

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 :

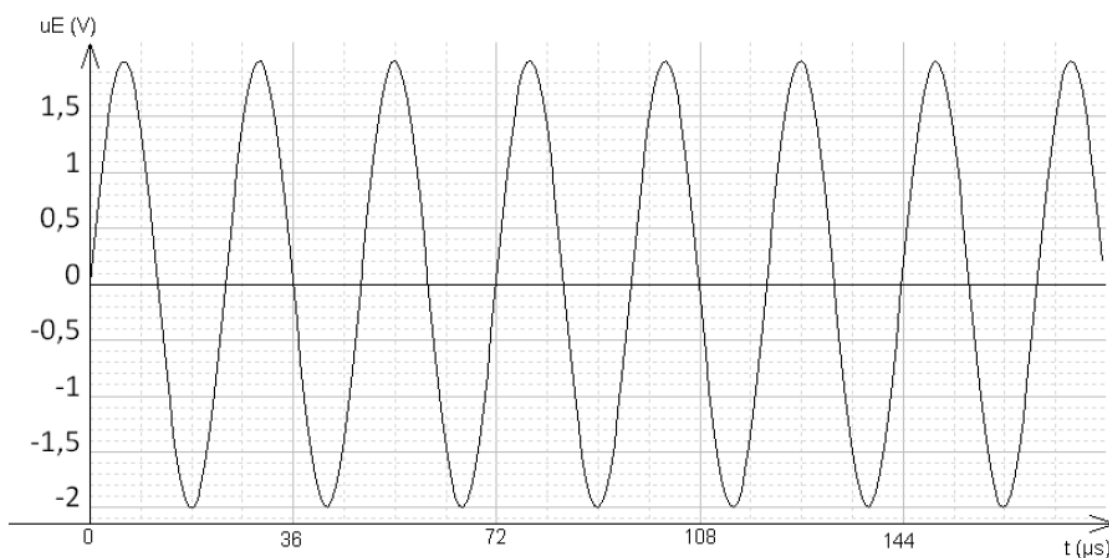


Figure 1

1.1. Déterminer 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  $\lambda$  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.

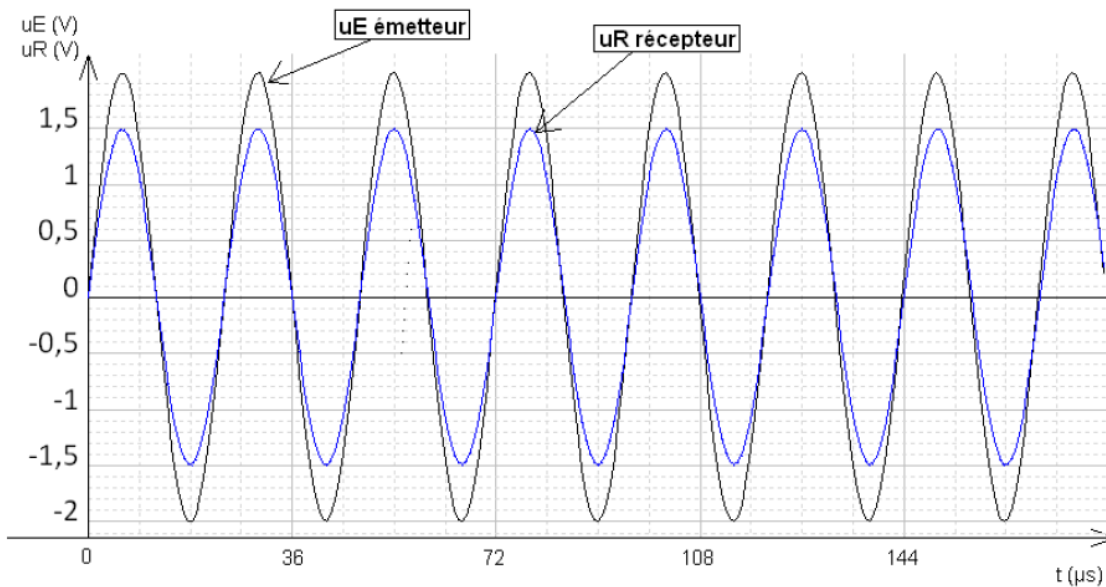


Figure 2

**1.3.1.** Définir la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$

**1.3.2.** Déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  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.

# Correction

## 1. Étude des ultrasons

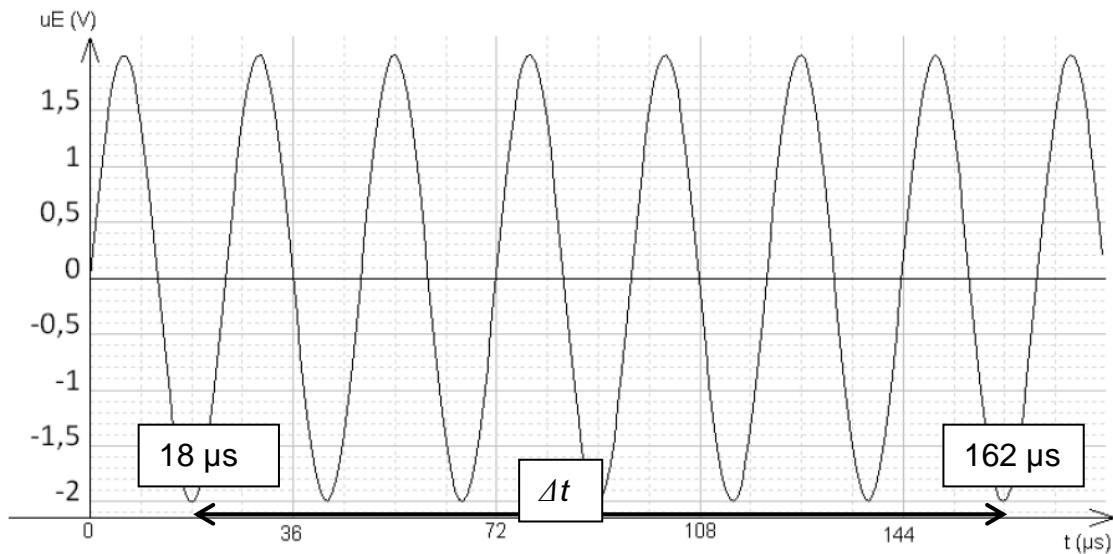


Figure 1

1.1. On mesure la durée  $\Delta t$  du plus grand nombre  $N$  possible de périodes, on en déduit la période

$$T = \frac{\Delta t}{N} \quad \text{A.N.} \quad T = \frac{162-18}{6} = 24 \mu\text{s} = 24 \times 10^{-6} \text{ s}$$

1.2.  $f = \frac{1}{T}$  A.N.  $f = \frac{1}{24 \times 10^{-6}} = 41\,667 \text{ Hz}$  que l'on arrondit à deux chiffres significatifs donc  $f = 4,2 \times 10^4 \text{ Hz} = 42 \text{ kHz}$  valeur en total accord avec la notice qui annonce 42 kHz.

1.3.

1.3.1. La longueur d'onde est la plus petite distance entre deux points du milieu dans le même état vibratoire.

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  $\lambda = 8 \text{ mm}$ , on observe à nouveau des signaux en phase.

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.

### Comment diminuer l'erreur relative d'une mesure ?

- Avec une règle graduée uniquement en cm (pas de repère des mm), on mesure une distance  $d_{réelle} = 3,5 \text{ cm}$ .

On lit sur la règle 3 ou 4 cm.

On commet une erreur absolue de  $|d_{réelle} - d_{mesurée}| = 0,5 \text{ cm}$ .

On commet une erreur relative de  $\frac{|d_{réelle} - d_{mesurée}|}{d_{réelle}} = \frac{0,5}{3,5} = 14\% \text{ d'erreur relative}$ .

- Avec cette règle, on mesure une distance plus grande  $d_{réelle} = 14,5 \text{ cm}$ .

On lit sur la règle 14 ou 15 cm.

On commet la même erreur absolue = 0,5 cm

Mais on commet une **erreur relative plus faible**, elle vaut dans ce cas  $\frac{0,5}{14,5} = 3,4\%$

**d'erreur.**

1.3.3.  $\lambda = v \cdot T$  donc  $v = \frac{\lambda}{T}$  A.N.  $v = \frac{8 \times 10^{-3}}{24 \times 10^{-6}} = 3 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$

La valeur attendue est de  $340 \text{ m.s}^{-1}$  à  $25^\circ\text{C}$ .

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  $20^\circ\text{C}$  et non pas à  $25^\circ\text{C}$ .

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.