

## Célérité d'une onde (ultra)sonore et distances

### Éléments de correction

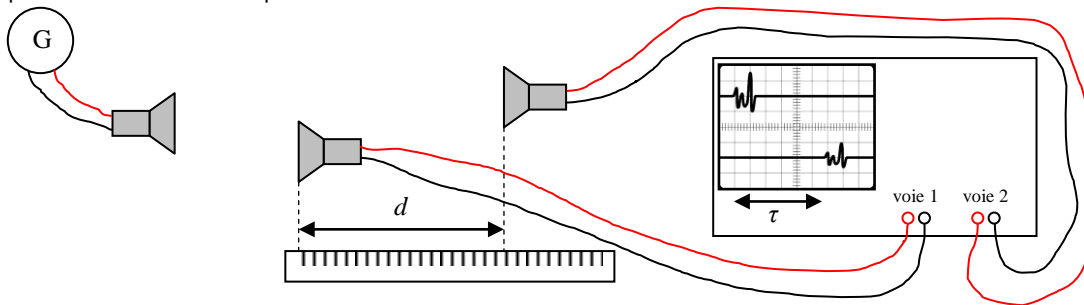
#### II. Mesure de la célérité des ultrasons.

6. Lorsqu'on éloigne le 2<sup>nd</sup> récepteur :

- L'amplitude du signal reçu par ce 2<sup>nd</sup> récepteur diminue car l'onde se disperse ;
- Sur l'oscilloscope, le signal se décale vers la droite car le signal est reçu plus tard.

7. On fixe  $d = 50$  cm et on lit le retard  $\tau$  sur l'oscilloscope.

Pour plus de précision, on zoome pour que l'écart entre les deux réceptions (pour la mesure de  $\tau$ ) soit le plus large possible sur l'oscilloscope.



8.  $d = 50,0$  cm = 0,500 m et on trouve par exemple  $\tau = 1,425$  ms =  $1,425 \times 10^{-3}$  s

$$v = \frac{d}{\tau} = \frac{0,500}{1,425 \times 10^{-3}} = 350,877 \text{ m} \approx 351 \text{ m}$$

9.

retard $\tau$ (en s)	$\tau = 1,425 \text{ ms} = 1,425 \times 10^{-3} \text{ s}$
précision instant début réception récept 1 (en s)	étendue complète $p_1 = 0,025 \text{ ms} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ s}$
incertitude-type $u_1$ (en s)	$u_1 = 2,5 \times 10^{-5} / \sqrt{12} = 7,2 \times 10^{-6} \text{ s}$ (valeur ci-dessus / $\sqrt{12}$ )
précision instant début réception récept 2 (en s)	étendue complète $p_2 = 0,04 \text{ ms} = 4 \times 10^{-5} \text{ s}$
incertitude-type $u_2$ (en s)	$u_2 = 4 \times 10^{-5} / \sqrt{12} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ s}$ (valeur ci-dessus / $\sqrt{12}$ )

distance $d$ (en m)	$d = 50,0 \text{ cm} = 0,500 \text{ m}$
précision position du 0 mm de la règle (en m)	demi-étendue $p_0 = \pm 1 \text{ mm} = \pm 1 \times 10^{-3} \text{ m}$ (au minimum la résolution soit 1 mm soit $\pm 0,5 \text{ mm}$ )
incertitude-type $u_0$ (en m)	$u_0 = 1 \times 10^{-3} / \sqrt{3} = 5,8 \times 10^{-4} \text{ m}$ (valeur ci-dessus / $\sqrt{3}$ )
précision position du 500 mm de la règle (en m)	demi-étendue $p_{500} = \pm 1 \text{ mm} = \pm 1 \times 10^{-3} \text{ m}$ (au minimum la résolution soit 1 mm soit $\pm 0,5 \text{ mm}$ )
incertitude-type $u_{500}$ (en m)	$u_{500} = 1 \times 10^{-3} / \sqrt{3} = 5,8 \times 10^{-4} \text{ m}$ (valeur ci-dessus / $\sqrt{3}$ )

10.

$$u_v = v \times \sqrt{\frac{u_1^2 + u_2^2}{\tau^2} + \frac{u_0^2 + u_{500}^2}{d^2}}$$

$$u_v = 351 \times \sqrt{\frac{(7,2 \times 10^{-6})^2 + (1,2 \times 10^{-5})^2}{(1,425 \times 10^{-3})^2} + \frac{(5,8 \times 10^{-4})^2 + (5,8 \times 10^{-4})^2}{0,500^2}} = 351 \times \sqrt{9,6 \times 10^{-5} + 2,7 \times 10^{-6}} = 3,5 \text{ m/s}$$

$$v = 350,9 \text{ m/s avec } u_v = 3,5 \text{ m/s}$$

11. La valeur mesurée (351 m/s) est assez proche de la valeur de référence (346 m/s)

Pour répondre plus précisément, on peut déterminer le z-score, c'est-à-dire l'écart relatif entre la valeur de référence et le résultat de la mesure par rapport à l'incertitude-type :

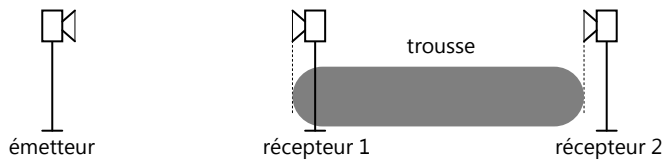
$$z\text{-score} = \frac{|v_{\text{mesuré}} - v_{\text{référence}}|}{u_v} = \frac{|350,9 - 346|}{3,5} = 1,4$$

ce qui est inférieur à 2 donc, dans cet exemple, la valeur mesurée est assez proche de la valeur de référence pour que le résultat soit validé.

12. Dans le calcul de  $u_v$  apparaît la somme de  $9,6 \times 10^{-5}$  (dû à la lecture sur l'oscilloscope) et de  $2,7 \times 10^{-6}$  soit  $0,27 \times 10^{-5}$  (dû au positionnement de la règle graduée). Le 1<sup>er</sup> de ces deux termes est très supérieur au 2<sup>nd</sup> donc l'erreur de mesure prépondérante est celle due à la lecture sur l'oscilloscope et l'autre est négligeable.

### III. Mesure d'une distance avec ce dispositif.

13. Dispositif pour déterminer la longueur de votre trousse :



Sur l'oscilloscope, on mesure le retard  $\tau$  entre la réception du signal par le récepteur 1 et la réception du signal par le récepteur 2. On trouve par exemple  $\tau = 0,75 \text{ ms} = 0,75 \times 10^{-3} \text{ s}$

$$v = \frac{d}{\tau} \quad \text{donc} \quad d = v \times \tau \quad \text{avec} \quad v = 346 \text{ m/s}$$

$$\text{donc, ici, } d = 346 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,75 \times 10^{-3} \text{ s} = 0,26 \text{ m} = 26 \text{ cm}$$

14. Pour vérifier que les ondes ne sont pas des sons mais des ultrasons, il suffit de déterminer leur fréquence (qui doit être supérieure à 20 000 Hz) : sur l'oscilloscope, zoomer sur une des salves pour mesurer la période  $T$  de l'onde et en déduire sa fréquence  $F$  avec  $F = 1 / T$  (où  $F$  est en Hz et  $T$  est en secondes).