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

1.3.1. La lumière peut être diffractée : lorsque la lumière rencontre un obstacle ou un trou de faible dimension alors elle subit le **phénomène de diffraction**.

Voir l'applet Java de Gilbert Gastebois :
http://perso.orange.fr/gilbert.gastebois/java/diffraction/diffractrou/diffractrou.html

1.3.2. La lumière se propage dans le vide contrairement à une onde mécanique. Sur Terre, on peut recevoir la lumière émise par les étoiles après propagation dans le vide de l'espace.

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

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

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

donc $\dfrac{d}{t_B} > \dfrac{d}{t_A}$

soit $\dfrac{1}{t_B} > \dfrac{1}{t_A}$

alors $t_B < t_A$

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

$\boxed{\Delta t = t_A - t_B.}$

2.3.1. $v_{air} = \dfrac{d}{t_A}$ soit $t_A = \dfrac{d}{v_{air}}$

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

$\Delta t = t_A - t_B$

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

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

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 ($d_A = 1{,}10$ m ; $\Delta t_A = 2{,}50$ ms $= 2{,}50\times10^{-3}$ s)

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

$$\mathbf{a} = \frac{2{,}50\times10^{-3}}{1{,}10} = \mathbf{2{,}27\times10^{-3}\ s.m^{-1}}$$

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

donc $a = \left(\dfrac{v_{eau} - v_{air}}{v_{air}.v_{eau}}\right)$

$a.v_{air}.v_{eau} = v_{eau} - v_{air}$

$a.v_{air}.v_{eau} - v_{eau} = - v_{air}$

$v_{eau}\,(a.v_{air} - 1) = - v_{air}$

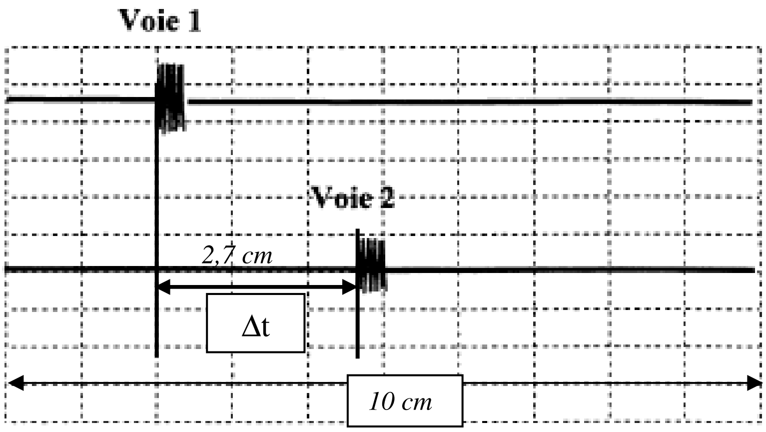
$v_{eau} = \dfrac{-v_{air}}{(a.v_{air} - 1)} = \dfrac{v_{air}}{(1 - a.v_{air})}$

$v_{eau} = \dfrac{340}{1 - 2,27\times10^{-3}\times340}$

$\mathbf{v_{eau} = 1{,}50\times10^{3}\ m.s^{-1} = 1{,}50\ km.s^{-1}}$ *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. $\Delta t \rightarrow 2{,}7$ cm

10×10 ms $\rightarrow 10$ cm

$\Delta t = \dfrac{2,7\times10\times10}{10} = 27\ ms = \mathbf{27\times10^{-3}\ s}$

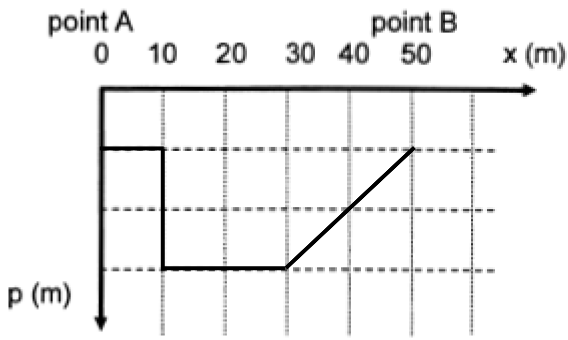
3.1.3. Pour $x_A = 0$ m, Δt correspond à un carreau verticalement.

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.

$v_{eau} = \dfrac{d}{\Delta t} = \dfrac{2p}{\Delta t}$ donc $p = \dfrac{\Delta t.v_{eau}}{2}$



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

$p = \dfrac{27\times10^{-3}\times1,50\times10^{3}}{2} = 20\ m$

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

$p = \dfrac{3\times27\times10^{-3}\times1,50\times10^{3}}{2} = 60{,}75\ m = 6\times10^{1}\ m$

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.

$v = \dfrac{2p}{\Delta t}$ soit $2p = v.\Delta t$ avec $\Delta t < T_m$

$2p < v.T_m$

$\boxed{\dfrac{2p}{v} < \mathbf{T_m}}$

$T_m > \dfrac{2\times360}{1,50\times10^{3}}$

$\mathbf{T_m > 0{,}48\ s.}$ Voir l'animation d'Adrien Willm : http://www.ostralo.net/3_animations/swf/sonar.swf