

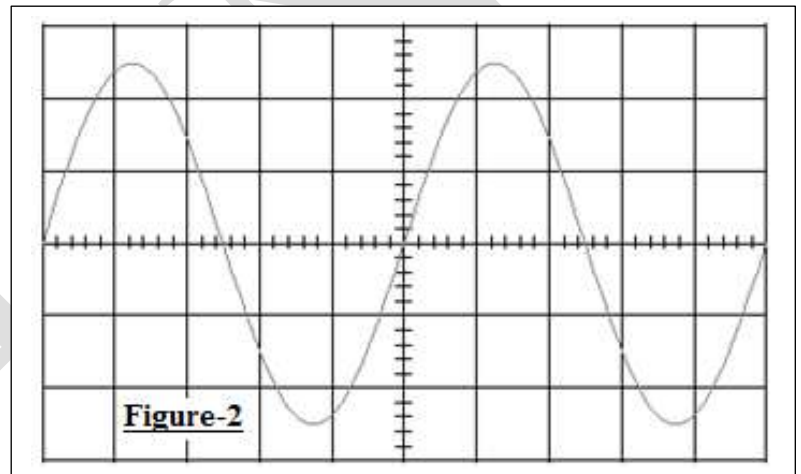
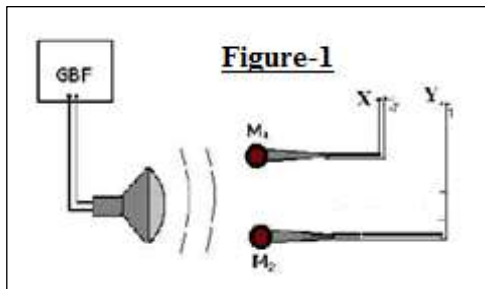
**Exercice I : Étude de quelques propriétés de l'onde sonore**

La célérité  $v$  de l'onde sonore dans un gaz dépend de sa pression  $p$  et de sa masse volumique.

Son expression est  $v = \sqrt{\frac{k \cdot p}{\mu}}$ , avec  $k$  une constante sans unité.

1- Une onde sonore progressive sinusoïdale émise d'un haut-parleur se propage dans l'air, de pression  $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  et de masse volumique  $\mu = 1,23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  posés à égale distance du haut-parleur et branchés aux entrées d'un oscilloscope, captent cette onde sonore (figure-1). Les deux courbes de l'oscillogramme visualisées sur l'écran sont en phase (figure-2). La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est

$$S_H = 0,1 \text{ ms} \cdot \text{div}^{-1}.$$



1.1- Calculer la valeur de la constante  $k$  sachant que la célérité de l'onde sonore dans l'air est  $v_a = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ;

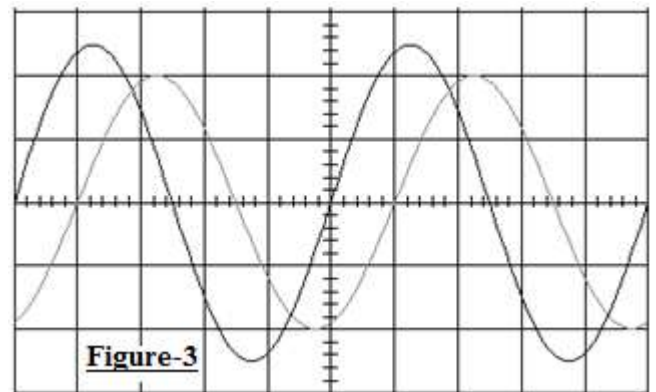
1.2- En exploitant cet oscillogramme déterminer la valeur de la fréquence  $N$  de l'onde sonore et en déduire la valeur de sa longueur d'onde  $\lambda_a$  dans l'air ;

2- En éloignant à droite  $M_2$  de  $M_1$ , les deux courbes de l'oscillogramme visualisé ne sont plus en phase (figure-3).

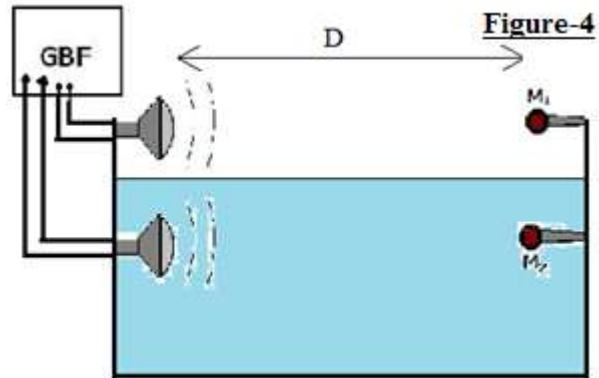
2.1- Parmi les courbes (a) et (b) de l'oscillogramme, quelle est celle qui correspond à l'onde sonore captée par le microphone  $M_2$ . Justifier la réponse ;

2.2- Déterminer la valeur minimale  $d_0$  de la distance entre les microphones  $M_1$  et  $M_2$  pour obtenir cet oscillogramme ;

3- On fixe la distance entre  $M_1$  et  $M_2$  sur la valeur  $d_1 = 40 \text{ cm}$ .



- 3.1- Vérifier que les deux courbes de l'oscillogramme visualisé ne sont pas en phase ;
- 3.2- La distance entre  $M_1$  et  $M_2$  étant toujours  $d_1$ , on diminue progressivement la valeur de la fréquence de l'onde sonore. Déterminer la valeur de la fréquence pour que les deux courbes se retrouvent à nouveau en phase pour la première fois ;
- 4- Les haut-parleurs  $H_1$  (placé dans l'air) et  $H_2$  (placé dans l'eau) branchés à un générateur GBF émettent une onde sonore de fréquence  $N' = 4kHz$ . Le microphone  $M_1$  capte l'onde sonore qui se propage dans l'air et le microphone  $M_2$  capte celle qui se propage dans l'eau. Les deux microphones sont à égale distance des haut-parleurs  $D = 10m$  (figure-4). Le décalage temporel entre l'onde captée par  $M_1$  et celle captée par  $M_2$  est  $\Delta t = 22,7ms$ . Déterminer la valeur de la célérité  $v_e$  de l'onde sonore dans l'eau.



## Exercice II : Propriétés des ondes ultrasonores- Vitesse d'écoulement d'un liquide

### 1<sup>ère</sup> partie : Propriétés des ondes ultrasonores

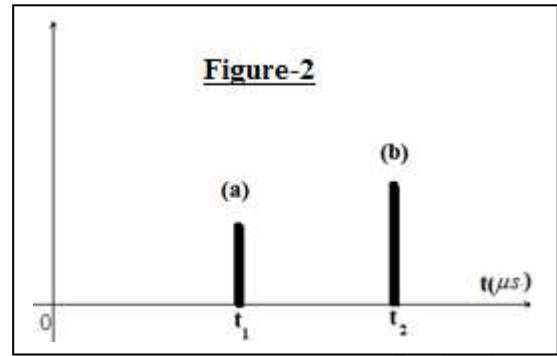
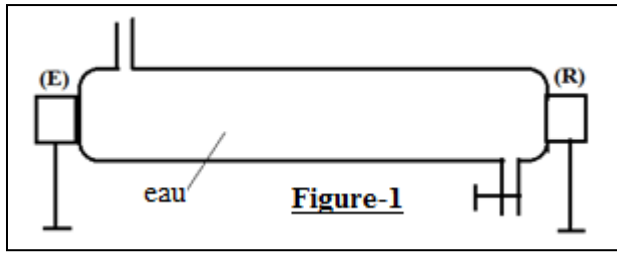
La célérité de l'onde ultrasonore dans l'eau stagnante est  $v_e = 1500m.s^{-1}$ . Elle dépend de la nature du liquide et de la vitesse de son écoulement. En outre, sa valeur est plus importante dans les milieux solides que dans les milieux liquides.

Cet exercice propose l'étude de certaines propriétés de l'onde ultrasonore et son utilisation pour déterminer la vitesse d'écoulement de l'eau dans une conduite.

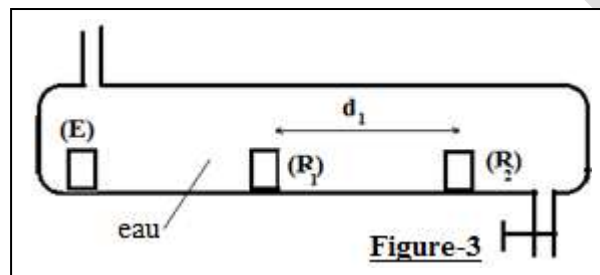
1- La figure-1 représente un tube d'acier de longueur  $\ell = 60cm$ , rempli d'eau. Un émetteur (E) fixé à l'une de ses extrémités, émet une salve d'ondes ultrasonores. À l'autre extrémité, un récepteur (R) capte deux signaux (a) et (b) (voir figure-2) : l'un d'eux s'est propagé à travers le matériau solide constituant le tube et l'autre à travers l'eau contenue par le tube. L'émetteur (E) et le récepteur (R) sont sur la même droite horizontale.

1.1- Parmi les signaux (a) et (b), indiquer celui qui s'est propagé à travers le matériau solide constituant le tube, justifier la réponse ;

1.2- Établir l'expression de la célérité  $v_m$  de l'onde ultrasonore dans le matériau solide constituant le tube, en fonction de  $v_e$ ,  $\ell$  et  $\Delta t$  le décalage temporel entre les signaux (a) et (b), calculer sa valeur sachant que  $\Delta t = 300\mu s$  ;



2- On introduit dans le tube, sur la même droite horizontale, un émetteur (E) et deux récepteurs ( $R_1$ ) et ( $R_2$ ) distants de  $d_1 = 11,25\text{cm}$  (figure-3). L'onde ultrasonore émise par (E), est captée respectivement par ( $R_1$ ) et ( $R_2$ ). À l'aide d'un oscilloscope, on visualise les deux signaux captés. Les oscillogrammes obtenus sont en phase. On décale horizontalement le récepteur ( $R_2$ ) jusqu'à ce que les deux oscillogrammes redeviennent pour la première en phase. La nouvelle distance entre les deux récepteurs est alors  $d_2 = 15\text{cm}$ .



- 2.1- Déterminer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda_e$  de l'onde ultrasonore dans l'eau ;
- 2.2- En déduire sa fréquence N ;
- 3- L'eau est évacuée du tube en gardant l'émetteur (E) et les deux récepteurs ( $R_1$ ) et ( $R_2$ ) dans la même position. La distance entre ( $R_1$ ) et ( $R_2$ ) est  $d_2 = 15\text{cm}$ . L'air remplace l'eau dans le tube. La célérité de l'onde ultrasonore dans l'air est  $v_a = 340\text{m.s}^{-1}$ . Les oscillogrammes correspondant aux signaux captés par les récepteurs ( $R_1$ ) et ( $R_2$ ) se sont décalés.
- 3.1- Expliquer ce résultat ;
- 3.2- Pour faire coïncider les deux oscillogrammes de nouveau, on rapproche le récepteur ( $R_2$ ) du récepteur ( $R_1$ ). Déterminer la valeur minimale  $d_0$  de la distance du déplacement du récepteur ( $R_2$ ) ;

### 2<sup>ème</sup> partie : Vitesse d'écoulement d'un liquide

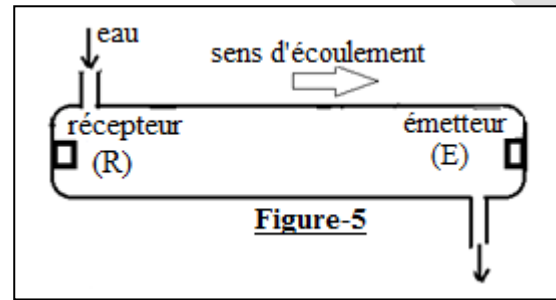
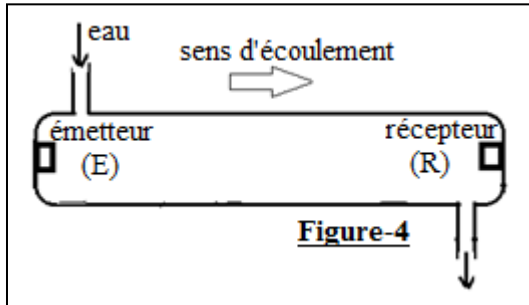
L'entrée supérieure du tube étant liée à un robinet d'eau, un courant d'eau se produit dans le tube de vitesse  $\vec{V}$ , appelée : vitesse d'écoulement. Afin de mesurer la valeur de cette vitesse, on fixe aux extrémités internes du tube un émetteur (E) et un récepteur (R) d'ondes ultrasonores. Soit  $\vec{v}_e$  la célérité de l'onde ultrasonore dans le courant d'eau.

On admet que :  $\vec{v}_e = \vec{v}_e + \vec{V}$ , avec  $\vec{v}_e$  vecteur vitesse de propagation (célérité) de l'onde ultrasonore dans l'eau stagnante ; et  $\vec{V}$  vecteur vitesse d'écoulement de l'eau dans le tube. Les vecteurs  $\vec{v}_e$  et  $\vec{V}$  sont colinéaires

Un dispositif informatique approprié permet de mesurer la durée de propagation de l'onde ultrasonore entre l'émetteur (E) et le récepteur (R) dans chacun des cas suivants :

- 1<sup>er</sup> cas : Lorsque l'onde ultrasonore se propage dans le même sens de l'écoulement d'eau, la durée est  $\tau_1$  (figure-4) ;

- 2<sup>ème</sup> cas : Lorsque l'onde ultrasonore se propage dans le sens contraire de l'écoulement d'eau, la durée est  $\tau_2$  (figure-5).



1- Choisir en justifiant la réponse, l'affirmation juste parmi les propositions suivantes :

a-  $\tau_1 < \tau_2$  ;

b-  $\tau_1 > \tau_2$  ;

2- On désigne par  $\Delta t$  l'écart temporel entre les durées  $\tau_1$  et  $\tau_2$  .

Établir l'expression de  $\Delta t$  en fonction de  $V$  ,  $v_e$  et  $\ell$  (longueur du tube) ;

3- Déterminer la valeur de la vitesse d'écoulement  $V$  de l'eau dans le tube, sachant que  $\Delta t = 2,4 \mu s$  .