Nuisances sonores sous-marines

Bac S 2018 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **8 points** **Durée conseillée 1 h 20**

1.1.1 Proposer un protocole de préparation de 50,0 mL de solution S_{mer} (eau de mer diluée au dixième).

Diluer au dixième : le volume prélevé est dix fois plus petit que le volume final, $V_{\text{prélevé}} = \dfrac{50{,}0}{10} = 5{,}0\ \text{mL}$.

- Verser un peu d'eau de mer dans un bécher, puis en prélever 5,0 mL avec une pipette jaugée de 5,0 mL munie d'une propipette.
- Introduire ce prélèvement dans une fiole jaugée de 50,0 mL.
- Ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher et agiter.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher et homogénéiser.

Pipette jaugée de 5,0 mL et fiole jaugée de 50,0 mL, complétée à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

PIÈGE
Citer une éprouvette graduée ou un bécher pour mesurer les volumes : seule la verrerie jaugée (pipette et fiole) est assez précise. Ne jamais pipeter directement dans le flacon d'eau de mer.

1.1.2 Interpréter qualitativement le changement de pente observé sur le graphe $\sigma = f(V)$.

Données utiles $\lambda(\text{Na}^+) = 5{,}01$; $\lambda(\text{Cl}^-) = 7{,}63$; $\lambda(\text{Ag}^+) = 6{,}19$; $\lambda(\text{NO}_3^-) = 7{,}14\ \text{mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

Les ions Na^+ sont spectateurs : leur quantité ne change pas.

Avant l'équivalence, Ag^+ est le réactif limitant : chaque ion Ag^+ versé précipite avec un ion Cl^-. Tout se passe comme si un ion Cl^- était remplacé par un ion NO_3^-. Comme $\lambda(\text{NO}_3^-) < \lambda(\text{Cl}^-)$, la conductivité diminue légèrement.

Après l'équivalence, il n'y a plus d'ions Cl^- : les ions Ag^+ et NO_3^- versés s'accumulent dans la solution, la conductivité augmente nettement.

La rupture de pente correspond à l'équivalence : σ décroît faiblement tant que Cl^- est remplacé par NO_3^-, puis croît quand Ag^+ et NO_3^- sont en excès.

COMPRENDRE
Les 100 mL d'eau distillée ajoutés rendent la variation de volume négligeable pendant le titrage : la conductivité évolue alors par portions de droites, ce qui permet de repérer l'équivalence à leur intersection.

MÉTHODE
Pour chaque domaine (avant, après l'équivalence), dresser la liste des ions et dire si leur quantité augmente, diminue ou reste constante ; comparer ensuite les conductivités molaires ioniques.

1.1.3 Vérifier que la salinité de l'échantillon étudié est voisine de $35\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Données utiles $S = 1{,}80655 \times Cl$; $d = 1{,}023$; $M(\text{Cl}) = 35{,}5\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $c_1 = 5{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; prise d'essai $V_0 = 10{,}0\ \text{mL}$; dilution au dixième

Les deux portions de droite se coupent pour $V_E \approx 11\ \text{mL}$ (volume à l'équivalence).

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl}$:

$$n(\text{Cl}^-)_{\text{dosé}} = n(\text{Ag}^+)_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad [\text{Cl}^-]_{S_{\text{mer}}} \times V_0 = c_1 \times V_E$$

$$[\text{Cl}^-]_{S_{\text{mer}}} = \frac{c_1 \times V_E}{V_0} = \frac{5{,}0\times10^{-2}\times11}{10{,}0} = 5{,}5\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

L'eau de mer est dix fois plus concentrée : $[\text{Cl}^-]_{\text{mer}} = 10\times5{,}5\times10^{-2} = 0{,}55\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

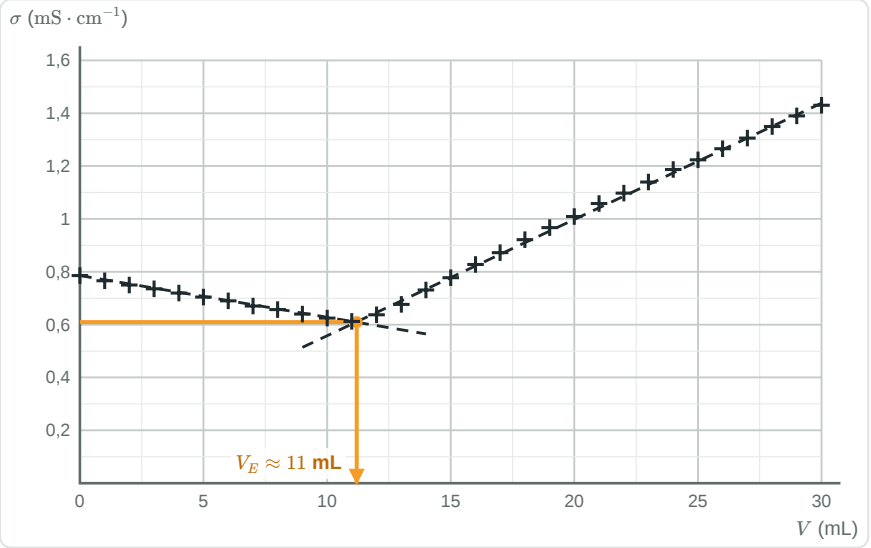
Masse de chlore dans 1 L d'eau de mer : $m = [\text{Cl}^-]_{\text{mer}} \times M(\text{Cl}) = 0{,}55\times35{,}5 = 19{,}5\ \text{g}$.

Avec $d = 1{,}023$, 1 L d'eau de mer a une masse de 1,023 kg. La chlorinité est donc :

$$Cl = \frac{19{,}5}{1{,}023} = 19{,}1\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$$

$$S = 1{,}80655 \times Cl = 1{,}80655\times19{,}1 = 34{,}5\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$$

$S \approx 34\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, valeur bien voisine de $35\ \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.



1.1.3 · Graphe du sujet : les deux portions de droite se coupent à l'équivalence

PIÈGE
Oublier le facteur 10 de la dilution, ou confondre gramme par litre et gramme par kilogramme : il faut diviser par la masse d'un litre d'eau de mer, 1,023 kg.

COMPRENDRE
c_1 et V_E n'ont que deux chiffres significatifs : le résultat aussi. Une lecture de V_E entre 10,5 et 11,5 mL donne S entre 33 et 36 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, compatible avec 35.

COMPRENDRE
L'eau distillée ajoutée dans le bécher ne change pas la quantité d'ions chlorure dosée : c'est le volume de la prise d'essai, 10,0 mL, qui intervient dans le calcul.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{5.0\times10^{-2}\times11}{10.0}$ ≈ 0.055

$\frac{0.55\times35.5}{1.023}$ ≈ 19.08602

$\frac{1.80655\times0.55\times35.5}{1.023}$ ≈ 34.47985

1.2 Montrer que l'approximation « les sons se propagent environ cinq fois plus rapidement dans l'eau que dans l'air » est justifiée à une profondeur de 1000 m.

Données utiles $v \approx 1410 + 4{,}21\,\theta - 0{,}037\,\theta^2 + 1{,}10\,S + 0{,}018\,P$; $v_{\text{air}} \approx 3 \times 10^2\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Lecture graphique à la profondeur $P = 1000\ \text{m}$: $\theta \approx 6\ ^\circ\text{C}$ et $S \approx 35\ \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

$$v_{\text{eau}} \approx 1410 + 4{,}21 \times 6 - 0{,}037 \times 6^2 + 1{,}10 \times 35 + 0{,}018 \times 1000$$

$$v_{\text{eau}} \approx 1{,}49 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

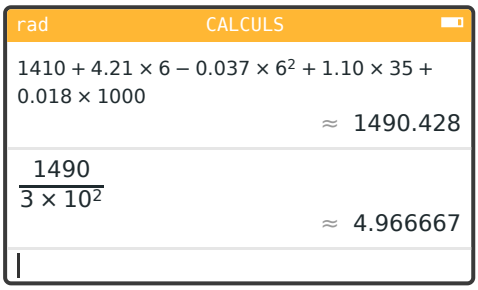
$$\frac{v_{\text{eau}}}{v_{\text{air}}} = \frac{1{,}49 \times 10^3}{3 \times 10^2} = 5{,}0$$

$v_{\text{eau}} \approx 1{,}49 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 5 \times v_{\text{air}}$: l'approximation est justifiée.

PIÈGE
Lire la température et la salinité en surface (20 °C, 36 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) au lieu de la profondeur 1000 m : l'axe des profondeurs est vertical, orienté vers le bas.

COMPRENDRE
La lecture de θ est peu précise, sans conséquence : avec 5 °C ou 7 °C, on trouve 1487 ou 1494 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, et le rapport reste égal à 5,0.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Les ondes émises par les dauphins sont des ondes progressives mécaniques : que signifient ces deux derniers termes ?

Progressive : la perturbation se propage de proche en proche à partir de la source, en transportant de l'énergie sans transport de matière.

Mécanique : la propagation nécessite un milieu matériel (ici l'eau de mer) ; elle est impossible dans le vide.

Onde progressive : propagation d'une perturbation sans transport de matière, avec transport d'énergie. Onde mécanique : elle a besoin d'un milieu matériel.

2.1.2 Les sifflements des dauphins sont-ils audibles par l'homme ? Justifier.

Données utiles sifflements de 1,1 kHz à plus de 24 kHz ; oreille humaine : de 20 Hz à 20 000 Hz

L'oreille humaine perçoit les sons de fréquence comprise entre 20 Hz et 20 kHz.

Les sifflements de fréquence comprise entre 1,1 kHz et 20 kHz appartiennent à ce domaine : ils sont audibles (sons médium et aigus). Ceux de fréquence supérieure à 20 kHz sont des ultrasons, inaudibles.

Les sifflements ne sont audibles qu'en partie : de 1,1 kHz à 20 kHz oui, au-delà de 20 kHz non (ultrasons).

PIÈGE
Répondre seulement « oui » ou « non ». L'intervalle des sifflements chevauche la limite de 20 kHz : il faut distinguer les deux cas en comparant les fréquences.

2.1.3 Déterminer la longueur d'onde de l'onde ultrasonore correspondant à un sifflement de fréquence 24,9 kHz.

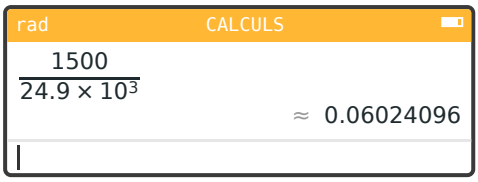
Données utiles $v = 1500\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f = 24{,}9\ \text{kHz}$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500}{24{,}9 \times 10^3} = 6{,}02 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$\lambda = 6{,}02 \times 10^{-2}\ \text{m}$, soit environ 6,0 cm.

PIÈGE
Laisser la fréquence en kilohertz, ou prendre la célérité du son dans l'air : le dauphin siffle dans l'eau de mer, où $v = 1500\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

À LA CALCULATRICE



2.1.4 Calculer la valeur de la fréquence des trois premières harmoniques de ce sifflement.

Données utiles fréquence du sifflement (fondamental) : $f_1 = 24{,}9\ \text{kHz}$

Les harmoniques ont des fréquences multiples de celle du fondamental : $f_n = n \times f_1$.

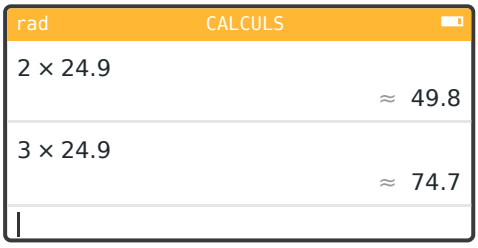
- rang 1 (fondamental) : $f_1 = 24{,}9\ \text{kHz}$;
- rang 2 : $f_2 = 2 \times 24{,}9 = 49{,}8\ \text{kHz}$;
- rang 3 : $f_3 = 3 \times 24{,}9 = 74{,}7\ \text{kHz}$.

$f_1 = 24{,}9\ \text{kHz}$; $f_2 = 49{,}8\ \text{kHz}$; $f_3 = 74{,}7\ \text{kHz}$

COMPRENDRE
Le fondamental est l'harmonique de rang 1. Si l'on ne compte pas le fondamental parmi les harmoniques, on ajoute le rang 4 : $f_4 = 4 \times 24{,}9 = 99{,}6\ \text{kHz}$. Préciser les rangs lève toute ambiguïté.

COMPRENDRE
Fondamental et harmoniques d'un son relevaient de l'ancien programme de Terminale S ; ils ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Montrer que le signal du sonar correspond à un niveau d'intensité sonore de 235 dB.

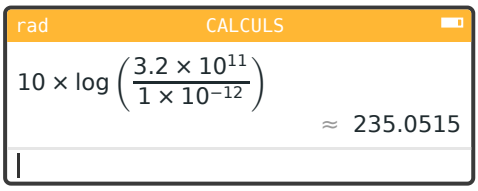
Données utiles $I = 3{,}2 \times 10^{11}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; $I_0 = 10^{-12}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

$$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \log\left(\frac{3{,}2 \times 10^{11}}{10^{-12}}\right) = 235\ \text{dB}$$

$L = 235\ \text{dB}$: on retrouve bien la valeur annoncée.

PIÈGE
Utiliser le logarithme népérien (touche ln) au lieu du logarithme décimal (touche log), ou oublier le facteur 10.

À LA CALCULATRICE



2.2.2 Le son est atténué de $0{,}16\ \text{dB}\cdot\text{km}^{-1}$ dans l'eau de mer. Estimer la distance minimale à laquelle un dauphin peut se trouver sans subir de risques auditifs. Que penser de ce résultat ?

Données utiles $L = 235\ \text{dB}$ (2.2.1) ; seuil de risque : $L_{\text{seuil}} = 220\ \text{dB}$ à 3 kHz ; atténuation $\alpha = 0{,}16\ \text{dB}\cdot\text{km}^{-1}$

Le dauphin ne court plus de risque quand le niveau sonore est redescendu à 220 dB. L'atténuation nécessaire est $L - L_{\text{seuil}} = 235 - 220 = 15\ \text{dB}$.

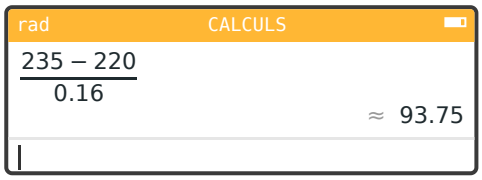
$$d = \frac{L - L_{\text{seuil}}}{\alpha} = \frac{15}{0{,}16} = 94\ \text{km}$$

Cette distance est très grande : un seul sonar met en danger les dauphins dans un rayon de près de cent kilomètres. Ces sonars constituent bien une nuisance sonore majeure pour les cétacés.

$d \approx 94\ \text{km}$: le dauphin doit se trouver à plus de 94 km du sonar, une distance considérable.

COMPRENDRE
Ce calcul ne tient compte que de l'absorption par l'eau. En réalité, l'onde se répartit aussi sur une surface de plus en plus grande en s'éloignant de la source : le niveau baisse plus vite et 94 km est une valeur majorante.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 Le sous-marin envoie une onde de 3 kHz vers le dauphin et s'en rapproche à $22{,}0\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. a) Le son perçu par le dauphin est-il plus grave ou plus aigu ? b) Calculer la valeur du décalage Doppler et commenter.

Données utiles $f_R - f_E = \pm\frac{v_E}{v} f_E$; $f_E = 3\ \text{kHz}$; $v_E = 22{,}0\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; $v = 1500\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

a) L'émetteur (le sous-marin) s'approche du récepteur (le dauphin) : d'après l'énoncé, le signe est positif. Donc $f_R - f_E = +\frac{v_E}{v} f_E > 0$, soit $f_R > f_E$. La fréquence perçue est plus élevée que la fréquence émise : le son perçu est **plus aigu**.

b) La vitesse du sous-marin, notée ici v_E (l'énoncé la note v, comme la célérité du son), vaut $v_E = \frac{22{,}0}{3{,}6} = 6{,}11\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$f_R - f_E = \frac{v_E}{v} f_E = \frac{6{,}11}{1500} \times 3 \times 10^3 = 12\ \text{Hz}$$

Ce décalage est très faible devant la fréquence émise (environ 0,4 %) : le dauphin reçoit un son de fréquence proche de 3012 Hz, pratiquement identique à celui du sonar. Le seuil de risque donné à 3 kHz reste donc valable.

a) Son plus aigu ($f_R > f_E$). b) $f_R - f_E \approx 12\ \text{Hz}$, décalage négligeable devant $f_E = 3\ \text{kHz}$.

PIÈGE
Laisser la vitesse en kilomètres par heure : les deux vitesses du quotient doivent être dans la même unité. Diviser par 3,6 pour passer en mètres par seconde.

COMPRENDRE
La formule suppose v_E faible devant v (ici 6 contre 1500 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) et un déplacement le long de la droite émetteur-récepteur : c'est le rôle de la précision « même profondeur ».

À LA CALCULATRICE

