Comment déterminer le relief du fond marin avec un sondeur

Bac S 2007 Amérique du Nord (ancien programme) · Exercice 1 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Définir une onde mécanique progressive.

Une onde mécanique progressive est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, de proche en proche, avec transport d'énergie mais sans transport de matière.

PIÈGE
Oublier « sans transport de matière » ou « milieu matériel » : ce sont les deux mots qui font la définition.

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

Les ultrasons sont une succession de compressions et de dilatations du milieu : les tranches d'eau se déplacent parallèlement à la direction dans laquelle l'onde avance.

L'onde ultrasonore est **longitudinale** : la perturbation a la même direction que la propagation.

COMPRENDRE
Une onde est transversale quand la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation, comme sur une corde ou à la surface de l'eau.

1.3.1 Citer un fait expérimental qui permet de décrire la lumière comme une onde.

La **diffraction** : un faisceau laser qui traverse une fente très fine s'étale et donne une figure faite d'une tache centrale et de taches secondaires, comme le fait une onde à la surface de l'eau devant une ouverture étroite.

COMPRENDRE
Les interférences lumineuses (fentes d'Young) sont une autre réponse acceptée : diffraction et interférences sont deux signatures d'une onde.

1.3.2 Quelle observation montre que la lumière n'est pas une onde mécanique ?

La lumière des étoiles et du Soleil nous parvient après avoir traversé le vide de l'espace.

La lumière se propage dans le vide, alors qu'une onde mécanique a besoin d'un milieu matériel : ce n'est pas une onde mécanique.

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

Données utiles $v_{\text{air}} = 340\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $v_{\text{eau}} > v_{\text{air}}$

Les deux salves partent au même instant et parcourent la même distance d. Comme les ultrasons vont plus vite dans l'eau de mer que dans l'air, la salve arrive d'abord sur le récepteur B, puis sur le récepteur A.

Il faut déclencher sur l'entrée B, celle du premier signal reçu : les deux signaux sont alors enregistrés et le retard se lit directement à partir du début de l'acquisition.

PIÈGE
Un déclenchement sur l'entrée A lancerait l'enregistrement après le passage de la salve dans l'eau : le signal B serait perdu.

2.2 Donner l'expression du retard Δt entre les deux réceptions en fonction de t_A et t_B.

Origine des dates à l'émission : la salve atteint A à la date t_A et B à la date t_B.

$t_A = \dfrac{d}{v_{\text{air}}}$ et $t_B = \dfrac{d}{v_{\text{eau}}}$; comme $v_{\text{eau}} > v_{\text{air}}$, on a $t_B < t_A$.

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

PIÈGE
Écrire $t_B - t_A$: un retard est une durée positive, on retranche la plus petite durée de la plus grande.

2.3.1 Donner l'expression de Δt en fonction de d, v_{air} et v_{eau}.

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

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

2.3.2 Justifier l'allure de la courbe $\Delta t = f(d)$ obtenue.

Les deux célérités sont constantes, donc $\Delta t = a\,d$ avec $a = \dfrac{1}{v_{\text{air}}} - \dfrac{1}{v_{\text{eau}}}$ constant et positif.

Δt est proportionnel à d : les points sont alignés sur une droite croissante qui passe par l'origine, ce que montre le graphe.

2.3.3 Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite $\Delta t = f(d)$, puis en déduire la célérité v_{eau} des ultrasons dans l'eau de mer.

Données utiles $v_{\text{air}} = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; graphe $\Delta t = f(d)$

La droite passe par l'origine et par le point ($d = 1{,}10$ m ; $\Delta t = 2{,}50$ ms) :

$$a = \frac{\Delta t}{d} = \frac{2{,}50\times10^{-3}}{1{,}10} = 2{,}27\times10^{-3}\ \text{s}\cdot\text{m}^{-1}$$

D'après 2.3.1 : $a = \dfrac{1}{v_{\text{air}}} - \dfrac{1}{v_{\text{eau}}}$, donc $\dfrac{1}{v_{\text{eau}}} = \dfrac{1}{v_{\text{air}}} - a$ et

$$v_{\text{eau}} = \frac{1}{\dfrac{1}{v_{\text{air}}} - a} = \frac{1}{\dfrac{1}{340} - \dfrac{2{,}50\times10^{-3}}{1{,}10}}$$

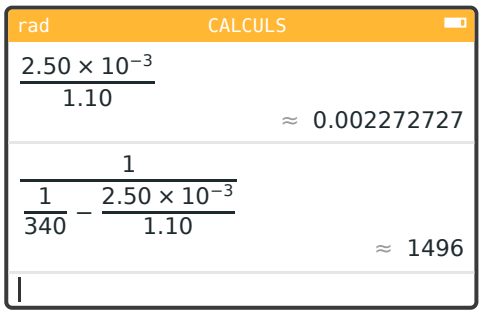
$$\boxed{a = 2{,}27\times10^{-3}\ \text{s}\cdot\text{m}^{-1} \text{ et } v_{\text{eau}} = 1{,}50\times10^{3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

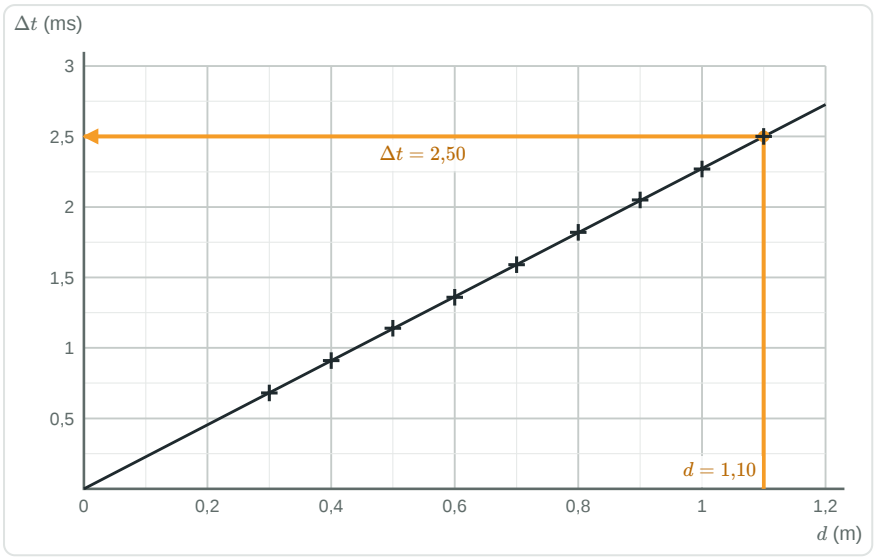
PIÈGE
Lire Δt en ms sans convertir en secondes : le coefficient directeur doit être en $\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$ pour être comparé à $1/v$.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les lectures et v_{air}. On soustrait deux nombres voisins : avec a arrondi à $2{,}27\times10^{-3}$, on trouve $1{,}49\times10^{3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Garder la valeur non arrondie.

MÉTHODE
Coefficient directeur : choisir un point de la droite tracée, le plus éloigné possible de l'origine et placé sur un croisement du quadrillage.

À LA CALCULATRICE





2.3.3 · Graphe du sujet : droite passant par l'origine et lecture du point choisi

3.1.1 Identifier les signaux observés sur chaque voie de l'oscillogramme, en justifiant.

L'écho ne peut être reçu qu'après l'émission de la salve. Sur l'écran, le temps s'écoule de gauche à droite et la salve de la voie 1 est la plus à gauche.

Voie 1 : signal émis. Voie 2 : signal reçu (écho), en retard sur le premier.

3.1.2 À partir de l'oscillogramme, déterminer la durée Δt entre l'émission de la salve et la réception de son écho.

Données utiles sensibilité horizontale : 10 ms / div

Entre le début de la salve émise et le début de l'écho, on mesure 2,7 divisions.

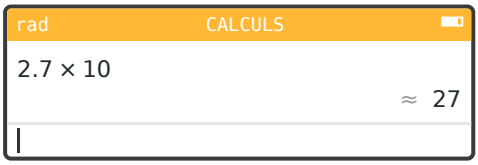
$\Delta t = 2{,}7 \times 10 = 27$ ms

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

COMPRENDRE
La lecture se fait au dixième de division : deux chiffres significatifs seulement pour Δt, donc pour les profondeurs qui en découlent.

MÉTHODE
Mesurer d'un début de salve à l'autre début (ou de fin à fin), jamais du début de l'une à la fin de l'autre.

À LA CALCULATRICE

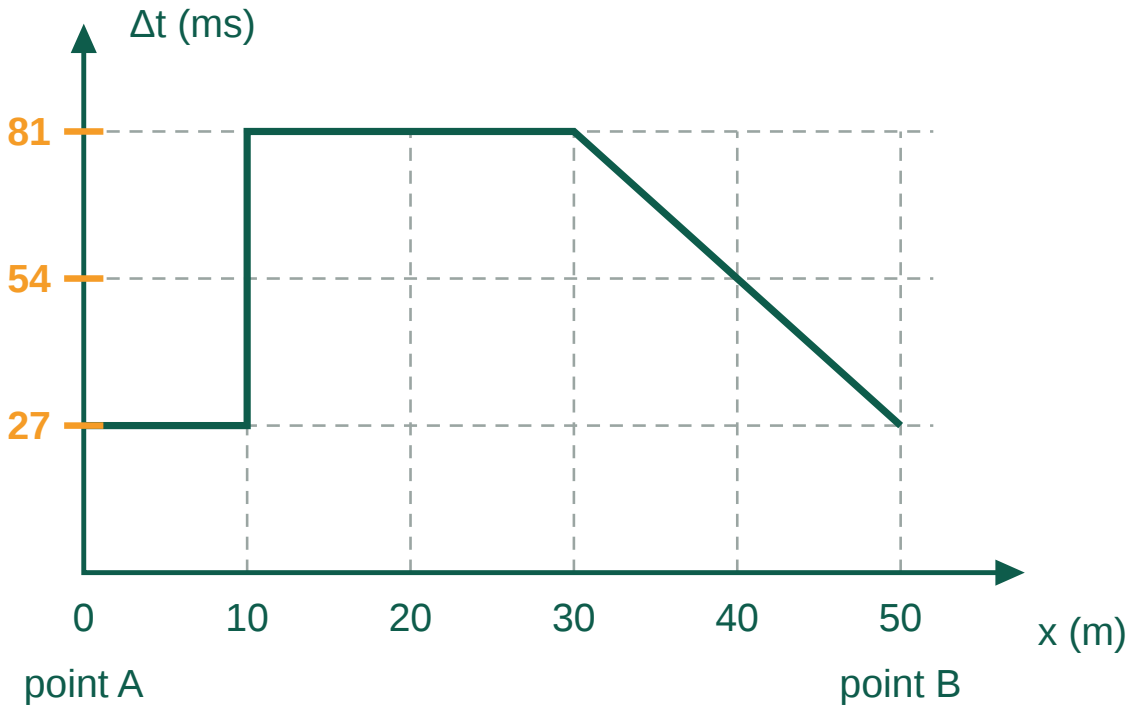


3.1.3 En déduire la graduation de l'axe des ordonnées de la figure 3 de l'annexe.

Données utiles $\Delta t = 27$ ms en A (3.1.2)

En A ($x = 0$ m), la courbe de la figure 3 se trouve à la hauteur d'un carreau, et on a mesuré $\Delta t = 27$ ms à cette position.

Un carreau vertical représente 27 ms : les lignes de la figure 3 sont à 27 ms, 54 ms et 81 ms.



3.1.3 · Figure 3 de l'annexe, axe des ordonnées gradué

3.2 Déterminer la relation permettant de calculer la profondeur p en fonction de Δt et v_{eau}.

Pendant la durée Δt, la salve descend jusqu'au fond puis remonte jusqu'à la sonde : elle parcourt la distance $2p$ à la célérité v_{eau}.

$$v_{\text{eau}} = \frac{2p}{\Delta t}$$

$$\boxed{p = \frac{v_{\text{eau}}\,\Delta t}{2}}$$

PIÈGE
Oublier le facteur 2 de l'aller-retour : toutes les profondeurs seraient doublées.

3.3 Tracer sur la figure 4 de l'annexe l'allure du fond marin exploré, en précisant la profondeur p en mètres en fonction de la position x du bateau.

Données utiles $v_{\text{eau}} = 1{,}50 \times 10^3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; un carreau de la figure 3 : 27 ms (3.1.3) ; $p = \frac{v_{\text{eau}}\,\Delta t}{2}$ (3.2)

De $x = 0$ à 10 m : $\Delta t = 27$ ms, donc $p = \frac{1{,}50 \times 10^3 \times 27 \times 10^{-3}}{2} = 20$ m.

De $x = 10$ à 30 m : $\Delta t = 3 \times 27 = 81$ ms, donc $p = \frac{1{,}50 \times 10^3 \times 81 \times 10^{-3}}{2} = 61$ m.

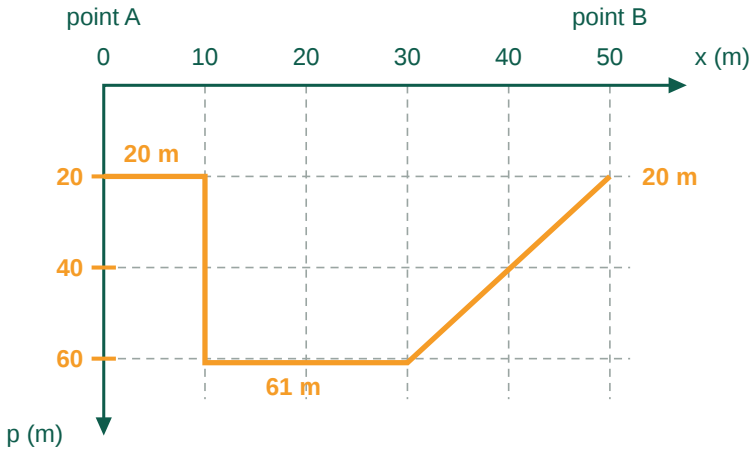
De $x = 30$ à 50 m : Δt décroît régulièrement de 81 ms à 27 ms, donc le fond remonte en pente régulière de 61 m à 20 m.

Comme p est proportionnelle à Δt, on gradue l'axe de la figure 4 avec un carreau pour 20 m : le profil a la forme de la figure 3, retournée vers le bas.

Fond plat à 20 m jusqu'à $x = 10$ m, marche verticale, fond plat à 61 m de 10 à 30 m, puis remontée régulière jusqu'à 20 m en B.

PIÈGE
Tracer le profil vers le haut comme la figure 3 : l'axe des profondeurs de la figure 4 est orienté vers le bas.

COMPRENDRE
Avec un carreau pour 20 m, le palier profond se place à trois carreaux (60 m) : l'écart avec 61 m est inférieur à la précision de la lecture de Δt.



3.3 · Figure 4 de l'annexe complétée : profil du fond marin

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.50 \times 10^3 \times 27 \times 10^{-3}}{2} \approx 20.25$

$\dfrac{1.50 \times 10^3 \times 81 \times 10^{-3}}{2} \approx 60.75$

3.4 Le signal émis et son écho ne doivent pas se chevaucher. Déterminer la période minimale T_m des salves pour un sondeur utilisable jusqu'à 360 m de profondeur.

Données utiles $p_{\max} = 360$ m ; $v_{\text{eau}} = 1{,}50 \times 10^3$ m · s^{-1}

L'écho venant de la profondeur maximale doit être revenu avant l'émission de la salve suivante : $T \geqslant \Delta t_{\max}$, avec $\Delta t_{\max} = \dfrac{2\,p_{\max}}{v_{\text{eau}}}$ (3.2).

$$T_m = \frac{2\,p_{\max}}{v_{\text{eau}}} = \frac{2 \times 360}{1{,}50 \times 10^3}$$

$T_m = 0{,}480$ s

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{2 \times 360}{1.50 \times 10^3} \approx 0.48$

PIÈGE

Confondre T, période de répétition des salves, avec la période de l'onde ultrasonore $1/f = 5{,}0 \times 10^{-6}$ s : la fréquence de 200 kHz ne sert pas ici.

COMPRENDRE

Avec une période plus courte, l'écho d'un fond profond arriverait après la salve suivante : le sondeur l'attribuerait à cette salve et afficherait une profondeur trop faible.