

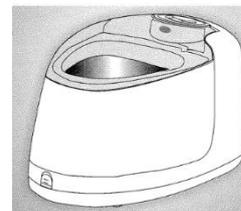
NETTOYAGE EN ARCHÉOLOGIE (5 points)

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 : $v' = 1\,500 \text{ m.s}^{-1}$

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 :

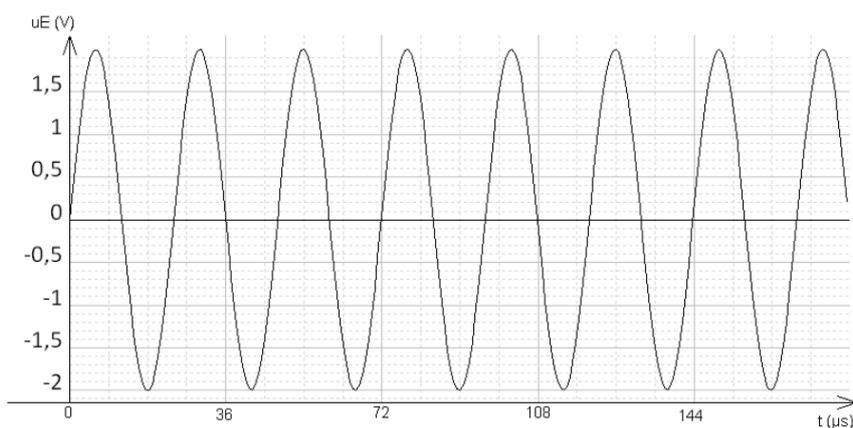


Figure 1

1.1. Déterminer la période T du signal représenté sur la **figure 1**. Expliquer la méthode.

1.2. En déduire la fréquence f des ultrasons. Comparer 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 placé 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.

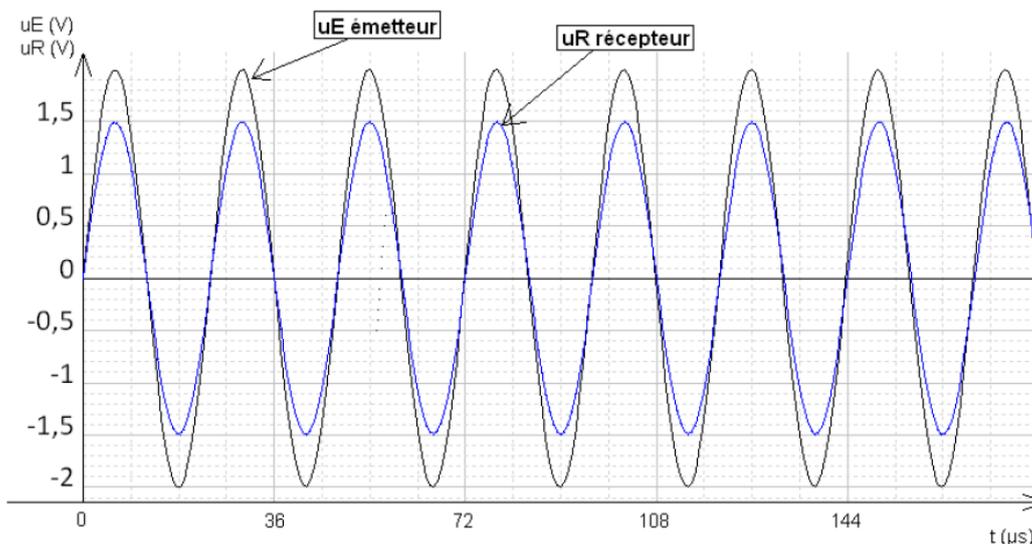


Figure 2

1.3.1. Définir la longueur d'onde λ .

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 ?

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

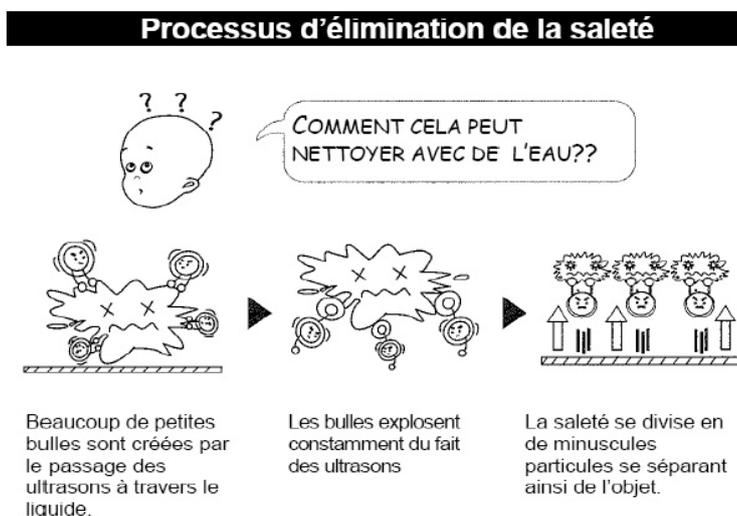
1.4. En utilisation normale de l'appareil, la longueur d'onde des ultrasons est différente de la valeur obtenue à la question 1.3.2. et vaut 4 cm. Expliquer cette différence.

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.

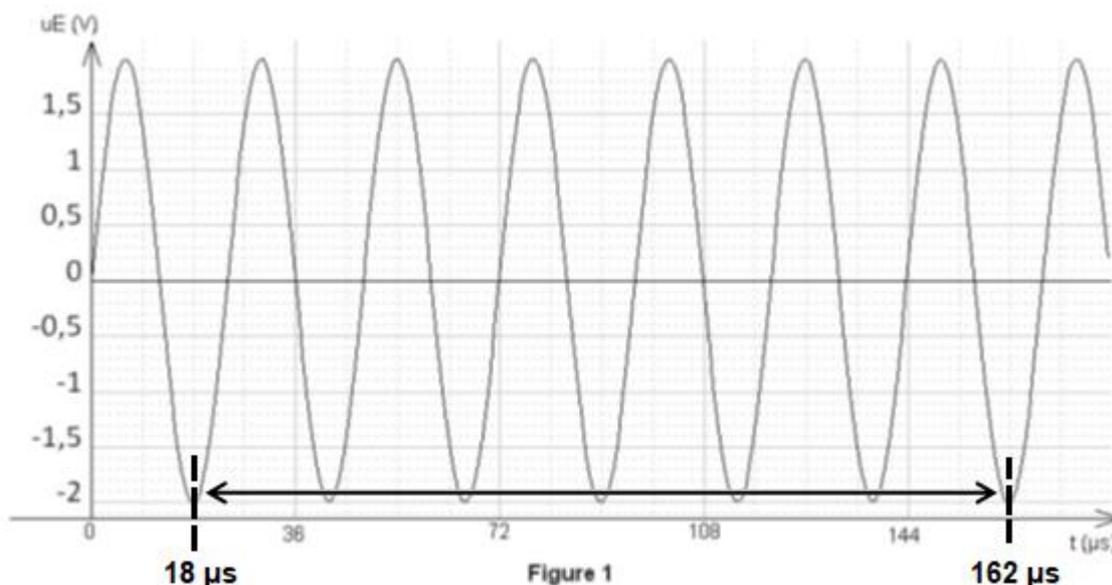
¹ Implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.



2.1. Les ondes ultrasonores sont-elles des ondes mécaniques ? Justifier.

2.2. Choisir parmi les grandeurs suivantes celle qui permet de différencier les ondes ultrasonores et les ondes sonores : niveau d'intensité sonore - timbre - fréquence - vitesse de propagation dans le même milieu à la même température.

NETTOYAGE EN ARCHÉOLOGIE - CORRECTION (5 points)



1.1.	On mesure la durée Δt du plus grand nombre N possible de périodes pour en déduire la période $T = \frac{\Delta t}{N}$.	0.5
	$T = \frac{162-18}{6} = 24 \mu s = 2,4 \times 10^{-5} s$	0.5
1.2.	$f = \frac{1}{T} = 4,2 \times 10^4 Hz = 42 kHz$ arrondi à 2 CS, valeur en total accord avec la notice	0.5
1.3.1.	La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points du milieu dans le même état vibratoire.	0.25
1.3.2.	Initialement l'émetteur et le récepteur étant dans la même tranche d'air, les signaux sont en phase. En éloignant le récepteur d'une distance égale à la longueur d'onde $\lambda = 8 mm$, on observe à nouveau des signaux en phase.	0.25
	Pour augmenter la précision de la mesure, il faut mesurer plusieurs longueurs d'onde. On procède à plusieurs décalages successifs des signaux. Ainsi la distance mesurée est plus grande.	0.5
1.3.3.	On sait que $\lambda = v \times T$ d'où $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{8 \times 10^{-3}}{2,4 \times 10^{-5}} = 3 \times 10^2 m \cdot s^{-1}$	0.5
	La valeur attendue est de $v = 340 m \cdot s^{-1}$ à $25^\circ C$.	0.5
	L'écart entre les deux valeurs est dû au manque de précision sur la valeur expérimentale de la célérité et on peut aussi remarquer que l'expérience a été réalisée à $20^\circ C$ et non pas à $25^\circ C$.	0.5
1.4.	La fréquence f des ultrasons émis est la même quel que soit le milieu de propagation. Par contre la célérité v des ultrasons varie selon ce milieu. Comme $\lambda = \frac{v}{f}$ alors la longueur d'onde varie suivant le milieu de propagation.	0.5
2.1.	Les ultrasons nécessitent un milieu matériel pour se propager, ce sont effectivement des ondes mécaniques.	0.25
2.2.	Les ondes ultrasonores se distinguent des ondes sonores par leur fréquence.	0.25