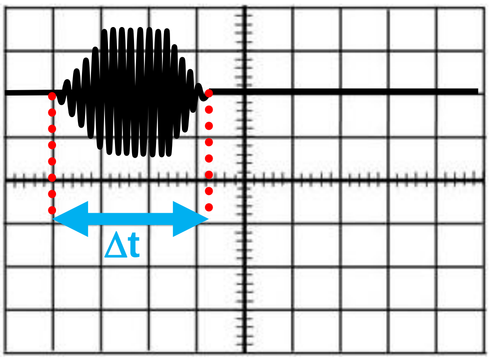
TP Physique 02 **BCPST 1C**

Mesure de la célérité des ultrasons par temps de vol (CORRIGE)

1- Sur la figure ci-contre, **une salve occupe 3,3 divisions horizontales**. Comme la base de temps est réglée sur le calibre **500 µs/div**, on en déduit que la durée Δt d'une salve vaut :

$\Delta t = 3{,}3 \times 500$ µs soit **$\Delta t = 1{,}65.10^{3}$ µs = 1,65 ms**



2- Par définition, $\boxed{T = 1 / f}$.
$T = 1 / 40{,}0.10^{3}$, soit **$T = 2{,}50.10^{-5}$ s = 25,0 µs**

On constate que le rapport **Δt / T** vaut alors 66, ce qui signifie qu'**il y a 66 oscillations dans une salve**, c'est à dire sur les 3,3 divisons horizontales qu'elle occupe.

C'est pour cela qu'on ne peut pas distinguer ces oscillations à l'œil : il faudrait pour cela zoomer horizontalement le signal, en réglant la base de temps sur un calibre plus petit, comme par exemple 10 µs/div ou 20 µs/div.

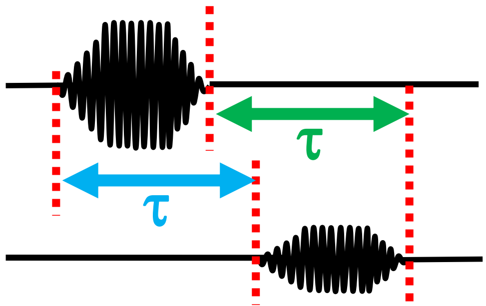
3-a/ Sur la **Figure 2**, les deux signaux sont détectés au même moment par chaque récepteur : on en déduit donc que ces deux récepteurs sont situés à la même distance de l'émetteur.

3-b/ Sur la **Figure 3**, les deux signaux ne sont pas détectés au même moment par chaque récepteur : le signal du bas (voie CH2) étant situé plus à droite sur l'écran, on en déduit qu'il est détecté plus tardivement que le signal du haut (voie CH1). Cela implique donc que **le récepteur relié à la voie CH2 est plus éloigné de l'émetteur que le récepteur relié à la voie CH1**.

On constate par ailleurs que la salve détectée sur la voie CH2 a une plus faible amplitude que celle de la voie CH1 : on dit que **les ondes s'amortissent** avec la distance. Cela est lié à une dissipation de l'énergie transportée par les ondes sonores au fur et à mesure de leur propagation.

4-a/ Le récepteur qui détecte la salve en retard est celui dont la salve est située la plus à droite sur l'écran. Il s'agit donc du **récepteur relié à la voie CH2**.

Le retard τ du récepteur relié à la voie CH2 par rapport au récepteur relié à la voie CH1 est représenté ci-contre. Attention à bien prendre le même point de référence sur les deux salves (en bleu, on se base sur l'instant où la salve commence à être détectée par chaque récepteur ; en vert, on se base sur l'instant où la fin de la salve est détectée par chaque récepteur).



4-b/ Cette **durée τ** correspond finalement à la durée nécessaire aux ultrasons pour parcourir la **distance d** séparant les deux récepteurs à la **célérité v**.
Par définition, on a donc : $\boxed{v = d / \tau}$.

5- Par exemple, pour une distance **d = 30,0 cm**, on obtient **τ = 870 µs**.
On a donc **$v = 0{,}300 / 870.10^{-6}$** soit **$v = 345$ m.s^{-1}**

6- /

7- Valeur moyenne : **339.18 m.s^{-1}**
Ecart-type : **27.24918272505936 m.s^{-1}**
Incertitude type : **3.85361637733616 m.s^{-1}**

On garde 1 CS pour l'incertitude-type en la majorant, soit **u(v) = 4 m.s^{-1}** ;
Le résultat de la valeur moyenne doit être exprimé avec le même rang d'information que l'incertitude, c'est-à-dire à l'unité près, donc **v = 339 m.s^{-1}**.
On exprime alors la vitesse sous la forme : **v = 339 +/- 4 m.s^{-1}**

8- Le thermomètre à affichage numérique annonce une température **θ = 25,3 °C**. Le digit associé est donc de 0,1 °C.

La précision « a » étant égale à **2 % de la lecture + 4 digit**s et l'incertitude sur la température étant donnée par la formule $\boxed{u(\theta) = \frac{a}{\sqrt{3}}}$, on en déduit que **u(θ)** = $\frac{\frac{2}{100}\times 25{,}3 \ + \ 4\times 0{,}1}{\sqrt{3}}$, soit **u(θ) = 0,6 °C** (la valeur obtenue à la calculatrice est égale à 0,523 °C, mais on ne garde qu'un seule chiffre significatif (et on majore) pour que l'incertitude soit donnée au dixième de degré près, comme l'affichage du thermomètre qui annonce 25,3 °C.

Cela signifie que **θ = 25,3 +/- 0,6 °C**.

9- Pour calculer la célérité théorique du son, on utilise la formule : **v_{SON}(théo) = 331 + 0,6 x θ**

AN → **v_{SON}(théo) = 331 + 0,6 x 25,3** soit **v_{SON}(théo) = 346,2 $m.s^{-1}$**

La valeur de v_{SON}(théo) étant obtenue via un calcul, son incertitude u(v_{SON}(théo)) est obtenue en utilisant la formule « affine » des incertitudes composées, ce qui conduit à :

$$\boxed{u(v_{SON}(\text{théo})) = 0{,}6 \times u(\theta)}$$

AN → **u(v_{SON}(théo)) = 0,6 x 0,523** soit **u(v_{SON}(théo)) = 0,4 $m.s^{-1}$**

Cela signifie que **v_{SON}(théo) = 346,2 +/- 0,4 $m.s^{-1}$**.

10- On applique la formule : $\boxed{E_N = \frac{|v_{SON}(\text{expérience}) - v_{SON}(\text{théo})|}{\sqrt{u(v_{SON}(\text{expérience}))^2 + u(v_{SON}(\text{théo}))^2}}}$

Avec : **v_{SON}(expérience) = 339 $m.s^{-1}$** ;
v_{SON}(théo) = 346,2 $m.s^{-1}$;
u(v_{SON}(expérience)) = 4 $m.s^{-1}$;
u(v_{SON}(théo)) = 0,4 $m.s^{-1}$

On obtient **E_N = 1,8**

Cet écart normalisé est inférieur à 2, il y a donc **une bonne COMPATIBILITE entre la valeur expérimentale et la valeur théorique**, validant cette méthode pour déterminer la valeur de la célérité des ondes ultrasonores.

11- On peut déterminer la longueur d'onde λ des ultrasons via la formule : $\boxed{\lambda = \frac{v}{f}}$

Avec : **v = 339 $m.s^{-1}$** ; **f = 40 kHz = 40.10^3 Hz**

On obtient **λ = $8{,}5.10^{-3}$ m** (vérification qui sera faite dans le TP Physique 03)