étude d'un sondeur

Bac S 2015 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Justifier l'importance d'un capteur de température dans un sondeur, puis choisir la vitesse de propagation du son dans l'eau parmi 1470, 1525 et 1490 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Données utiles $S = 35$ ‰ ; $\theta = 10\ ^\circ\mathrm{C}$; courbes du modèle de Lovett

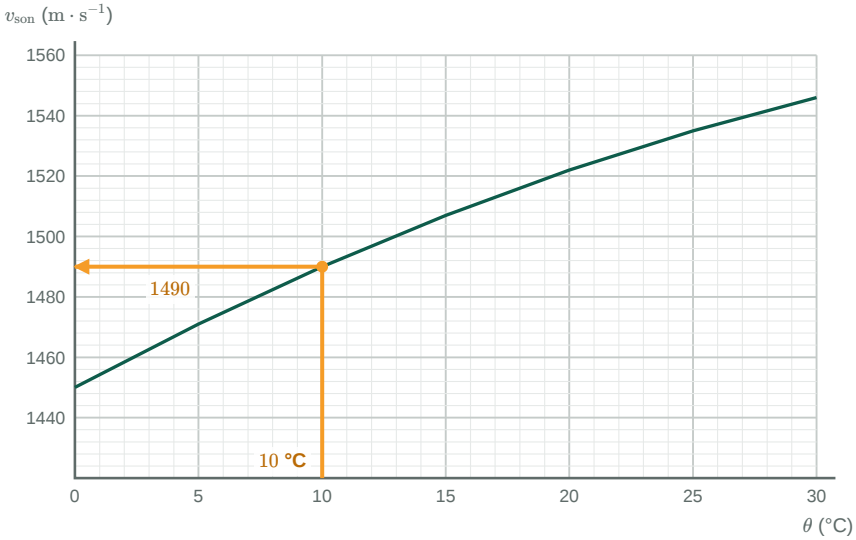
Le sondeur calcule une distance à partir d'une durée de parcours : il lui faut la vitesse du son dans l'eau. Or, d'après le graphique, cette vitesse augmente nettement avec la température (d'environ 1450 à 1545 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ entre 0 et 30 °C pour $S = 35$ ‰). Sans mesure de θ, la profondeur affichée serait fausse.

Lecture sur la courbe $S = 35$ ‰ (trait plein), à l'abscisse $\theta = 10\ ^\circ\mathrm{C}$:

$$v_{\text{son}} = 1490\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

PIÈGE
Lire sur la mauvaise courbe. La salinité de 35 ‰ correspond au trait plein, la courbe la plus haute ; celle en tirets ($S = 30$ ‰) passe plus bas à 10 °C.

MÉTHODE
Lecture graphique : partir de l'abscisse, monter jusqu'à la bonne courbe, puis rejoindre l'axe vertical. Entre deux graduations, comparer aux valeurs proposées : seule 1490 convient.



1 · Courbe $S = 35$ ‰ du sujet, avec la lecture à 10 °C

2 À l'aide du document sur la réflexion des ondes acoustiques, dire si le sondeur est plus performant pour détecter un thon ou une sardine, placés à la même distance et perpendiculaires à la verticale de la sonde.

Données utiles $f = 83$ kHz ; $v_{son} = 1490\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Q1) ; sardine : 10 cm ; thon : 1 m

Le document compare la taille du poisson à la longueur d'onde λ de l'onde ultrasonore :

$$\lambda = \frac{v_{son}}{f} = \frac{1490}{83 \times 10^3} = 1{,}8 \times 10^{-2}\ \text{m} = 1{,}8\ \text{cm}$$

La sardine (10 cm, soit environ $6\,\lambda$) et le thon (1 m, soit environ $56\,\lambda$) sont tous deux plus grands que λ : dans les deux cas la réflexion est directionnelle, et l'écho revient vers la sonde puisque le poisson est perpendiculaire à la verticale. Le sondeur détecte donc les deux poissons.

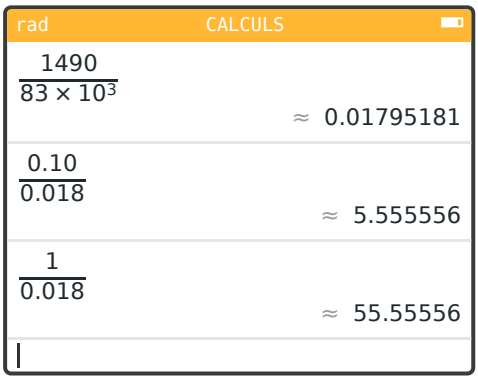
Le document ne permet pas de les départager strictement. La condition « taille grande devant λ » est toutefois bien mieux remplie par le thon, qui offre aussi une surface réfléchissante plus étendue.

$\lambda = 1{,}8$ cm : réflexion directionnelle pour les deux poissons, détection plus favorable pour le thon.

PIÈGE
Oublier de convertir les kilohertz en hertz, ou répondre sans calculer λ : la justification attendue est la comparaison chiffrée entre la taille des poissons et la longueur d'onde.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la fréquence $f = 83$ kHz, donnée la moins précise. La même règle s'applique aux calculs suivants.

À LA CALCULATRICE



3 Déterminer la profondeur d du poisson si la durée entre l'émission du signal et la réception de l'écho vaut 32 ms.

Données utiles $\Delta t = 32$ ms ; $v_{son} = 1490\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Q1)

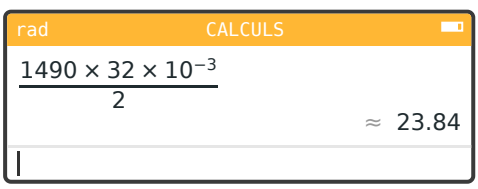
Entre l'émission et la réception, l'onde fait un aller-retour : elle parcourt $2d$ pendant Δt.

$$v_{son} = \frac{2d}{\Delta t} \quad \text{donc} \quad d = \frac{v_{son} \times \Delta t}{2} = \frac{1490 \times 32 \times 10^{-3}}{2}$$

$d = 24$ m

PIÈGE
Oublier le facteur 2 de l'aller-retour (on trouverait 48 m) ou laisser Δt en millisecondes.

À LA CALCULATRICE



4 Justifier la forme en « accent circonflexe » du signal affiché quand le poisson traverse horizontalement, à vitesse constante, le cône de détection.

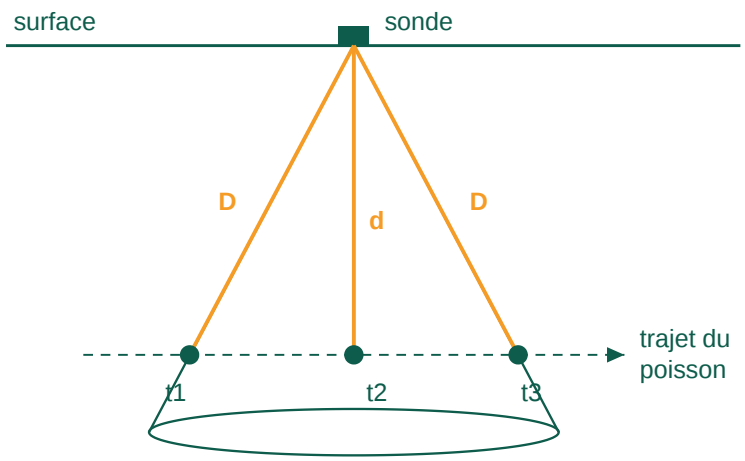
Le sondeur ne connaît pas la direction de l'écho : il mesure seulement la durée Δt et affiche la distance sonde-poisson $\frac{v_{\text{son}}\,\Delta t}{2}$ comme une profondeur.

Le poisson nage à profondeur constante d. À l'entrée du cône (t_1) et à la sortie (t_3), il est sur le bord : le trajet oblique D est plus long que d, l'écho met plus de temps à revenir et le point s'affiche plus bas. À la verticale de la sonde (t_2), la distance est minimale, égale à d : le point est le plus haut.

Comme les mesures successives défilent vers la gauche, la trace descend-monte-descend de façon symétrique.

Distance sonde-poisson : $D > d$ aux bords du cône, minimale (d) à la verticale, d'où un tracé en accent circonflexe.

COMPRENDRE
La vraie profondeur du poisson se lit au sommet de l'accent, là où le trajet de l'onde est vertical. Ailleurs, l'écran surestime la profondeur.



4 · Le trajet de l'onde est plus long aux bords du cône qu'à la verticale

5 Quelle plage de mesure permet de déterminer la position du poisson avec la meilleure précision ? Justifier.

Données utiles plages : 0 à 50 m ou 0 à 100 m ; 160 pixels verticaux ; incertitude : 1 pixel ; $d = 24$ m (Q3)

La hauteur de l'écran (160 pixels) représente toute la plage choisie. Un pixel, qui est l'incertitude de lecture, correspond donc à :

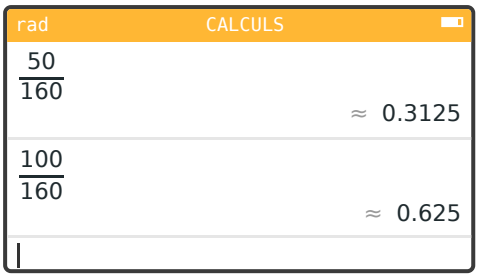
- plage 0 à 50 m : $\frac{50}{160} = 0{,}31$ m ;
- plage 0 à 100 m : $\frac{100}{160} = 0{,}63$ m.

Le poisson est à 24 m (Q3) : il reste visible sur la plage 0 à 50 m, qui donne une incertitude deux fois plus petite.

Plage 0 à 50 m : incertitude d'environ 0,3 m sur la profondeur, contre 0,6 m avec la plage 0 à 100 m.

MÉTHODE
Choisir un calibre : prendre le plus petit qui contient encore la valeur mesurée. Ici 24 m est inférieur à 50 m ; un poisson à 70 m imposerait la plage 0 à 100 m.

À LA CALCULATRICE



6 À quel(s) instant(s) une mesure fondée sur l'effet Doppler permet-elle d'évaluer la vitesse de déplacement du poisson ? Justifier.

Données utiles $|\Delta f| = \dfrac{2v\cos\alpha}{c} \times f$; α : angle entre la direction de déplacement du poisson et la direction de propagation de l'onde

La vitesse du poisson se déduit du décalage de fréquence : $v = \dfrac{c\,|\Delta f|}{2f\cos\alpha}$. Il faut donc un décalage $|\Delta f|$ mesurable, c'est-à-dire $\cos\alpha \neq 0$.

- À l'instant t_2, le poisson est à la verticale de la sonde : son déplacement horizontal est perpendiculaire à la direction de l'onde, $\alpha = 90^\circ$ et $\cos\alpha = 0$. Alors $|\Delta f| = 0$: aucune mesure de v n'est possible.
- Aux instants t_1 et t_3, le trajet de l'onde est oblique : $\alpha \neq 90^\circ$, donc $|\Delta f| \neq 0$. Le poisson se rapproche de la sonde en t_1 et s'en éloigne en t_3.

Mesure possible aux instants t_1 et t_3 (poisson hors de la verticale), impossible à t_2 où $|\Delta f| = 0$.

PIÈGE
Répondre « à t_2 » parce que l'écho y est le plus intense. Un écho fort ne suffit pas : sans variation de la distance sonde-poisson, la fréquence ne change pas.

COMPRENDRE
L'effet Doppler ne détecte que la composante de la vitesse dirigée vers la sonde ou à l'opposé. C'est aux bords du cône que cette composante est la plus grande, donc le décalage le plus facile à mesurer.