

EXERCICE III : NETTOYAGE EN ARCHEOLOGIE

Les parties 1 et 2 sont totalement indépendantes.

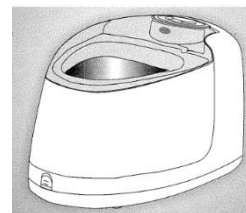
Partie 1 : Les ultrasons au service du nettoyage

On trouve dans le commerce des appareils de nettoyage utilisant les ultrasons. Le document 1 décrit la première page de la notice d'un exemple d'appareil de ce type.

Document 1 : notice simplifiée d'un appareil de nettoyage à ultrasons

Descriptif :

- réservoir amovible en acier inoxydable
- fréquence des ultrasons 42 kHz à $\pm 2\%$
- nettoyage facile des objets immergés dans l'eau sous l'effet des ultrasons
- utiliser de préférence de l'eau fraîchement tirée du robinet.



Référence : nettoyeur à ultrasons CD-3900

1. Étude des ultrasons

Données : - célérité des ultrasons dans l'air : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$ à 25 °C.
- célérité des ultrasons dans l'eau : $v' = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

On souhaite étudier les ultrasons émis par l'appareil décrit dans le document 1. Pour cela, on isole l'émetteur E à ultrasons de cet appareil et on visualise le signal émis à l'aide d'un capteur relié à la voie 1 d'un oscilloscope. Les mesures sont faites dans l'air à la température de 20°C. On obtient le signal u_E suivant :

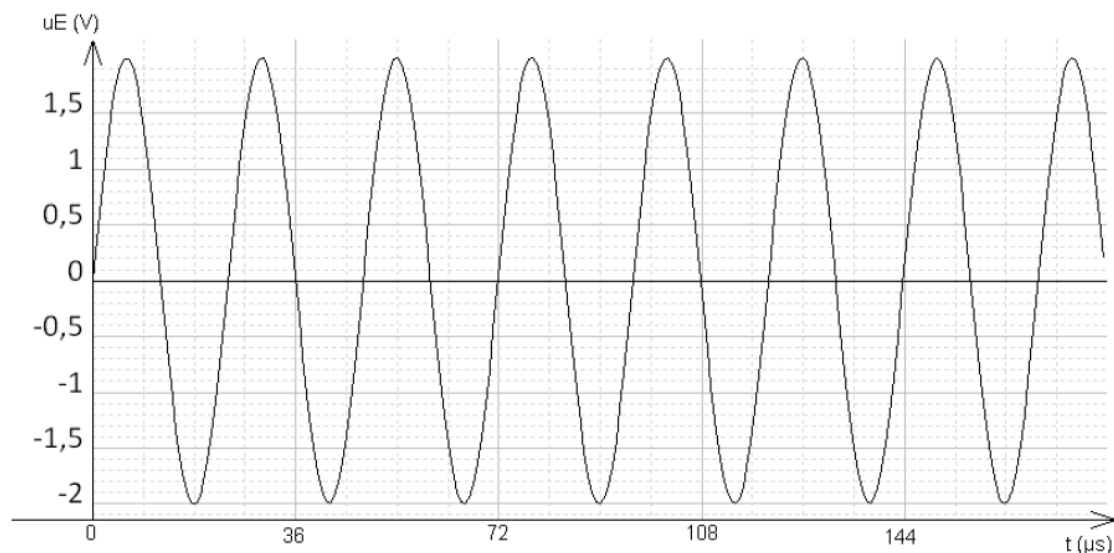


Figure 1

1.1. Déterminer, le plus précisément possible, la période T du signal représenté sur la figure 1.

Expliquer la méthode. **0,5 pt**

En mesurant $7T$ et en mesurant les graduations on arrive à $T = 23,9 \mu\text{s}$ (on acceptera autour, par exemple $24 \mu\text{s}$...)

1.2. En déduire la fréquence f des ultrasons. Comparer avec la valeur de référence. **0,25 pt**

41,8 kHz 0,5% d'écart avec la valeur de référence

1.3. On souhaite déterminer la longueur d'onde λ des ultrasons. Pour cela, on visualise à la fois le signal émis par l'appareil et appliqué sur la voie 1 d'un oscilloscope et le signal u_R reçu par un récepteur R à ultrasons connecté sur la voie 2 de cet oscilloscope. On part d'une situation où les signaux délivrés par l'émetteur E et par le récepteur R placés en face sont en phase. On s'aperçoit que lorsque l'on éloigne le récepteur R tout en restant en face de l'émetteur fixe E, la courbe qui correspond au récepteur se décale vers la droite. Les signaux obtenus sont représentés sur la **figure 2** lorsque les courbes reviennent pour la première fois en phase. On détermine la distance dont on a déplacé le récepteur R lorsque l'on obtient la **figure 2** page suivante, et on mesure 8 mm.

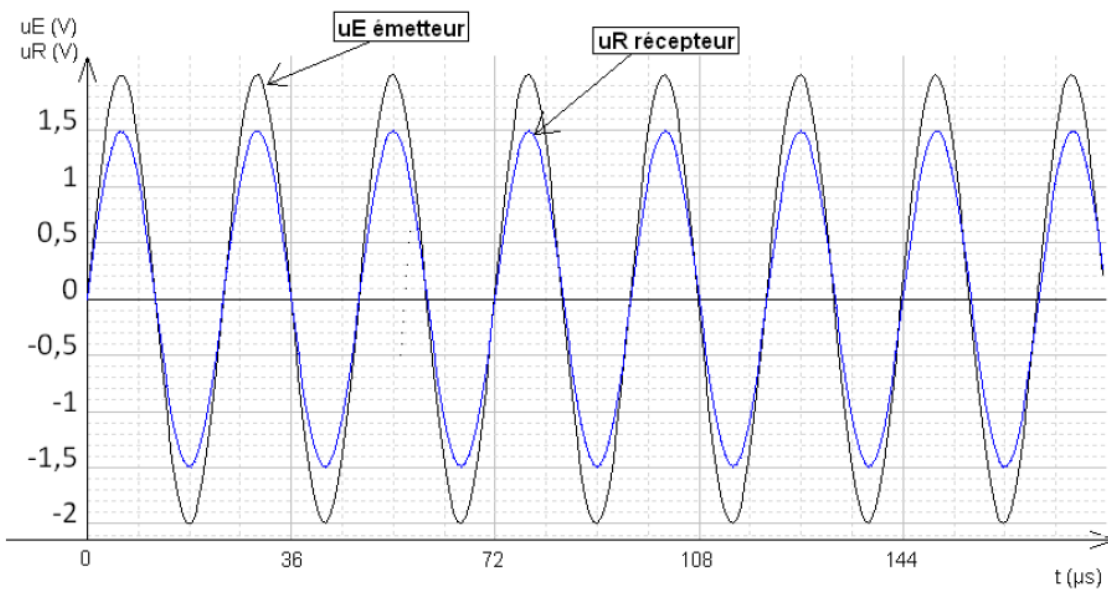


Figure 2

1.3.1. Donner la définition de la longueur d'onde λ **0,25 pt**

Distance parcourue par un front d'onde durant une période ou toute autre définition juste.

1.3.2. Déterminer la longueur d'onde λ à partir de l'expérience précédente. Que peut-on faire pour augmenter la précision de la mesure ?

On ne demande pas d'expliquer l'expérience, donc une réponse du style : « d'après l'expérience réalisée, $\lambda = 8 \text{ mm}$ » est bonne. 0,25 pt

Deuxième partie : mesurer (pour une meilleure précision) la distance de déplacement correspondant à un plus grand nombre de coïncidences successives 0,25 pt

1.3.3. Calculer la célérité v des ondes ultrasonores dans l'air. Expliquer un écart éventuel avec la valeur attendue. **0,5 pt**

$$v = \lambda \times f = 334 \text{ m.s}^{-1}$$

le fait d'avoir λ avec un seul c.s. incite à proposer 300 m.s^{-1} et à considérer l'imprécision sur la mesure de λ comme cause principale de l'écart.

1.4. En utilisation normale de l'appareil, la longueur d'onde des ultrasons est différente de la valeur obtenue à la question 1.3.2. et vaut 4 cm. Expliquer cette différence. **0,25 pt**

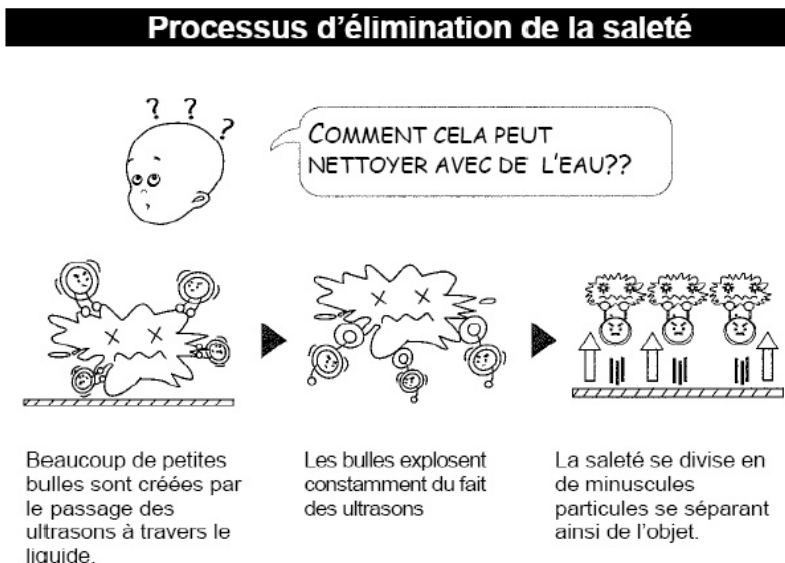
C'est parce que l'onde se propage dans l'eau à la célérité v' . D'où $\lambda' = \frac{v'}{f} = 0,036 \text{ m}$ (à peu près 4 cm, calculé avec les valeurs de l'énoncé)

2. Étude du nettoyage

Document 2 : comment cela fonctionne ?

Le bain à ultrasons est composé d'une cuve contenant de l'eau dans lequel sont plongées les pièces à nettoyer. Sur les parois, un transducteur à ultrasons génère des phases successives de compression et dépression dans le liquide qui se propagent de proche en proche dans le liquide. Des microbulles apparaissent, on appelle ce phénomène la « cavitation acoustique ». L'implosion¹ de ces bulles, pendant la phase de compression, crée des turbulences qui détachent les impuretés de la pièce à nettoyer.

¹ Implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.



2.1. Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes mécaniques ? Justifier. **0,25 pt**

Oui car elles nécessitent un milieu matériel pour leur propagation.

2.2. Choisir parmi les grandeurs suivantes celle qui permet de différencier les ondes ultrasonores et les ondes sonores. **0,25 pt**

Niveau d'intensité sonore - timbre - **fréquence** - vitesse de propagation dans le même milieu à la même température.

(ça se discute pour les autres, mais comme il ne faut en choisir qu'une ...)

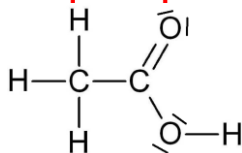
Partie 2 : Nettoyage chimique

On souhaite nettoyer des pièces de monnaie en utilisant du vinaigre blanc de degré 8°. Le vinaigre blanc est une solution d'acide éthanoïque de concentration molaire C_0 et le degré de vinaigre est la masse d'acide éthanoïque contenue dans 100 grammes de vinaigre. Les pièces en argent et en or ne sont pas altérées par l'acide éthanoïque. Il en est de même pour le cuivre. En revanche, les acides réagissent sur les métaux comme le fer, le zinc, le nickel, l'aluminium et ils attaquent les oxydes métalliques.

- Dessiner la formule développée de l'acide éthanoïque en justifiant la chaîne carbonée et le groupe caractéristique représentés. **0,25 pt**

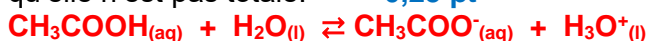
« éthan » : deux carbones simplement liés l'un à l'autre dans la chaîne.

« oïque » : présence d'un groupe carboxyle en bout de chaîne.



(doublets non liants non exigés, non ?)

- Écrire l'équation de la réaction chimique de l'acide éthanoïque avec l'eau sachant qu'elle n'est pas totale. **0,25 pt**



3. On souhaite vérifier le degré d'acidité du vinaigre. Pour cela, on dilue 10 fois le vinaigre. On dose alors $V_A = 10,0$ mL de vinaigre dilué dix fois avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 0,100$ mol.L⁻¹. On ajoute au vinaigre dilué quelques gouttes de phénolphtaléine.

3.1. Rédiger avec précision le protocole à mettre en œuvre pour diluer le vinaigre. **0,5 pt**

Choix du volume de solution diluée à fabriquer (on acceptera entre 10 et 100)

Justification rigoureuse du volume de solution à prélever (je propose rien, je n'ai pas envie de me fâcher...)

Verrerie (pipette jaugée 1,0 à 10,0 mL selon le choix du volume de solution diluée fabriquée, fiole jaugée idem)

3.2. À quoi sert la phénolphtaléine ? **0,25 pt**

A repérer l'équivalence (pas de justification exigée)

3.3. À l'équivalence, on obtient un volume de solution d'hydroxyde de sodium ajouté $V_{B\acute{e}q} = 13,3$ mL.

3.3.1. Déterminer, en justifiant rigoureusement votre démarche, la concentration C_A en acide éthanoïque du vinaigre dilué puis la concentration C_0 en acide éthanoïque dans le vinaigre blanc commercial. **0,25 pt**

$C_A = 0,133$ mol.L⁻¹ $C_0 = 1,33$ mol.L⁻¹.

3.3.2. Le titrage effectué donne-t-il un résultat qui valide l'inscription sur l'étiquette du vinaigre blanc concernant le degré d'acidité ? On indiquera clairement la démarche utilisée. **0,5 pt**

On peut décider de convertir la valeur C_0 en degrés (mais on pourrait choisir de convertir les 8° en concentration molaire...)

1,33 mol.L⁻¹ mène à (en multipliant par 60, la masse molaire en g.mol⁻¹ de l'acide éthanoïque) 79,8 g.L⁻¹.

Comme la densité du vinaigre vaut 1, 1 L de vinaigre aura une masse de 1000 g (présentation de ce type, sans passer par des formules, acceptée)

Nous avons donc 79,8 g d'acide éthanoïque dans 1000 g de vinaigre, soit 7,98 g dans 100 g, soit 7,98°.

Donc 8° validés à 0,25 % près (écart en % non exigé à mon avis).

3. Certaines pièces anciennes contenant du fer, de l'aluminium ou du nickel, il est préférable de ne pas les nettoyer avec du vinaigre. Donner l'une des raisons qui peut justifier ce conseil en appuyant votre affirmation par l'équation de la réaction chimique correspondante. **0,25 pt**

Ces métaux peuvent être oxydés par les ions $H^+_{(aq)}$ libérés par la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau. Un exemple de réaction possible : $Fe_{(s)} + 2 H^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$.

Données :

- Couples acide / base :

acide éthanoïque / ion éthanoate : CH_3COOH / CH_3COO^-

ion oxonium / eau : H_3O^+ / H_2O

- Couples oxydant-réducteur : Fe^{2+} / Fe ; Al^{3+} / Al ; Ni^{2+} / Ni

- Densité du vinaigre : environ 1

- Masses molaires atomiques en g.mol⁻¹ : carbone 12,0, hydrogène 1,0 et oxygène 16,0

- Réaction entre un métal M et les ions H^+ : $M_{(s)} + n H^+_{(aq)} \rightarrow M^{n+}_{(aq)} + n/2 H_{2(g)}$

