

I. Comment déterminer le relief du fond marin avec un sondeur ? (11 points)

- Les 2 parties de l'exercice sont indépendantes.

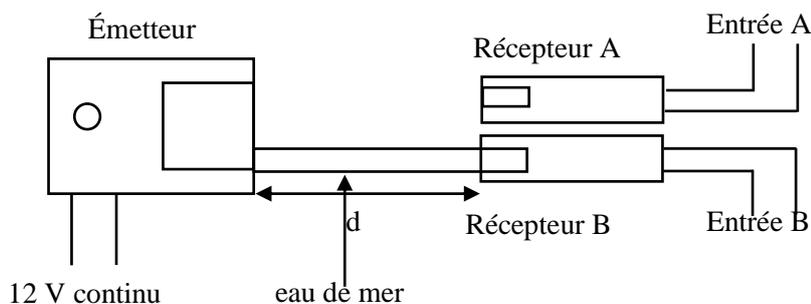
1. Étude de l'onde ultrasonore dans l'eau de mer.

1.1. Définir une onde mécanique progressive.

1.2. L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.

2. Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.

- La célérité (ou vitesse) des ultrasons dans l'air $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ est plus faible que la célérité des ultrasons dans l'eau de mer v_{eau} .
- Un émetteur produit simultanément des salves d'ondes ultrasonores dans un tube rempli d'eau de mer et dans l'air (voir figure 1 ci-dessous).

**Figure 1**

- À une distance d de l'émetteur d'ondes ultrasonores, sont placés deux récepteurs, l'un dans l'air et l'autre dans l'eau de mer.
 - Le récepteur A est relié à l'entrée A du système d'acquisition d'un ordinateur et le récepteur B à l'entrée B. L'acquisition commence lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B du système.
- 2.1. Pourquoi est-il nécessaire de déclencher l'acquisition lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B ?
- 2.2. Donner l'expression du retard Δt entre la réception des ultrasons par les deux récepteurs en fonction de t_A et t_B , durées que mettent les ultrasons pour parcourir respectivement la distance d dans l'air et dans l'eau de mer. Justifier l'ordre des termes.
- 2.3. On détermine Δt pour différentes distances d entre l'émetteur et les récepteurs. On traite les données avec un tableur et on obtient le graphe $\Delta t = f(d)$ **en annexe page 4.**
- 2.3.1 Démontrer que Δt s'exprime en fonction de d , v_{air} , v_{eau} par la relation suivante : $\Delta t = d \times \left(\frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_{\text{eau}}} \right)$
- En cas d'échec à cette question, vous utiliserez cette relation pour la suite.*
- 2.3.2 Justifier l'allure de la courbe obtenue $\Delta t = f(d)$ **en annexe page 4.**
- 2.3.3 Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite $\Delta t = f(d)$ en précisant les unités du résultat.
- 2.3.4 En déduire la valeur de la célérité v_{eau} des ultrasons dans l'eau de mer en prenant $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

II. Quelle teneur en cuivre dans une pièce de 5 centimes d'euro ? (9 points)



- La pièce de 5 centimes d'euro est composée d'un centre en acier (constitué essentiellement de fer et de carbone) entouré de cuivre. Elle a un diamètre de 21,25 mm, une épaisseur de 1,67 mm et une masse de 3,93 g.
- On cherche par une méthode spectrophotométrique à déterminer la teneur en cuivre d'une telle pièce.
- Le cuivre, de masse molaire $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, est un métal qui peut être totalement oxydé en ions cuivre (II) par un oxydant puissant tel que l'acide nitrique selon la réaction d'équation :
$$3 \text{Cu}_{(s)} + 8 \text{H}^+_{(aq)} + 2 \text{NO}_3^-_{(aq)} \longrightarrow 3 \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2 \text{NO}_{(g)}$$
- Les ions cuivre (II) formés se retrouvent intégralement dissous en solution ; le monoxyde d'azote NO est un gaz peu soluble.
- En pratique, on dépose une pièce de 5 centimes dans un erlenmeyer de 100 mL, on place cet erlenmeyer sous la hotte et on met en fonctionnement la ventilation. Équipé de gants et de lunettes de protection, on verse dans l'erlenmeyer 20 mL d'une solution d'acide nitrique d'une concentration environ égale à $7 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
- La pièce est alors assez vite oxydée et on obtient une solution notée S_1 .
- On transfère intégralement cette solution S_1 dans une fiole jaugée de 100 mL et on complète cette dernière avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On obtient une solution S_2 qui contient également des ions fer (III) provenant de la réaction entre l'acide nitrique et le fer contenu dans le centre d'acier de la pièce.
- **L'absorbance de la solution S_2 à 800 nm est mesurée, elle vaut 0,575.**

1. Étalonnage

- 1.1. Déterminer, en argumentant votre réponse et en utilisant le **document 1 page 3**, les couleurs attendues pour une solution d'ions cuivre(II) et pour une solution d'ions fer (III). Pour quelle raison choisit-on de travailler à une longueur d'onde de 800 nm ?
- 1.2. Donner l'énoncé de la loi de Beer-Lambert et donner deux conditions d'utilisation de cette loi.
- 1.3. On fait subir à différents échantillons de métal cuivre pur le même traitement que celui décrit ci-dessus pour la pièce. On obtient alors des solutions d'ions cuivre (II) dont on mesure l'absorbance à 800 nm. Montrer, en utilisant le **document 2 page 4**, que la loi de Beer-Lambert est vérifiée pour ces solutions d'ions cuivre (II).

2. Détermination de la teneur en cuivre dans la pièce

- 2.1. Déterminer la masse de cuivre contenue dans la pièce de 5 centimes d'euro.
 - 10 groupes d'élèves ont déterminé expérimentalement la masse de cuivre présente dans 10 pièces de 5 centimes de même masse. Leurs résultats sont les suivants :

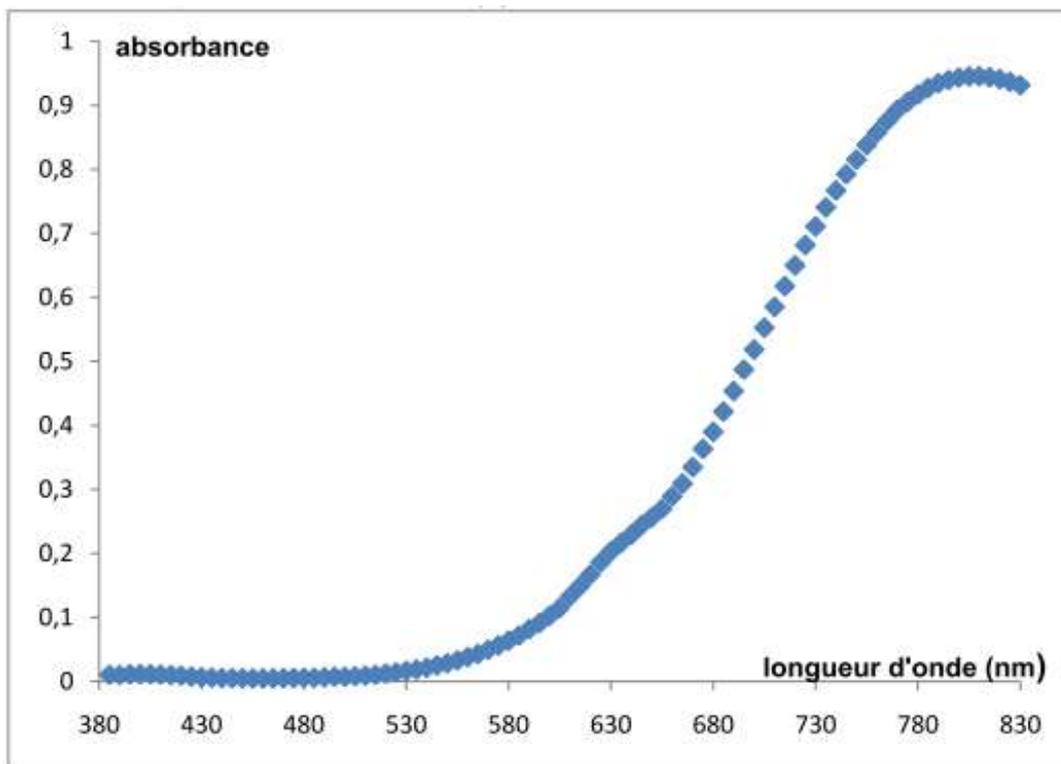
Groupe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Masse de cuivre (mg)	260	270	265	263	264	265	262	261	269	267

- 2.2. Votre résultat obtenu est-il cohérent avec ceux des élèves. Justifier votre réponse.
- 2.3. Calculer la teneur (ou « pourcentage massique ») en cuivre dans la pièce à partir de la valeur moyenne de masse de cuivre obtenue par les 10 groupes d'élèves.

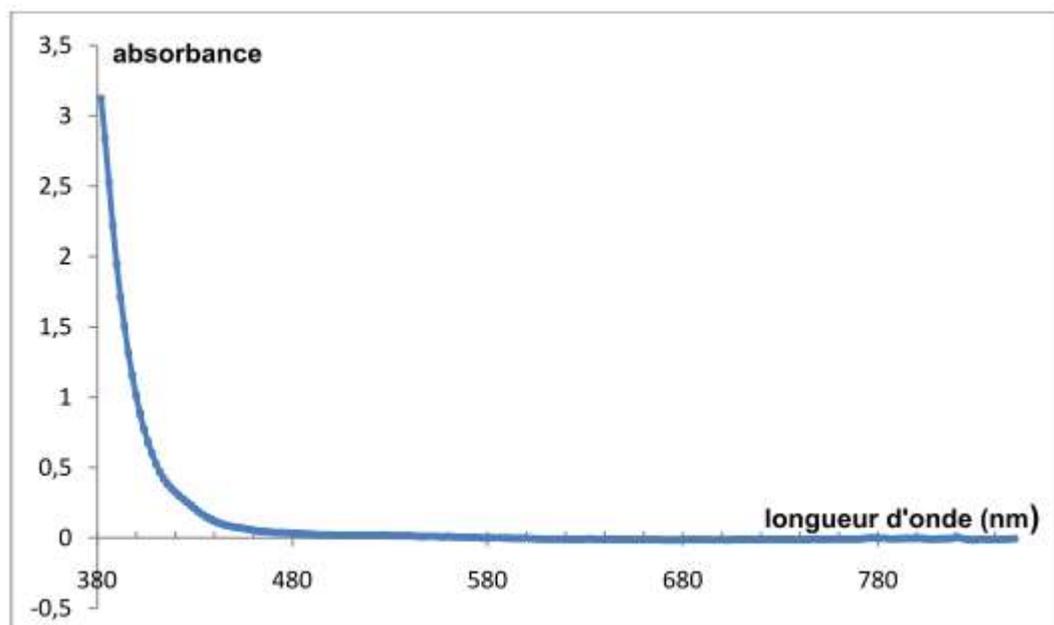
II.1 Document 1 : Spectres d'absorption des ions cuivre (II) et fer (III) dans l'eau.

- On donne ci-dessous les spectres d'absorption d'une solution d'ions cuivre (II) et d'une solution d'ions fer (III), ainsi qu'un tableau reliant longueur d'onde d'absorption et couleur complémentaire. Le « blanc » a été fait avec de l'eau pure.

Solution aqueuse d'ions cuivre (II) Cu^{2+} de concentration $7,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$



Solution aqueuse d'ions fer (III) Fe^{3+} de concentration $5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$



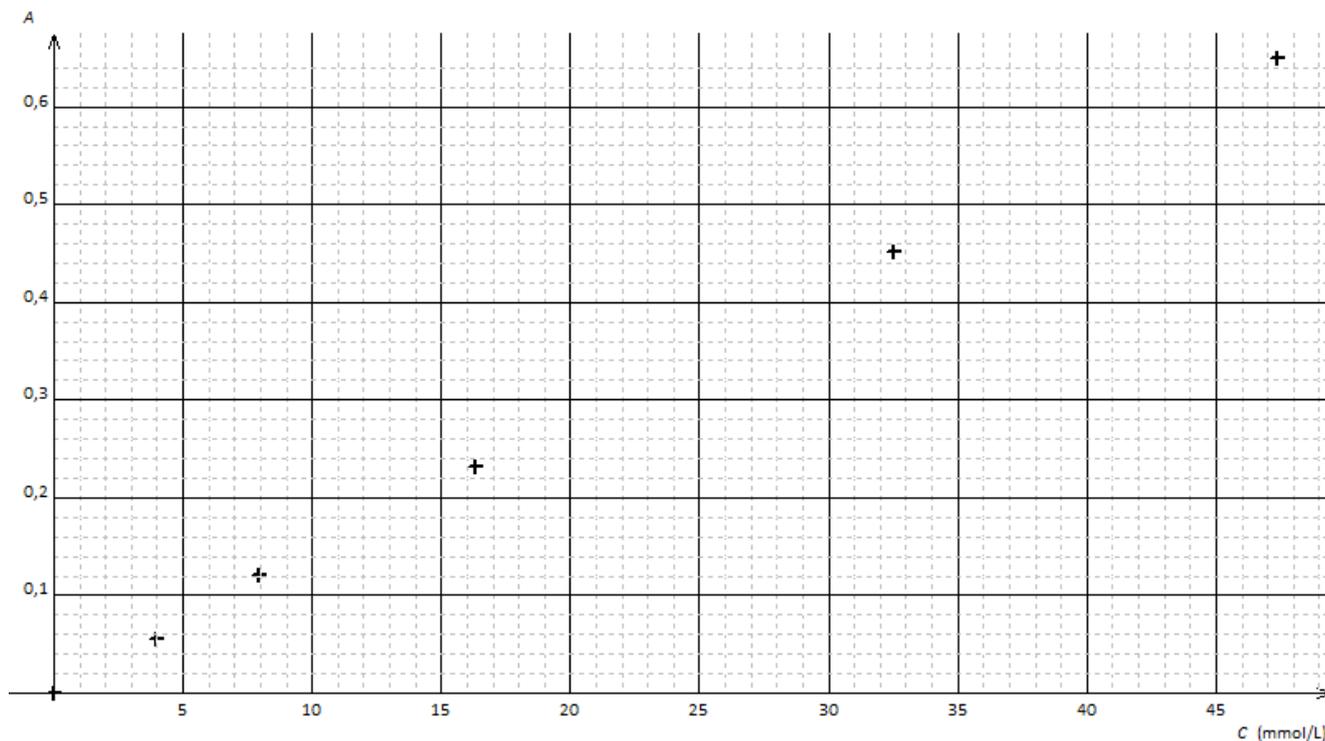
couleur absorbée	violet	bleu	vert	jaune	orange	Rouge
longueur d'onde d'absorption (nm)	400-424	424-491	491-575	575-585	585-647	647-850
couleur complémentaire	jaune-vert	jaune	pourpre	bleu	vert-bleu	bleu-vert

II.1. Document 2 : Courbe d'étalonnage

- Tableau donnant l'absorbance A à 800 nm de solutions aqueuses contenant des ions cuivre (II), obtenues à partir de divers échantillons de métal cuivre pur :

Masse de l'échantillon de cuivre (mg)	0	25,1	50,6	103,8	206,2	300,6
Concentration (mol.L^{-1})	0	$3,95 \times 10^{-3}$	$7,97 \times 10^{-3}$	$1,63 \times 10^{-2}$	$3,25 \times 10^{-2}$	$4,74 \times 10^{-2}$
Absorbance A	0	0,055	0,121	0,231	0,452	0,649

Courbe $A = f(C)$ avec C en mmol/L



I.2. courbe $\Delta t = f(d)$ avec d en m et Δt en ms

