

FICHE 1

Fiche à destination des enseignants

Titre	Déterminer le pourcentage de cuivre dans une pièce de monnaie en utilisant un microcontrôleur	
Type d'activité	Activité expérimentale	
Programme de l'enseignement de spécialité de première	Notions et contenus	Capacités exigibles
	Absorbance, spectre d'absorption, couleur d'une espèce en solution, loi de Beer-Lambert.	Déterminer la quantité de matière de chaque espèce dans un mélange (liquide ou solide) à partir de sa composition. <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.</i>
Compétences de la démarche scientifique	S'approprier	Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée
	Raisonner	Elaborer un protocole Analyser un code Modélisation de l'appareil spectrophotométrie UV-Visible par une chaîne de mesure
	Réaliser	Faire un schéma électrique du dispositif proposé. <i>Mesurer et traiter un signal au moyen d'une interface de mesure ou d'un microcontrôleur.</i> <i>Réaliser un montage électrique conformément à un schéma électrique normalisé.</i> <i>Préparer une solution par dissolution ou par dilution en choisissant le matériel adapté</i> <i>Réaliser des mesures d'absorbance.</i> Produire et utiliser une courbe d'étalonnage.
	Valider	Confronter un modèle à des résultats expérimentaux Comparer à une valeur de référence
Commentaires sur l'activité proposée	L'activité pourra être décomposée en deux séances, une séance pour la construction de la chaîne de mesure du « spectrophotomètre » et une séance pour son utilisation pour la détermination du pourcentage massique de cuivre dans la pièce de 5 centimes.	
Durée	2 × 1h30	
Pré requis	Concentration en mol·L ⁻¹ . Capteurs électriques <i>Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur électrique résistif. Utiliser un microcontrôleur avec un capteur.</i>	

Fiche 2 Fiche à destination des élèves

Déterminer le pourcentage de cuivre dans une pièce de monnaie en utilisant un microcontrôleur



La pièce de 5 centimes d'euro est composée d'acier (constitué essentiellement de fer et de carbone) et de cuivre.

Son pourcentage massique en cuivre (masse de cuivre divisée par masse de la pièce) est égal à 6,6%. La masse de la pièce est de 3,93 g.

En oxydant le cuivre contenu dans la pièce par de l'acide nitrique, puis en diluant la solution obtenue et réalisant divers traitements, on obtient 30 mL d'une solution **bleue** de concentration inconnue C_0 en ions Cu^{2+} .

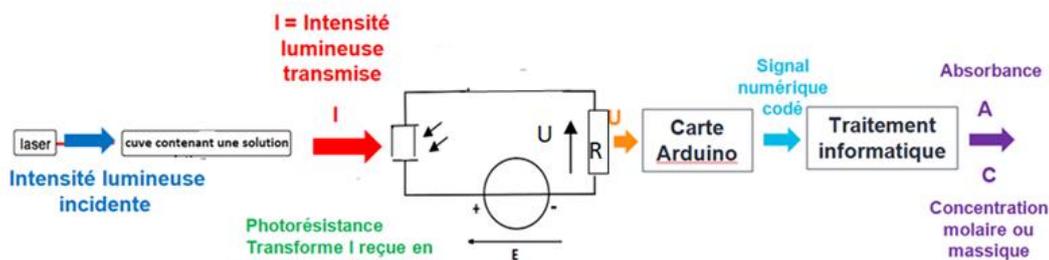
La transformation mise en jeu peut être modélisée par la réaction dont l'équation est la suivante :



Comment déterminer expérimentalement le pourcentage massique en cuivre de la pièce de 5 centimes ?

Partie A : Construction de la chaîne de mesure du « spectrophotomètre »

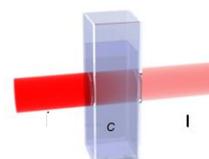
L'objectif est de concevoir un « spectrophotomètre UV-Visible ». Pour cela, on réalise un montage mêlant chimie, optique, électricité programmation, à l'aide d'un laser, d'une cuve pour spectrophotomètre, d'une carte Arduino®, d'une photorésistance, d'un conducteur ohmique et d'un ordinateur selon le montage ci-dessous :



Lors de la mise au point et de l'utilisation de ce dispositif, nous allons appréhender les différents éléments d'une chaîne de mesure :

- Depuis le signal lumineux I ,
- En passant par le signal électrique (U), donné par le capteur (photorésistance) et la résistance;
- Jusqu'au signal « numérique » (N) généré par le CAN de la carte Arduino®;
- Puis à la grandeur physique à laquelle on souhaite avoir accès (A ou C) obtenue après étalonnage de la chaîne de mesure.

L'intensité lumineuse I transmise est liée à la concentration molaire C (ou massique C_m) de l'espèce chimique, absorbant la lumière, contenue dans la solution selon la loi physique de Beer-Lambert si le cadre d'étude de cette loi est respectée.



Étape 1 : Montage expérimental

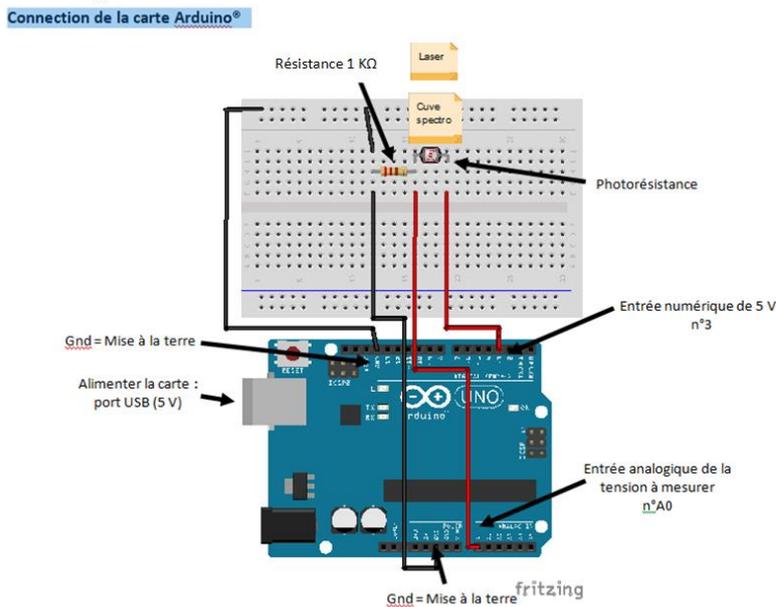
Montage optique

- Éclairer la photorésistance avec un laser rouge.
- Disposer une cuve entre la source laser et la photorésistance.

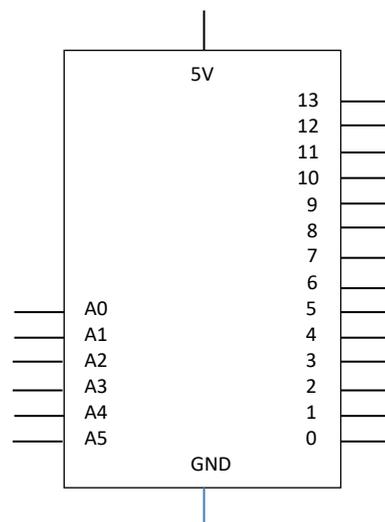
Montage électrique

- Réaliser le montage en série d'une photorésistance avec un conducteur ohmique de résistance $R = 1 \text{ k}\Omega$. L'ensemble sera soumis à une tension continue $E = 5 \text{ V}$ maximum fourni par la carte de type Arduino®.

Connexion de la carte de type Arduino®



- Schématiser le montage électrique réalisé :



Étape 2 : Validation expérimentale de la programmation

- Ouvrir le fichier « spectrophotometre.ino » qui contient le programme Arduino® qui permet de passer de l'intensité lumineuse du laser reçue par la photorésistance à une tension mesurée par la carte.

- Téléverser le programme



- Ouvrir le moniteur série 
- Vérifier que la valeur de la tension indiquée par le programme est constante : cela permet de vérifier que le laser est en position stable.
- Relever la tension indiquée par le programme dans les situations suivantes : sans cuve, avec cuve contenant uniquement le solvant, avec obstacle opaque, avec cuve contenant la solution aqueuse cuivre $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ de concentration molaire C_0 .
- Vérifier que le sens de variation de la tension indiquée et l'intensité lumineuse transmise est le même.

Partie B : Étalonnage et détermination du pourcentage massique

Étape 1 : Étalonnage de la chaîne de mesure de l'appareil de « spectrophotométrie UV-Visible »

On étudie la réponse de la photorésistance (capteur) soumis à une sollicitation (ici intensité lumineuse) via la carte Arduino® afin d'étalonner le « spectrophotomètre » : les données acquises à l'aide d'un programme Arduino®, sont alors traitées grâce à un tableur (Excel ou Regressi).

Protocole expérimental pour effectuer les mesures

- Initialiser le « spectrophotomètre » en faisant le zéro et en notant cette valeur dans le programme Arduino® (V_0) ;
- Réaliser une gamme étalon de 5 solutions aqueuses de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) de concentrations molaires C ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$; $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$; $0,4 \text{ mol.L}^{-1}$; $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$; $0,7 \text{ mol.L}^{-1}$; $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$) à partir de sulfate de cuivre solide $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (s) et de fioles jaugées de 50,0 mL ;
- Placer chacune des solutions étalons de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) de concentrations molaires C connues dans une cuve ;
- Relever la valeur (N) fournie par la CAN, la tension mesurée (V mesurée) et l'absorbance générée par le programme pour chaque cuve après les avoir disposées entre la source laser et la photorésistance ;
- Tracer le graphique $C = f(A)$ sur un tableur ;
- Vérifier si le modèle « loi de Beer-Lambert » est valable dans la gamme de concentrations testées. Si c'est le cas, noter l'équation du nuage de points modélisé.

Étape 2 : Mesure et automatisation

Programmation

- Déverrouiller la partie du programme grisée donnant la concentration molaire en supprimant /* au début du texte et */ à la fin du texte ;
- Modifier le programme en inscrivant l'équation de modélisation obtenue dans la partie B ;
- Vérifier avec une autre solution de concentration connue que le programme crée indique bien la concentration attendue ;
- Faire la mesure la solution de concentration inconnue C_0 .

Étape 3 : Détermination du pourcentage massique

- A partir de la mesure de C_0 déterminer la valeur du pourcentage massique en cuivre de la pièce de 5 centimes. Conclure.