

ondes mécaniques progressives

Comment déterminer le relief du fond marin avec un sondeur ? (Amérique du nord 2007)

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 matériel sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

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.

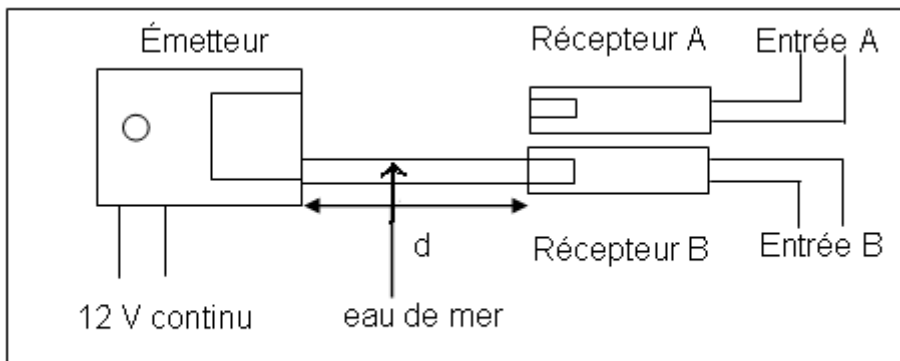


Figure 1

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

2.1. Il est nécessaire de déclencher l'acquisition sur la voie B car la célérité dans l'eau de mer est plus importante que dans l'air. La distance d entre les récepteurs et les émetteurs étant la

même le signal arrivera en premier au récepteur B.

2.2 L'onde arrive d'abord sur le récepteur B. Par conséquent

$$t_B < t_A$$

Pour que l'expression du retard soit positive il faut qu'il soit égal à :

$$\Delta t = t_A - t_B > 0 \text{ s}$$

2.3.1

Dans l'air : $v(\text{air}) = \frac{d}{t_A - t_0}$ avec $t_0 = 0 \text{ s}$

$$t_A = \frac{d}{v(\text{air})}$$

dans l'eau :

$$v(\text{eau}) = \frac{d}{t_B - t_0}$$

$$t_B = \frac{d}{v(\text{eau})}$$

L'intervalle de temps entre la réception du signal sur la voie B et A est :

$$\Delta t = t_A - t_B = \frac{d}{v(\text{air})} - \frac{d}{v(\text{eau})} = d \left(\frac{1}{v(\text{air})} - \frac{1}{v(\text{eau})} \right)$$

::

Vérification d'unité :

$t_A - t_B$ en seconde

d/V en $m/(m.s^{-1}) = s$

L'expression littérale est homogène en terme d'unité.

2.3.2. La relation obtenue en 2.3.1. montre que Δt est proportionnelle à d .

La courbe représentative de d en fonction de Δt est une droite passant par l'origine, ce qui est cohérent avec cette proportionnalité.

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

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

$$a = 2,50 \times 10^{-3} / (1,1) = 2,27 \times 10^{-3} \text{ s} \cdot \text{m}^{-1}$$

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

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

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

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

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

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

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

$v_{\text{eau}} = 1,50 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 1,50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ 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**.

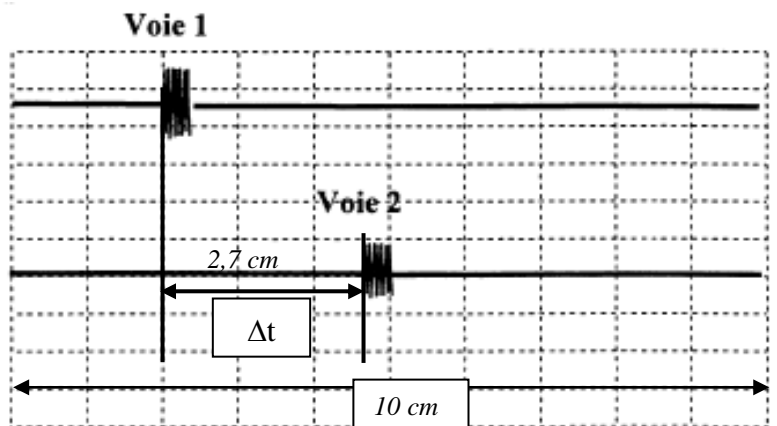
3.1.2. $\Delta t \rightarrow 2,7 \text{ cm}$

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

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

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

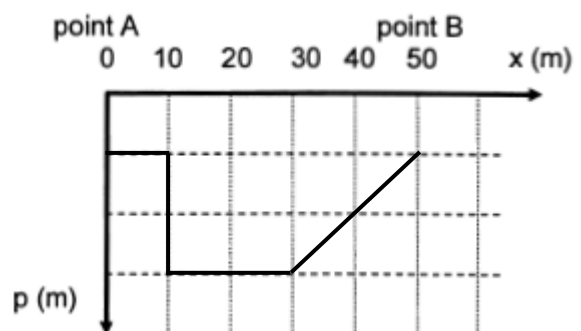
L'échelle verticale de la figure 3 est donc **1 carreau représente 27 ms**.



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



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

Pour $10 < x < 30 \text{ m}$: $\Delta t \rightarrow 3$ 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 Δt étant peu précise, l'échelle de la figure 4 est sans doute

de 1 carreau pour 20 m.

3.4. Pour que le signal émis et son écho ne se chevauchent pas, il faut que l'écho soit revenu avant une durée égale à T_m , soit avant qu'un nouveau signal ne soit émis.

Les ultrasons doivent parcourir la distance $2p$ en une durée inférieure à T_m .

$$v = \frac{2p}{\Delta t}$$

$$\text{soit } 2p = v \cdot \Delta t$$

$$\text{avec } \Delta t < T_m$$

$$2p < v \cdot T_m$$

$$2 \cdot p/v < T_m$$

$$T_m > \frac{2 \times 360}{1,50 \times 10^3}$$

$$T_m > \mathbf{0,48 \text{ s.}}$$