

**Les trois parties de l'exercice sont indépendantes**

**1. Étude de l'onde ultrasonore dans l'eau de mer.**

1.1 Définir une onde mécanique progressive.

1.2 L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.

**2. Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.**

La célérité des ultrasons dans l'air  $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$  est plus faible que la célérité des ultrasons dans l'eau de mer  $v_{\text{eau}}$ .

Un émetteur produit simultanément des salves d'ondes ultrasonores dans un tube rempli d'eau de mer et dans l'air (voir figure 1). À une distance  $d$  de l'émetteur d'ondes ultrasonores, sont placés deux récepteurs, l'un dans l'air et l'autre dans l'eau de mer.

Le récepteur A est relié à l'entrée A du système d'acquisition d'un ordinateur et le récepteur B à l'entrée B. L'acquisition commence lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B du système.

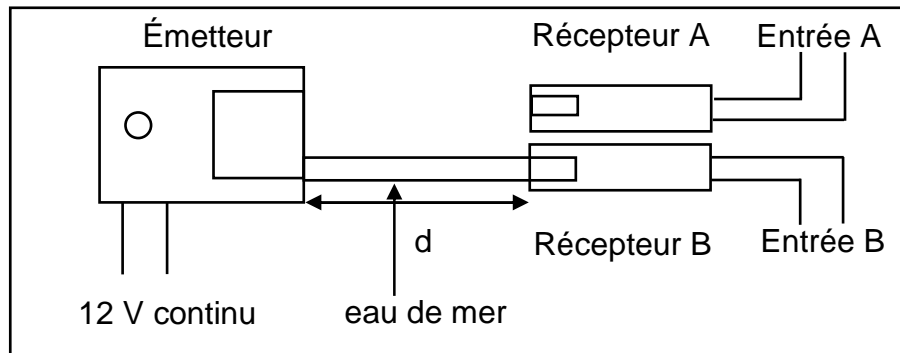
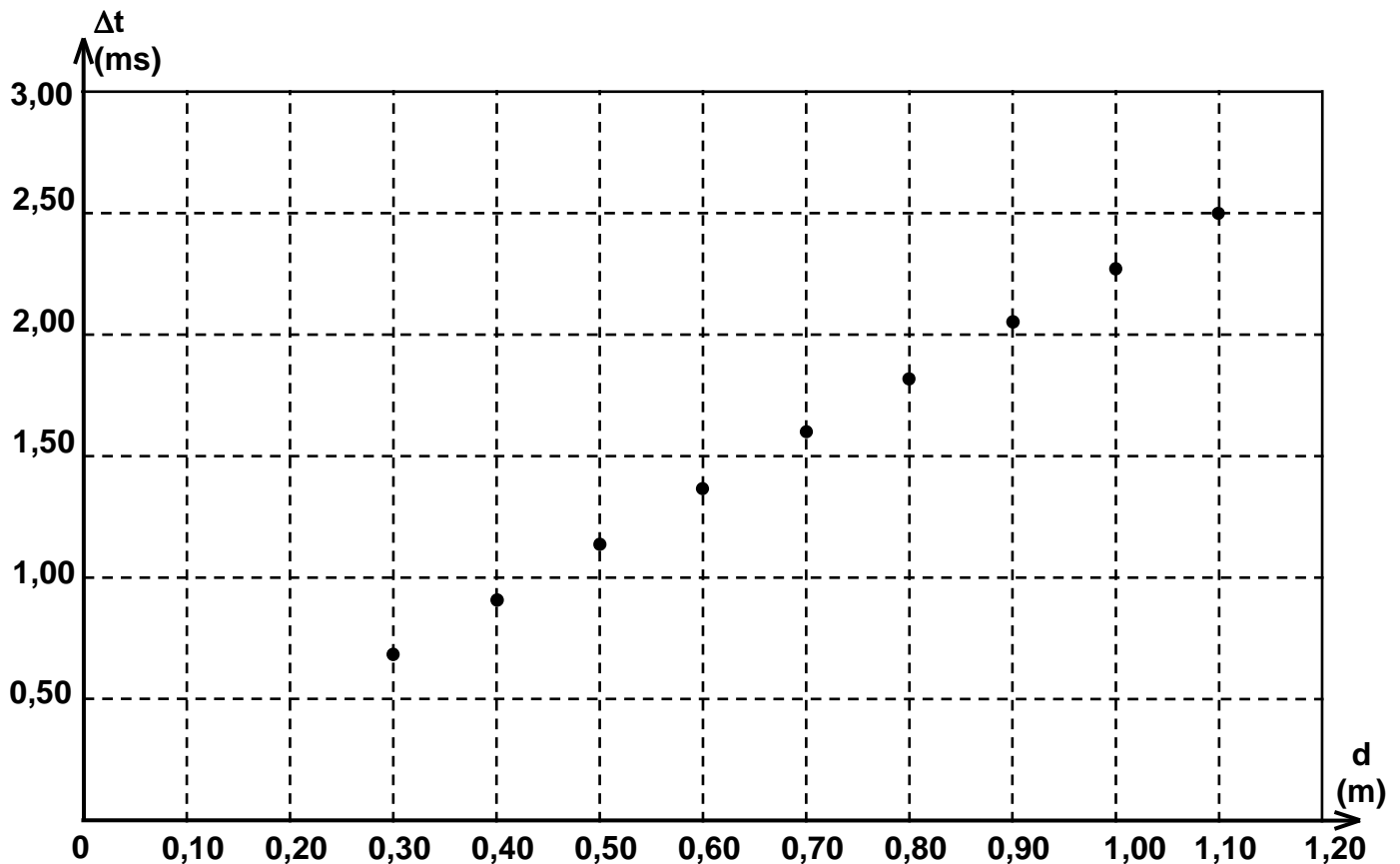


Figure 1

2.1 Pourquoi est-il nécessaire de déclencher l'acquisition lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B ?

2.2 Donner l'expression du retard  $\Delta t$  entre la réception des ultrasons par les deux récepteurs en fonction de  $t_A$  et  $t_B$ , durées que mettent les ultrasons pour parcourir respectivement la distance  $d$  dans l'air et dans l'eau de mer.

2.3 On détermine  $\Delta t$  pour différentes distances  $d$  entre l'émetteur et les récepteurs. On traite les données avec un tableur et on obtient le graphe  $\Delta t = f(d)$  ci-dessous.



$$\Delta t = f(d)$$

2.3.1 Donner l'expression de  $\Delta t$  en fonction de  $d$ ,  $v_{\text{air}}$ ,  $v_{\text{eau}}$ .

2.3.2 Justifier l'allure de la courbe obtenue.

2.3.3 Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite  $\Delta t = f(d)$ . En déduire la valeur de la célérité  $v_{\text{eau}}$  des ultrasons dans l'eau de mer en prenant  $v_{\text{air}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### 3. Détermination du relief des fonds marins.

Dans cette partie on prendra  $v_{\text{eau}} = 1,50 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Un sondeur acoustique classique est composé d'une sonde comportant un émetteur et un récepteur d'onde ultrasonore de fréquence  $f = 200 \text{ kHz}$  et d'un boîtier de contrôle ayant un écran qui visualise le relief des fonds sous-marins.

La sonde envoie des salves d'ultrasons verticalement en direction du fond à des intervalles de temps réguliers; cette onde ultrasonore se déplace dans l'eau à une vitesse constante  $v_{\text{eau}}$ . Quand elle rencontre un obstacle, une partie de l'onde est réfléchiée et renvoyée vers la source. La détermination du retard entre l'émission et la réception du signal permet de calculer la profondeur  $p$ .

Un bateau se déplace en ligne droite suivant un axe  $x'x$  en explorant le fond depuis le point A  $x_A = 0 \text{ m}$  jusqu'au point B  $x_B = 50 \text{ m}$  (figure 2).

Le sondeur émet des salves d'ultrasons à intervalles de temps égaux, on mesure à l'aide d'un oscilloscope la durée  $\Delta t$  séparant l'émission de la salve de la réception de son écho.

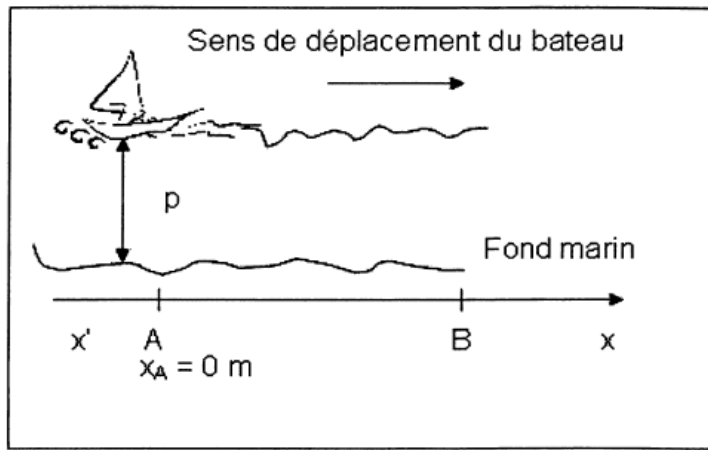
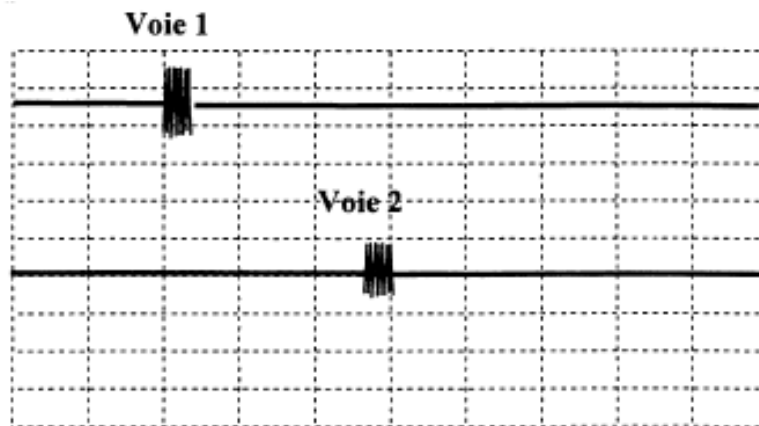


Figure 2

- 3.1 L'oscillogramme ci-dessous montre l'écran d'un oscilloscope lorsque le bateau se trouve en A ( $x_A = 0$  m). L'une des voies représente le signal émis, l'autre le signal reçu par le récepteur. Sur l'oscillogramme, on a décalé la voie 2 vers le bas pour distinguer nettement les deux signaux.

**Sensibilité  
Horizontale :**  
10 ms / div



Oscillogramme

La figure 3 **se trouvant sur l'annexe à rendre avec la copie** représente  $\Delta t = f(x)$  lorsque le bateau se déplace de A vers B.

- 3.1.1 Identifier les signaux observés sur chaque voie, en justifiant.
- 3.1.2 À partir de l'oscillogramme, déterminer la durée  $\Delta t$  entre l'émission de la salve et la réception de son écho.
- 3.1.3 En déduire la graduation de l'axe des ordonnées de la figure 3 **se trouvant sur l'annexe à rendre avec la copie** représentant la durée  $\Delta t$  en fonction de la position  $x$  du bateau.

3.2 Déterminer la relation permettant de calculer la profondeur  $p$  en fonction de  $\Delta t$  et  $v_{\text{eau}}$ .

3.3 Tracer sur la figure 4 **se trouvant sur l'annexe à rendre avec la copie**, l'allure du fond marin exploré en précisant la profondeur  $p$  en mètres en fonction de la position  $x$  du bateau.

**Exercice II : Annexe à rendre avec la copie**  
Question 3.1.3 et 3.3

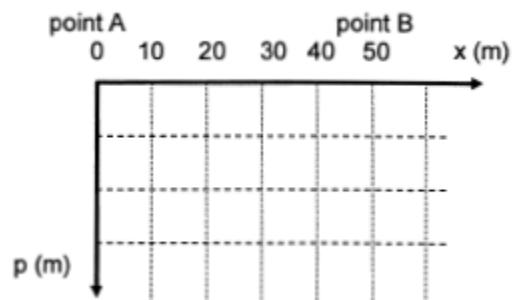
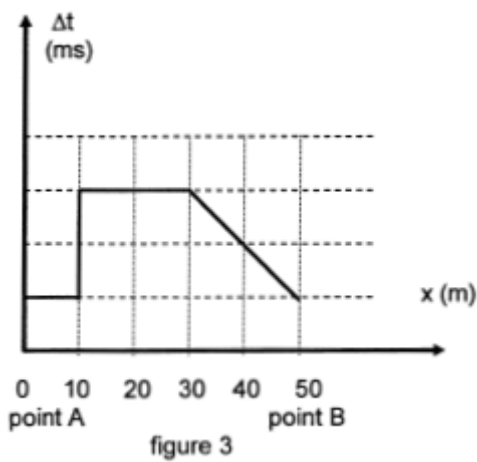


figure 4

**Exercice 2 : Comment déterminer le relief du fond marin avec un sondeur ? (5,5 points)**

**1. étude de l'onde ultrasonore dans l'eau de mer.**

**1.1.** Une onde mécanique progressive est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière.

**1.2.** L'onde ultrasonore est une onde **longitudinale** car la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation de l'onde.

Voir l'animation d'Adrien Willm : [http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/onde\\_sonore\\_plane.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/onde_sonore_plane.swf)

**2. Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.**

**2.1.** La célérité des ultrasons est plus grande dans l'eau de mer que dans l'air. Ainsi la salve d'ultrasons émise sera reçue en premier par le récepteur B, puis ensuite par le récepteur A.

**2.2.** Les ultrasons parcourent la distance d.

Dans l'air  $v_{\text{air}} = \frac{d}{t_A - t_0}$ , en posant  $t_0 = 0$  (instant du début de l'émission de la salve) on a  $v_{\text{air}} = \frac{d}{t_A}$ .

Dans l'eau de mer  $v_{\text{eau}} = \frac{d}{t_B - t_0} = \frac{d}{t_B}$ .

D'après l'énoncé :  $v_{\text{eau}} > v_{\text{air}}$

$$\text{donc } \frac{d}{t_B} > \frac{d}{t_A}$$

$$\text{soit } \frac{1}{t_B} > \frac{1}{t_A}$$

$$\text{alors } t_B < t_A$$

Le récepteur B perçoit en premier les ultrasons, ensuite le récepteur A. Donc le retard a pour expression :

$$\Delta t = t_A - t_B$$

**2.3.1.**  $v_{\text{air}} = \frac{d}{t_A}$  soit  $t_A = \frac{d}{v_{\text{air}}}$

D'autre part,  $v_{\text{eau}} = \frac{d}{t_B}$  soit  $t_B = \frac{d}{v_{\text{eau}}}$ .

$$\Delta t = t_A - t_B$$

$$\Delta t = \frac{d}{v_{\text{air}}} - \frac{d}{v_{\text{eau}}}$$

$$\Delta t = d \cdot \left( \frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_{\text{eau}}} \right)$$

**2.3.2.** La relation obtenue en 2.3.1. montre que  $\Delta t$  est proportionnelle à d.

La courbe représentative de d en fonction de  $\Delta t$  est une droite passant par l'origine, ce qui est cohérent avec cette proportionnalité.

**2.3.3.** Soit le point A ( $d_A = 1,10$  m ;  $\Delta t_A = 2,50$  ms =  $2,50 \times 10^{-3}$  s)

Notons a le coefficient directeur de cette droite passant par l'origine :  $\Delta t_A = a \cdot d_A$ , alors  $a = \frac{\Delta t_A}{d_A}$

$$a = \frac{2,50 \times 10^{-3}}{1,10} = 2,27 \times 10^{-3} \text{ s.m}^{-1}$$

Le coefficient directeur a pour expression littérale  $a = \left( \frac{1}{v_{\text{air}}} - \frac{1}{v_{\text{eau}}} \right)$

donc  $a = \left( \frac{v_{\text{eau}} - v_{\text{air}}}{v_{\text{air}} \cdot v_{\text{eau}}} \right)$

$$a \cdot v_{\text{air}} \cdot v_{\text{eau}} = v_{\text{eau}} - v_{\text{air}}$$

$$a \cdot v_{\text{air}} \cdot v_{\text{eau}} - v_{\text{eau}} = -v_{\text{air}}$$

$$v_{\text{eau}} (a \cdot v_{\text{air}} - 1) = -v_{\text{air}}$$

$$v_{\text{eau}} = \frac{-v_{\text{air}}}{(a \cdot v_{\text{air}} - 1)} = \frac{v_{\text{air}}}{(1 - a \cdot v_{\text{air}})}$$

$$v_{\text{eau}} = \frac{340}{1 - 2,27 \times 10^{-3} \times 340}$$

$v_{\text{eau}} = 1,50 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1} = 1,50 \text{ km.s}^{-1}$  Ce résultat est cohérent avec celui indiqué juste après dans la partie 3.

### 3. Détermination du relief des fonds marins

3.1.1. L'émission a lieu avant la réception... donc la **voie 1** représente le signal émis, et la **voie 2** le signal reçu.

3.1.2.  $\Delta t \rightarrow 2,7 \text{ cm}$

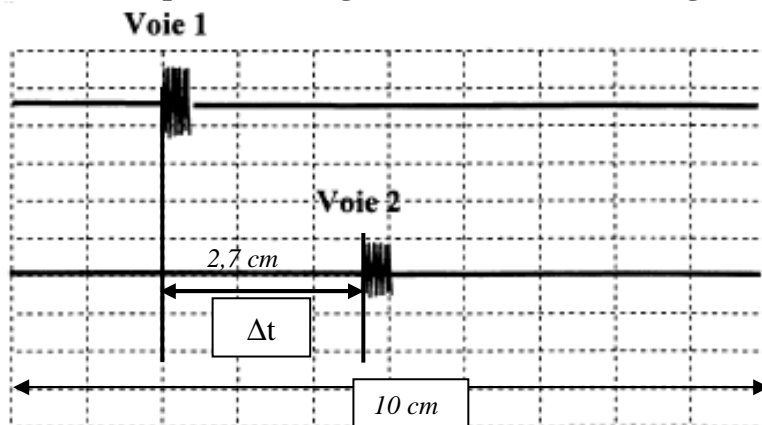
$10 \times 10 \text{ ms} \rightarrow 10 \text{ cm}$

$$\Delta t = \frac{2,7 \times 10 \times 10}{10} = 27 \text{ ms} = 27 \times 10^{-3} \text{ s}$$

3.1.3. Pour  $x_A = 0 \text{ m}$ ,  $\Delta t$  correspond à un carreau verticalement.

L'échelle verticale de la figure 3 est donc

**1 carreau représente 27 ms.**



3.2. Les ultrasons émis se dirigent vers le fond, ils parcourent la distance  $p$ ; puis ils reviennent vers le bateau et parcourent à nouveau la distance  $p$ .

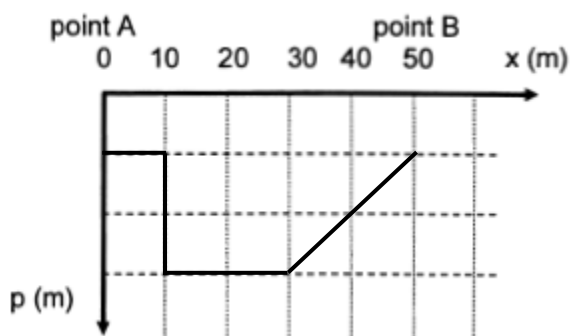
$$v_{\text{eau}} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2p}{\Delta t} \quad \text{donc } p = \frac{\Delta t \cdot v_{\text{eau}}}{2}$$

3.3. Pour  $0 < x < 10 \text{ m}$  :  $\Delta t \rightarrow 1 \text{ carreau}$

$$p = \frac{27 \times 10^{-3} \times 1,50 \times 10^3}{2} = 20 \text{ m}$$

Pour  $10 < x < 30 \text{ m}$  :  $\Delta t \rightarrow 3 \text{ carreaux}$

$$p = \frac{3 \times 27 \times 10^{-3} \times 1,50 \times 10^3}{2} = 60,75 \text{ m} = 6 \times 10^1 \text{ m}$$



On peut penser que la détermination de  $\Delta t$  étant peu précise, l'échelle de la figure 4 est sans doute de 1 carreau pour 20 m.

Voir l'animation d'Adrien Willm : [http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/sonar.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/sonar.swf)