

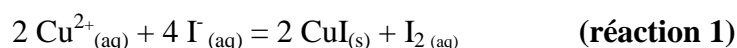
Le but de l'exercice est d'illustrer le dosage de solutions parfois utilisées en hydrométallurgie et contenant des ions cuivre (II) :  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ .

On dispose d'une solution  $S_1$  contenant des ions  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ .

### 1. UNE PREMIÈRE MÉTHODE DE DOSAGE

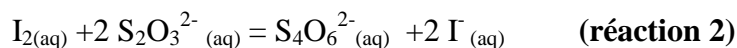
Cette méthode met en jeu deux réactions successives : on prélève un volume  $V_1 = 20,0$  mL de la solution  $S_1$  que l'on place dans un erlenmeyer, on ajoute une solution d'iodure de potassium ( $\text{K}^{+}_{(\text{aq})} + \text{I}^{-}_{(\text{aq})}$ ).

La transformation chimique mise en jeu est modélisée par :



On dose ensuite le diode formé  $\text{I}_{2(\text{aq})}$  par une solution de thiosulfate de sodium ( $2 \text{Na}^{+}_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ ) : l'erlenmeyer est placé sous une burette contenant la solution de thiosulfate de sodium telle que  $[\text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(\text{aq})}] = 0,40 \text{ mol.L}^{-1}$ . L'équivalence est repérée grâce à la décoloration d'empois d'amidon ajouté. Le volume de solution de thiosulfate de sodium ajouté est alors  $V_E = 12,4$  mL.

La transformation chimique mise en jeu est modélisée par :



1.1. Quelques questions sur cette méthode de dosage.

1.1.1. Dans la réaction (1), il est nécessaire que l'ion iodure  $\text{I}^{-}_{(\text{aq})}$  soit en excès par rapport aux ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ . Justifier cette nécessité.

**On considérera que cette condition est vérifiée par la suite.**

1.1.2. La méthode proposée constitue-t-elle un dosage direct ou indirect des ions  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$  ? Justifier votre réponse.

1.2. Exploitation du dosage.

On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

1.2.1. Quelle relation lie les quantités de diiode  $n_{\text{I}_2}$  et d'ions thiosulfate  $n_{\text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$  ayant réagi à l'équivalence ?

1.2.2. Quelle relation lie les quantités de diiode  $n_{\text{I}_2}$  et d'ions cuivre  $n_{\text{Cu}^{2+}}$  mises en jeu lors de la réaction (1) ?

1.2.3. En déduire la concentration  $[\text{Cu}^{2+}]$  de la solution  $S_1$  en ion cuivre (II).

### 2. DEUXIÈME MÉTHODE DE DOSAGE

On veut maintenant réaliser le dosage spectrophotométrique de la solution  $S_1$ .

Pour cela, on prépare un ensemble de solutions de sulfate de cuivre ( $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ ) à partir d'une solution mère  $S_m$  de concentration  $c_m = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ . La teinte bleue de ces solutions est due à la présence des ions  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ .

| Solution                                      | S <sub>m</sub> | S <sub>d1</sub> | S <sub>d2</sub> | S <sub>d3</sub> | S <sub>d4</sub> | S <sub>d5</sub> |
|---|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| [Cu <sup>2+</sup> ]<br>(mol.L <sup>-1</sup> ) | 0,500          | 0,250           | 0,200           | 0,100           | 0,050           | 0,010           |

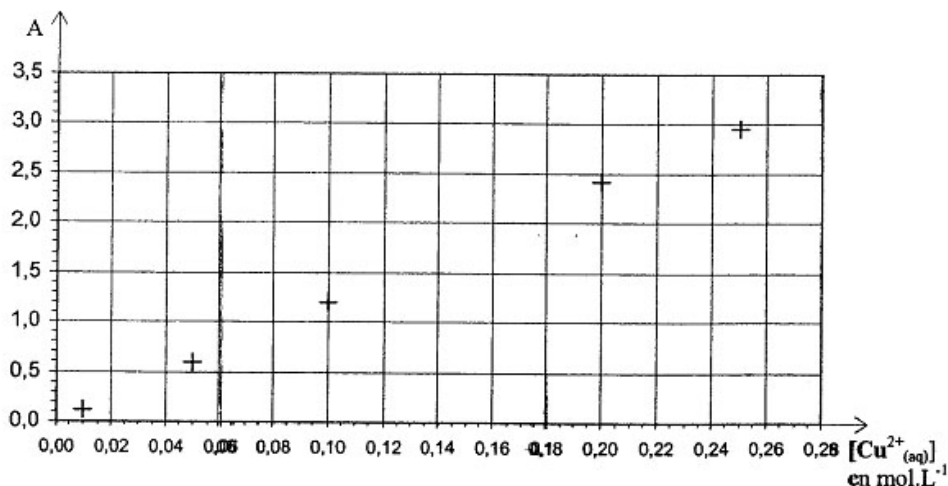
2.1. Préparation d'une solution diluée : décrire soigneusement la préparation de 50 mL de la solution S<sub>d2</sub> à partir de la solution mère S<sub>m</sub> sachant que l'on dispose de la verrerie suivante :

- fioles jaugées de 25 mL, 50 mL, 100 mL ;
- pipettes jaugées de 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- béchers de 50 mL et de 100 mL ;
- éprouvettes graduées de 20 mL et 50 mL.

2.2. Mesure de l'absorbance de chacune des solutions avec un spectrophotomètre.

2.2.1. L'opérateur introduit de l'eau distillée dans une cuve qu'il place dans le spectrophotomètre, il règle alors l'absorbance sur la valeur "zéro". Justifier cette opération.

2.2.2. On mesure l'absorbance des solutions préparées. Les points expérimentaux sont présentés sur le graphique suivant :



La loi de Beer-Lambert  $A = k \cdot [Cu^{2+}_{(aq)}]$  est-elle vérifiée ?

2.3. Détermination de la concentration de la solution S<sub>1</sub>.

On prélève 25,0 mL de cette solution que l'on introduit dans une fiole jaugée de 50 mL dont on complète le niveau avec de l'eau distillée. Après homogénéisation l'absorbance de cette solution S<sub>2</sub> est mesurée : on trouve A = 1,5.

Déterminer graphiquement la concentration en ions Cu<sup>2+</sup><sub>(aq)</sub> de la solution S<sub>2</sub>. En déduire celle de la solution S<sub>1</sub>.

2.4. La méthode employée constitue-t-elle un dosage par titrage ou un dosage par étalonnage ? Justifier.

### **3.VALIDITÉ DES DOSAGES**

3.1. Préparation de la solution S<sub>1</sub>.

En réalité, la solution S<sub>1</sub> a été préparée par dissolution de sulfate de cuivre pentahydraté solide (CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O) de masse molaire M = 249,6 g.mol<sup>-1</sup>.

Une masse m = 15,6 g de ce produit est utilisée pour préparer un volume V = 250 mL de solution, déterminer la concentration en ions Cu<sup>2+</sup><sub>(aq)</sub> de cette solution.

3.2. Conclure sur la validité des dosages effectués précédemment. Justifier votre réponse.

On veut transmettre, entre des points éloignés, des signaux (sons ou images par exemple) dont la portée est très limitée. La modulation d'amplitude permet cette transmission.

On souhaite réaliser une modulation d'amplitude à l'aide de deux tensions alternatives et périodiques :

- On envisage dans cet exercice un signal sonore utilisé pour produire une tension électrique sinusoïdale  $u_1(t)$ ,
- et une tension également sinusoïdale  $u_2(t)$ , provenant d'un GBF. On donne les caractéristiques de  $u_2(t)$ : amplitude voisine de 2V; fréquence 100 kHz

La tension modulée génère une onde électromagnétique.

L'émission (comme la réception) du signal modulé se fait avec une antenne métallique. Dans le cas d'une antenne linéaire, on montre qu'un bon fonctionnement de l'ensemble impose à l'antenne d'être d'une taille comparable à la longueur d'onde du signal émis.

Données :

Célérité de la lumière dans l'air  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

Domaine de fréquences des sons audibles : [20 Hz ; 20 kHz].

### 1. Une des raisons de la modulation

1.1. Des tensions  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$ , quelle est celle appelée porteuse ? Justifier.

1.2. Si une station émettait directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore, à quel intervalle de longueurs d'onde appartiendrait ce signal électromagnétique ?

1.3. En se servant du texte introductif, avancer une raison pour laquelle les stations de radio n'émettent pas directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore.

### 2. Étude de la modulation

Lors d'une séance de travaux pratiques, un élève réalise des expériences qui illustrent l'émission et la réception d'un signal sinusoïdal de fréquence  $f_m = 500 \text{ Hz}$ .

2.1. Recopier la phrase suivante en la complétant par les termes convenables choisis dans la liste suivante :

*affine, faible, sinusoïdal(e), modulant(e), élevé(e), modulé(e)*

L'onde porteuse est un signal sinusoïdal de fréquence  $f_p$  ..... . Le signal modulé a une amplitude qui est une fonction ..... du signal .....

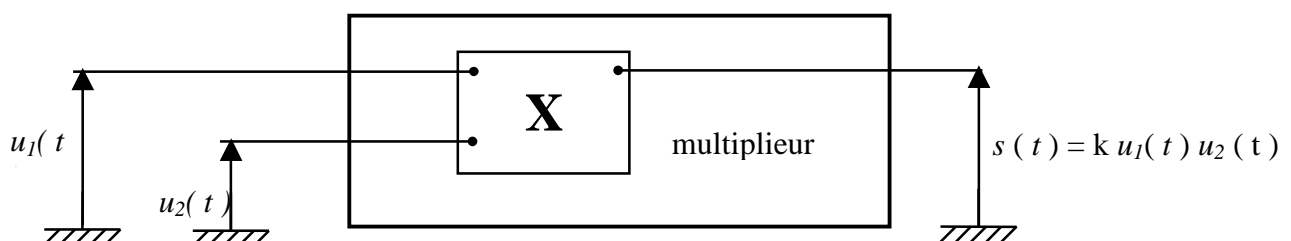
2.2. Pour réaliser une modulation d'amplitude, les élèves utilisent un montage multiplieur (représenté sur la figure ci-dessous) agissant sur les tensions  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$  dont les expressions sont :

$$u_1(t) = U_0 + U_m \cos(2\pi f_m t)$$

$$u_2(t) = U_p \cos(2\pi f_p t)$$

avec  $U_m \cos(2\pi f_m t)$  la tension modulante,  $U_0$  une tension constante positive et  $u_2(t) = U_p \cos(2\pi f_p t)$  la tension porteuse.

Ce montage délivre une tension de sortie  $s(t)$  telle que  $s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$ . où  $k$  est un coefficient caractéristique du multiplieur.



2.2.1. Quelle est l'unité du coefficient k ?

2.2.2. A partir de la relation  $s(t) = k.u_1(t).u_2(t)$ , en remplaçant  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$  par leurs expressions respectives  $u_1(t) = U_o + U_m \cos (2\pi f_m t)$  et  $u_2(t) = U_p \cos (2\pi f_p t)$ , montrer que la tension de sortie  $s(t)$  peut se mettre sous la forme :

$$s(t) = A [ 1 + m \cos (2\pi f_m t) ] \cos (2\pi f_p t)$$

avec  $A = kU_oU_p$  et  $m = \frac{U_m}{U_o}$  (taux de modulation).

2.2.3. On veut éviter la surmodulation qui se produit lorsque l'amplitude du signal modulant est supérieure à  $U_o$ .

Dans quel intervalle de valeurs doit se situer le taux de modulation  $m$  pour réaliser une bonne modulation d'amplitude ?

2.3. L'élève visualise la tension  $s(t)$  à l'aide d'un oscilloscope, il obtient la courbe suivante :

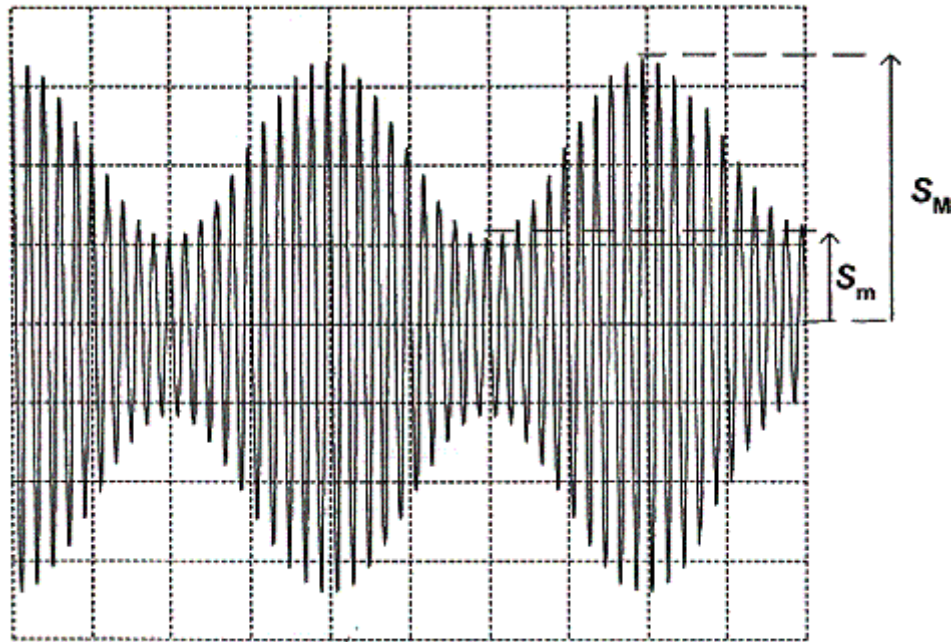


Figure 1

Réglages de l'oscilloscope :

Balayage : 0,5 ms /div

Sensibilité verticale : 0,5 V / div

On montre que le taux de modulation  $m$  peut s'exprimer selon la relation :

$$m = \frac{S_M - S_m}{S_M + S_m}$$

Les grandeurs  $S_M$  et  $S_m$  sont représentées sur la figure 1.

2.3.1. À partir de la figure 1, déduire une valeur numérique approchée de  $m$

2.3.2. Vérifier que la fréquence de la porteuse utilisée est  $f_p = 10$  kHz.