

Introduction : Au laboratoire, on dispose souvent de produits chimiques en solution dans l'eau. Ces solutions dites aqueuses sont plus ou moins concentrées. Il existe un lien entre la teinte d'une solution colorée et sa concentration. En effet plus la coloration est intense, plus la concentration de l'espèce absorbante est élevée. La solution aqueuse de sulfate de nickel ($\text{Ni}^{2+}_{\text{aq}} + \text{SO}_4^{2-}_{\text{aq}}$) utilisée durant ce TP est vert pâle à vert soutenu. Cette propriété peut être utilisée pour réaliser une échelle de teintes (cf TP de seconde), et ainsi déterminer par encadrement la concentration d'une solution : on parle de **colorimétrie**.

Objectif : Dans ce TP nous allons utiliser un colorimètre et l'ordinateur, pour déterminer de façon précise, la concentration d'une solution de sulfate de nickel.

I°) Principe du colorimètre :

Nous allons utiliser comme capteur sensible à la lumière une **photodiode**. Comme toutes les diodes, elle ne laisse passer le courant que dans un seul sens si elle est dans l'obscurité. Mais à la différence d'une diode ordinaire, elle laissera passer un faible courant en sens inverse si elle est éclairée. L'intensité de ce courant dépend du flux lumineux (F_T) qui éclaire la photodiode.

Une diode électroluminescente (LED) éclaire une petite cuve contenant la solution colorée. Le flux lumineux (F_T) qui traverse la solution éclaire la photodiode. Il faut mesurer le courant qui la traverse.

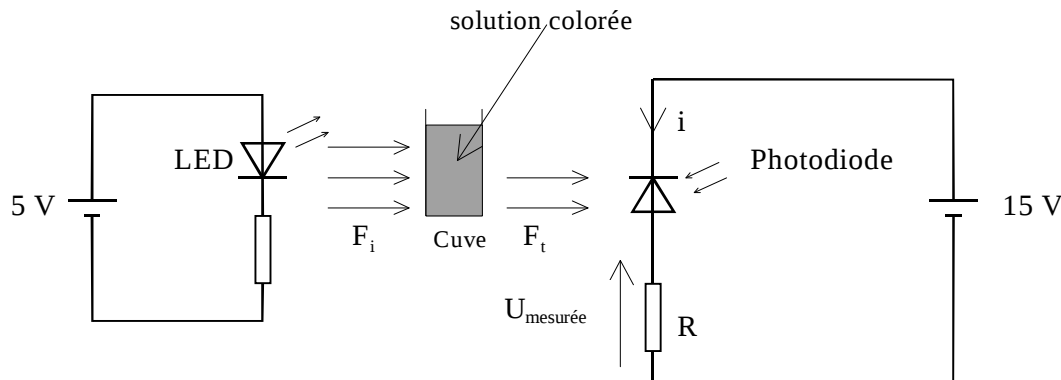
a°) Expliquer comment mesurer le courant qui traverse la photodiode (cf schéma)

Pour mesurer le courant qui traverse la photodiode, on place une résistance R en série. En appliquant la loi d'ohm ($U_{\text{mesurée}} = R \times i$) et en branchant un voltmètre en parallèle de cette même résistance on pourra trouver

$$i = \frac{U_{\text{mesurée}}}{R}$$

b°) Comment doit être la valeur de R pour obtenir une tension mesurable à l'ordinateur ?

Pour avoir une valeur de U mesurable à l'ordinateur il faut une valeur de R suffisamment grande (car i petit, quelques mA), il faudra au moins une résistance de l'ordre du kilo ohm.



Principe du colorimètre

L'étude d'une photodiode montre que le courant qui la traverse est proportionnel à son éclairage. Nous allons utiliser cette propriété pour chercher une relation liant la tension U mesurée à la concentration de la solution.

II°) Les solutions étalons :

On dispose de 10 fioles jaugées de 50 mL, numérotées de 1 à 10. Dans la première, le laborantin a mis 1,0 mL de solution molaire (1,0 mol/L) de sulfate de nickel; puis 2,0 mL dans la seconde, 3,0 mL dans la troisième, ect... Il a complété chaque fiole avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

a°) Calculer la concentration molaire C en sulfate de nickel pour chacune des 10 fioles (solutions filles).

On applique la formule $C_{\text{mère}} \times V_{\text{prélevé mère}} = C_{\text{fille}} \times V_{\text{fille}}$ ici il faut trouver la concentration des solutions filles donc

on a $C_{\text{fille}} = \frac{C_{\text{mère}} \times V_{\text{prélevé mère}}}{V_{\text{fille}}}$ soit $C_1 = \frac{1 \times 1}{50} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$, $C_2 = \frac{2 \times 1}{50} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$, $C_3 = \frac{3 \times 1}{50} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$

$C_4 = \frac{4 \times 1}{50} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$, $C_5 = \frac{5 \times 1}{50} = 10^{-1} \text{ mol/L}$, $C_6 = \frac{5 \times 1}{50} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ et ainsi de suite on donc

$C_7 = 1,4 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$, $C_8 = 1,6 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$, $C_9 = 1,8 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$, $C_{10} = 2,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$

b°) Préparer un tableau sur EXCEL avec la concentration de la solution fille, le volume de la solution mère prélevé, le volume d'eau rajouté dans la fiole et la tension U (V) (N'oublier pas le titre et la mise en page). Ne pas imprimer. Sauvegarder.

Faire vérifier votre tableau par le professeur.

U(V)	C(mol/L)	V _{mère} prélevé (mL)	V _{eau} rajouté (mL)	A=LOG (U ₀ /U)
9,27	0,02	1	49	0,035
8,65	0,04	2	48	0,065
7,76	0,06	3	47	0,112
7,685	0,08	4	46	0,117
7,11	0,1	5	45	0,150
6,85	0,12	6	44	0,166
6,18	0,14	7	43	0,211
5,82	0,16	8	42	0,237
5,37	0,18	9	41	0,272
5,13	0,2	10	40	0,292

Tension de référence $U_0=10,05$ V

III°) Mesures :

Durant une mesure, le colorimètre est fermé (capuchon noir).

- Alimenter l'appareil en (+15 V,-15V) 5 minutes avant de s'en servir.
- Brancher sur les bornes de sortie un voltmètre.
- Le premier réglage à effectuer est le « zéro » : Le commutateur d'allumage des Led étant sur « arrêt », placer l'ampli sur le maximum et faire le réglage du zéro.
- Remplir une cuve aux trois quarts d'eau puis placer la dans le colorimètre , remettre le capuchon protecteur. Il faut veiller à positionner les cuves de telle manière que les faces striées ne soient pas sur le trajet de la lumière
- Choisir une LED de lumière rouge.
- Régler le maximum d'amplification de façon à avoir 10 V en sortie : ce réglage s'appelle **réglage du blanc**.
- Pour faciliter le traitement des résultats, nous allons utiliser une interface d'acquisition (CTS : mesure de 2 tensions) en continu.
- Placer ensuite dans le colorimètre des cuves contenant un peu des solutions préparées dans les fioles : **attention à ne pas les confondre !**
- Enregistrer la valeur de U pour chaque solution testée.
- Reporter ces valeurs dans le tableau réalisé sous EXCEL (**veiller à ce que la concentration corresponde bien à la valeur de U**).

IV°) Interprétations de l'expérience :

a°) Que constatez vous concernant l'évolution de la tension par rapport à la concentration ? Interpréter.

Quand la tension diminue, la concentration augmente. Ce constat est cohérent avec le fait que plus la solution est concentrée, moins elle ne laisse passer de lumière, par conséquent la photodiode est moins éclairée, il y a donc moins de courant qui circule dans le circuit contenant R ($U_{\text{mesurée}}$ aux bornes de R diminue).

b°) Pourquoi place-t-on un capuchon noir lors d'une mesure?

On place un capuchon noir pour éviter les lumières parasites (lampe, soleil ...) qui fausseraient les mesures.

c°) Pourquoi utilise-t-on une lumière rouge et pas verte pour la solution de sulfate de nickel ?

Le sulfate de Nickel est vert, cette solution absorbe toutes les couleurs sauf le vert (bleu + jaune), il faut donc prendre une couleur complémentaire c'est-à-dire le rouge.

d°) Si on avait utilisé une solution de permanganate de potassium de couleur violette, quelle couleur fallait-il choisir sur le colorimètre ? Le permanganate de potassium est violet (voir Magenta pour une solution diluée) on choisit donc une couleur complémentaire du magenta (bleu +rouge), c'est pourquoi on prendra une diode verte.

IV°) Exploitation des mesures :

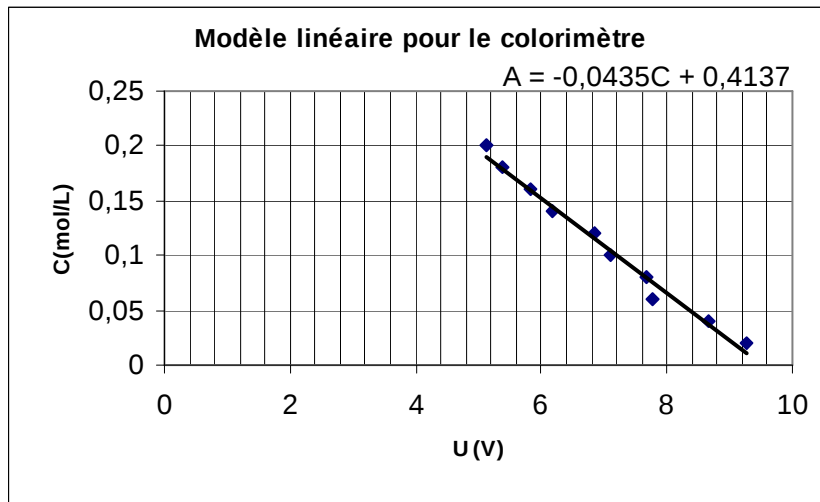
1°) Modèle linéaire :

On suppose dans un premier temps que la relation liant U et C est de la forme $C=a \times U + b$

a°) Utiliser l'assistant graphique d'EXCEL pour tracer $C=f(U)$.

b°) Donner les valeurs de a et b . $a=-0,0435$ et $b=0,4137$

c°) Ce modèle linéaire convient-il ? Tous les points ne semblent pas alignés, c'est pourquoi ce modèle linéaire n'est pas le plus approprié.



2°) Modèle de Beer-Lambert :

Lorsqu'on étudie le phénomène d'absorption de la lumière par une solution, on fait souvent référence à la loi de Beer-Lambert. Cette loi dit que l'absorbance A d'une solution est proportionnelle à la concentration ($A=k \times C$). La définition de l'absorbance est : $A = \log (F_i/F_t)$, où F_i est le flux lumineux incident, F_t le flux lumineux transmis ; l'écriture « log » signifie logarithme décimal, c'est une fonction mathématique que vous découvrirez en terminale. Le nombre A est un nombre sans unité, il est toujours positif.

Cherchons à exprimer A en fonction de U . Nous avons déjà dit que le courant traversant la photodiode est proportionnel au flux lumineux qu'elle reçoit : $F_t = k \times I$; comme par ailleurs $U = R \times I$, on a $F_t = k \times U/R$.

Pour la solution d'eau distillée (réglage du blanc), la photodiode reçoit le flux $F_i = k \times U_0/R$.

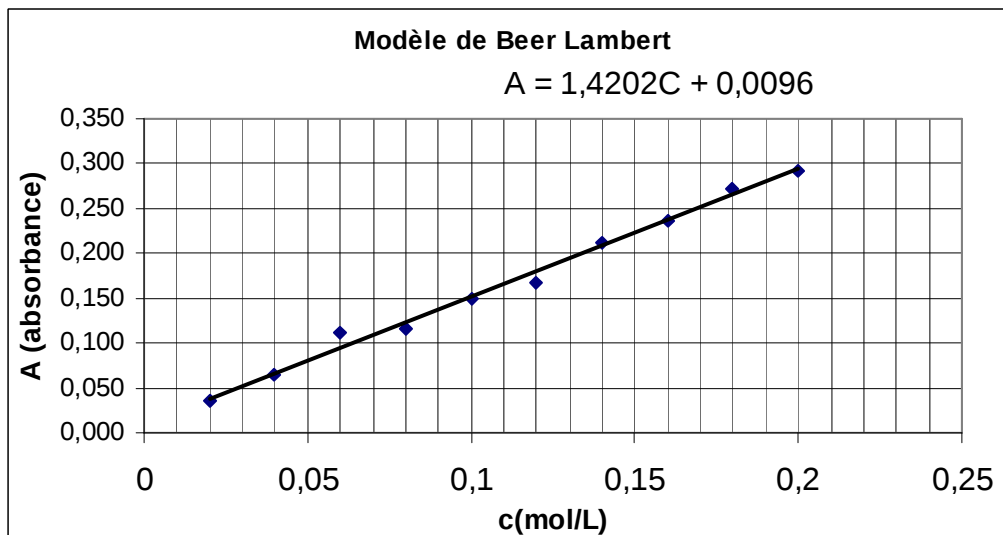
Dans ce cas l'absorbance s'écrit :

$$A = \log(U_0/U)$$

a°) Compléter votre tableau dans Excel avec une colonne donnant l'absorbance ($\log (U_0/U)$) (attention à bien utiliser la fonction log décimal).

b°) Utiliser l'assistant graphique pour tracer $A = f(C)$.

c°) Tracer la courbe de tendance et donner l'équation de la droite obtenue.



3°) Exploitation :

- Prendre la cuve contenant la solution de sulfate de nickel de concentration inconnue (table du professeur), la placer dans le colorimètre, et noter la valeur de U .

Déterminer l'absorbance de cette solution, puis en déduire sa concentration (à l'aide de l'équation de la courbe de tendance)

Solution inconnue : $U = 5,78$ V soit une absorbance de $\log (10,05/5,78) = 0,24$. Avec l'équation obtenue avec le modèle de Beer Lambert, on trouve une concentration de $(0,24 - 0,0117)/1,4162 \approx 0,16$ mol/L (solution 8)