

ATTENTION : CHAQUE EXERCICE EST A FAIRE SUR UNE FEUILLE SEPARÉE

Première feuille

Exercice 1 : la communication chez les baleines (5 points)

Jeux, ruts, combats ou fuites, les baleines communiquent par leurs "chants". Sans cordes vocales, elles émettent des sons par leur larynx et leur évent. Ces messages peuvent pour les grandes espèces, être perçus à plusieurs centaines de kilomètres. Pour communiquer entre elles, deux baleines doivent non seulement se trouver à une certaine profondeur dans un couloir d'une hauteur de quelques centaines de mètres, mais aussi à une certaine distance l'une de l'autre.

Document 1. LE SOFAR (SOund Fixing And Ranging), un guide d'ondes sonores

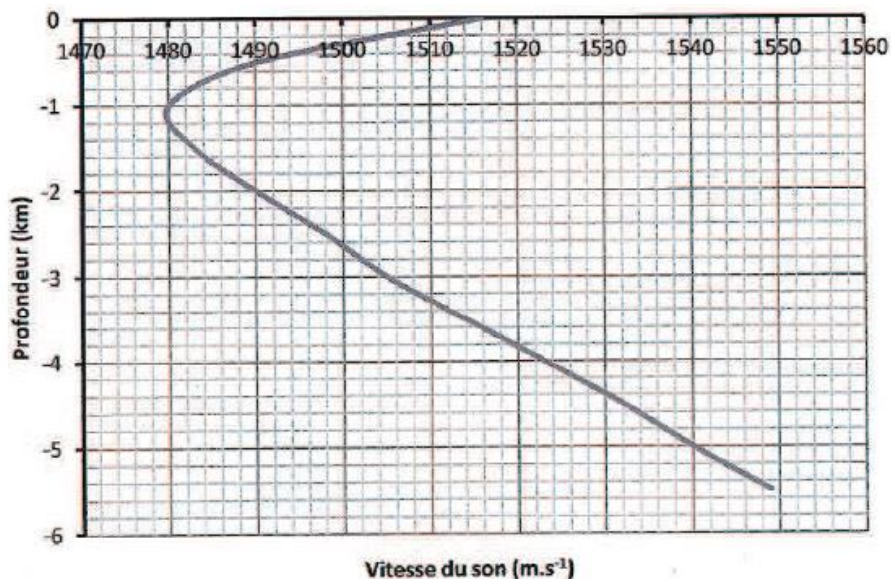
Dans les océans et dans certaines conditions, une onde sonore qui se dirige vers le haut est ramenée vers le bas dès qu'elle parvient dans les couches supérieures où la vitesse du son est plus grande ; à l'inverse, elle est ramenée vers le haut quand elle se dirige vers le bas dès qu'elle y rencontre des couches inférieures où la vitesse du son est supérieure. Quand une zone respecte ces critères, on parle de SOFAR.

Ce couloir SOFAR agit comme un guide d'ondes sonores comme illustré ci dessous.



Illustration du trajet du son dans un SOFAR

Document 2. Cartographie de la vitesse du son en fonction de la profondeur dans l'océan



Document 3. "La voix et l'oreille" des mammifères marins

Les cétacés produisent des émissions sonores dans une très large bande de fréquence, entre 10 Hz et 150 kHz environ. Les sons produits peuvent être de type bref (clics, tics, bourdons,...) ou continu (sifflements, chants, mugissements).

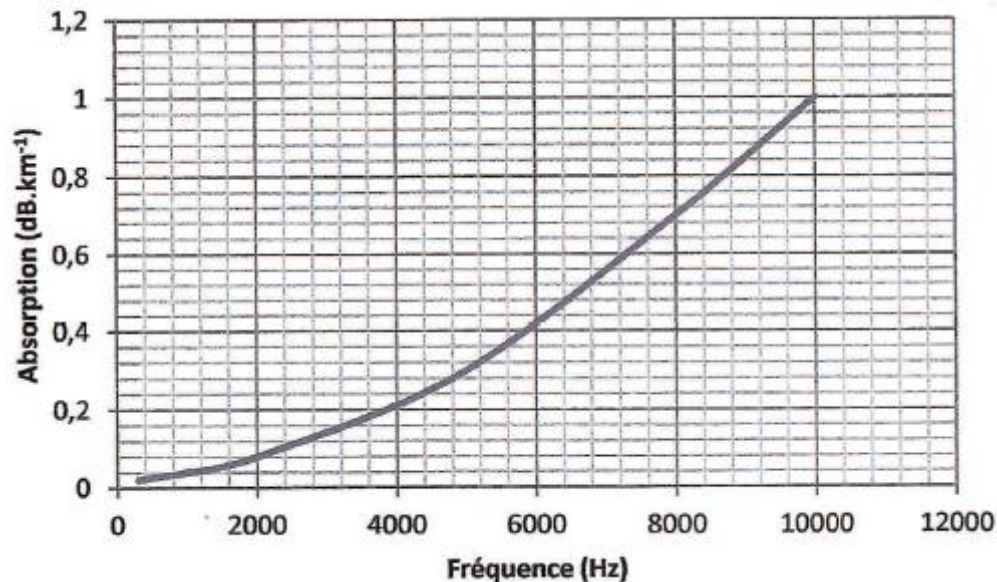
Quelques émissions sonores de cétacés :

	Fréquence moyenne d'émission	Niveau d'intensité sonore moyen à l'émission	Seuil d'audibilité*
Baleine (chant)	$f = 4000 \text{ Hz}$	$L = 170 \text{ dB}$	$L_{\min} = 50 \text{ dB}$
Grand dauphin (clics)	$f' = 120 \text{ kHz}$	$L' = 222 \text{ dB}$	$L'_{\min} = 40 \text{ dB}$

*Le seuil d'audibilité correspond au niveau d'intensité sonore minimal perceptible par l'animal.

D'après un extrait de Richardson et al, 1995, Marine mammals and noise.

Document 4. Absorption 'A' acoustique de l'eau de mer



Rappel : le niveau d'intensité sonore $L(\text{dB})$ d'un son, d'intensité sonore I , est donné par la formule :

$$L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}, \text{ avec } I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ est une intensité sonore correspondant au seuil d'audibilité humaine.}$$

- 1) Déterminer la longueur d'onde λ moyenne d'émission du son produit par une baleine à une profondeur $z = 1,0 \text{ km}$.
- 2) Déterminer l'intensité sonore minimale I_{\min} que peut percevoir une baleine.
- 3) Entre quelles profondeurs minimale z_{\min} et maximale z_{\max} se situe le couloir de communication des baleines ?
- 4) A partir du document 4, proposer une formule reliant la distance d , le niveau d'intensité sonore L absorbé par l'eau de mer et l'absorption A acoustique de l'eau de mer.
- 5) D'après les documents 3 et 4, quelle est distance maximale entre deux baleines pour qu'elles puissent communiquer ?

CORRIGE

Correction

1) **(1 point)** déterminer la longueur d'onde λ moyenne d'émission du son produit par une baleine à une profondeur $z = 1,0$ km.

A $z = 1$ km, la célérité des ondes est $v = 1480 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Par conséquent :

$$\lambda = c \cdot T = c \cdot \frac{1}{f} = \frac{1480}{4000} = 3,700 \times 10^{-1} \text{ m}$$

2) **(1 point)** Déterminer l'intensité sonore minimale I_{\min} que peut percevoir une baleine.

$$L_{\min} = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \frac{L_{\min}}{10} = \log \frac{I}{I_0}$$

$$10^{\frac{L_{\min}}{10}} = 10^{\log \frac{I}{I_0}} = \frac{I}{I_0}$$

$$I = I_0 \cdot 10^{\frac{L_{\min}}{10}} = 1,0 \times 10^{-12} \cdot 10^{\frac{50}{10}}$$

$$I = 1,0 \times 10^{-7} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

3) **(1 point)** Entre quelles profondeurs minimale z_{\min} et maximale z_{\max} se situe le couloir de communication des baleines ?

D'après le document 2 : $z_{\min} = 1$ km et $z_{\max} = 1,2$ km. Une onde sonore qui se dirige vers le haut $z < z_{\min}$ est ramenée vers le bas (profondeur z plus grande) dès qu'elle parvient dans les couches supérieures où la vitesse du son est plus grande ; à l'inverse, elle est ramenée vers le haut quand elle se dirige vers le bas dès qu'elle y rencontre des couches inférieures où la vitesse du son est supérieure.

4) **(0,5 point)** A partir du document 4, proposer une formule reliant la distance d , le niveau d'intensité sonore L absorbé par l'eau de mer et l'absorption A acoustique de l'eau de mer.

$$A = \frac{L}{d}$$

5) **(1,5 points)** D'après les documents 3 et 4, quelle est distance maximale entre deux baleines pour qu'elles puissent communiquer ?

La fréquence d'émission est $f = 4000$ Hz. A cette fréquence l'absorption est $A = 0,2 \text{ dB}\cdot\text{km}^{-1}$.

Le niveau d'intensité sonore moyen à l'émission des baleines est $L = 170$ dB, leur seuil d'audibilité est $L_{\min} = 50$ dB. Par conséquent à une perte de $L_{\text{perdu}} 170 - 50 = 120$ dB correspond une distance :

$$A = \frac{L_{\text{perdu}}}{d} \Rightarrow d = \frac{L_{\text{perdu}}}{A} = \frac{120}{0,2} = 6 \times 10^2 \text{ km}$$