté mais de concentration inconnue, l'échelle de teinte va permettre de réaliser un encadrement de la concentration inconnue par comparaison de sa couleur avec les différentes solutions de l'échelle de teinte.



### Sitographie

- La page [Sulfate de cuivre pour piscine : dosage, taux et dangers](#) de la plateforme digitale « Le Guide de la Piscine »