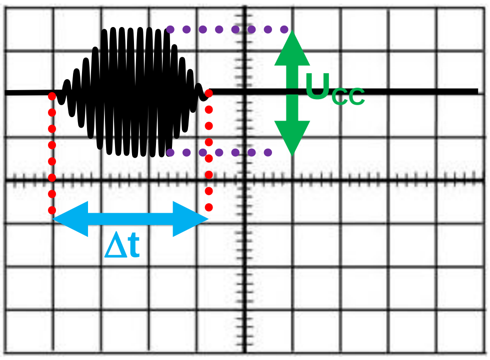
TP Physique 02 **BCPST 1C**

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 cali-bre **500 µs/div**, on en déduit que la durée **Δt** d'une salve vaut :

Δt = 3,3 × 500 µs soit **<u>Δt = 1,65.10 ^{3} µs = 1,65 ms</u>**

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

On constate que le rapport **Δt / T** vaut alors 66, ce qui signifie qu'**<u>il y a 66 oscillations dans une salve</u>**, 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- Sur la figure ci-contre, **une salve occupe au maximum 2,8 divisions verticales**, ce qui correspond à la tension crête à crête notée U_{CC}. L'amplitude maximale notée U_m n'est que la moitié de cette tension crête à crête et correspond donc à 1,4 division verticale. Comme la sensibilité verticale est réglée sur le calibre **10 mV/div**, on en déduit que l'amplitude maximale $\mathbf{U_m}$ d'une salve vaut :

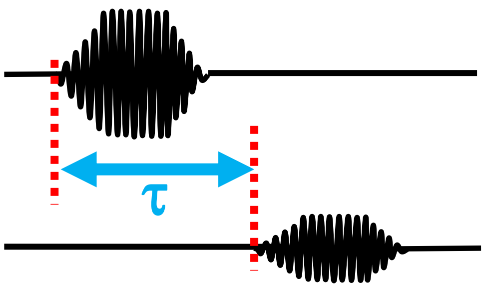
$\mathbf{U_m}$ **= 1,4 × 10 mV** soit **<u>U_m = 14 mV</u>**

4-a/ Sur la **<u>Figure 2</u>**, 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.

4-b/ Sur la **<u>Figure 3</u>**, 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 donc détecté plus tardivement que le signal du haut (voie CH1). Cela implique donc que **<u>le récepteur relié à la voie CH2 est plus éloigné de l'émetteur que le récepteur relié à la voie CH1</u>**.

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 **<u>les ondes s'amortissent</u>** 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.

5-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 **<u>récepteur relié à la voie CH2</u>**.



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 (ici, l'instant où la salve commence à être détectée par chaque récepteur).

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

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

7- /

8- <u>Valeur moyenne</u> : **332.18 m/s**
<u>Ecart-type</u> : **27.24918272505936 m/s**
<u>Incertitude type</u> : **3.85361637733616 m/s**
On garde 1 CS pour l'incertitude-type en la majorant, soit **<u>u(v) = 4 m.s $^{-1}$</u>** ;
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 **<u>v = 332 m.s $^{-1}$</u>**.

On exprime alors la vitesse sous la forme : **$v = 332 \pm 4\ m.s^{-1}$**

9- Le thermomètre à affichage numérique annonce une température **$\theta = 26\ °C$**.

Sa 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 $u(\theta) = \frac{\frac{2}{100} \times 26 + 4 \times 1}{\sqrt{3}}$, soit **$u(\theta) = 3\ °C$** (la valeur obtenue à la calculatrice est égale à 2,61 °C, mais on ne garde qu'un seule chiffre significatif pour que l'incertitude soit donnée à l'unité près, comme l'affichage du thermomètre 26 °C.

Cela signifie que **$\theta = 26 \pm 3\ °C$**.

10- Pour calculer la célérité théorique du son, on utilise la formule : **$v_{SON}(\text{théo}) = 331 + 0{,}6 \times \theta$**

AN → **$v_{SON}(\text{théo}) = 331 + 0{,}6 \times 26$** soit **$v_{SON}(\text{théo}) = 347\ m.s^{-1}$**

La valeur de v_{SON}(théo) étant obtenue via un calcul, son incertitude $u(v_{SON}(\text{théo}))$ 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 → **$u(v_{SON}(\text{théo})) = 0{,}6 \times 2{,}61$** soit **$u(v_{SON}(\text{théo})) = 2\ m.s^{-1}$**

Cela signifie que **$v_{SON}(\text{théo}) = 347 \pm 2\ m.s^{-1}$**.

11- 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 : **$v_{SON}(\text{expérience}) = 332\ m.s^{-1}$** ;
$v_{SON}(\text{théo}) = 347\ m.s^{-1}$;
$u(v_{SON}(\text{expérience})) = 4\ m.s^{-1}$;
$u(v_{SON}(\text{théo})) = 2\ m.s^{-1}$

On obtient **$E_N = 3{,}4$**

Cet écart normalisé est supérieur à 2, il y a donc **INCOMPATIBILITE entre la valeur expérimentale et la valeur théorique**, probablement liée à une **valeur de v_{SON}(théorique) fausse** (température de 26 °C surestimée !).

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

Avec : **$v = 332\ m.s^{-1}$** ; **$f = 40\ kHz = 40.10^3\ Hz$**

On obtient **$\lambda = 8{,}3.10^{-3}\ m$** (vérification qui sera faite dans le TP Physique 03)