

# DS 1 - Physique-chimie

Vendredi 30 septembre - 2h

**Les calculatrices sont autorisées**

Le sujet est composé de deux parties indépendantes

## 1 Le son chez les dauphins

### 1.1 Généralité sur les ondes sonores

Un son est un phénomène physique lié à la transmission d'un mouvement vibratoire. Les molécules du milieu sont mises en mouvement dans une certaine direction. Elles rencontrent d'autres molécules qu'elles poussent devant elles en formant ainsi une zone de compression. A la compression succède une détente et ainsi de suite : il s'établit alors une série d'oscillations qui se transmettent de proche en proche.

**Q1.** Définir une onde.

**Q2.** Le son est-il une onde mécanique ou électromagnétique ? Justifier.

**Q3.** L'onde sonore est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

**Q4.** Qu'appelle-t-on ultrasons ?

Pour la suite de l'exercice, on notera les dimensions :

- $L$  pour les longueurs ;
- $T$  pour les temps ;
- $M$  pour les masses ;
- $I$  pour l'intensité électrique ;
- $\theta$  pour les températures ;
- $N$  pour les quantités de matières ;
- $J$  pour les intensités lumineuses.

Dans le cas où on assimile l'air à un gaz parfait, la vitesse du son dans l'air est donnée par la formule :

$$c_s = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (1)$$

où

- $\gamma = \frac{7}{5}$  est un coefficient sans dimension
- $T$  est la température
- $R = 8,31 \text{ SI}$  est la constante des gaz parfaits.
- $M = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  est la masse molaire de l'air

La constante des gaz parfaits  $R$ , apparaît notamment dans l'énergie interne d'un gaz parfait et permet de faire le lien avec la température  $T$  par la formule :

$$E = \frac{3}{2} nRT \quad (2)$$

où

- $E$  est l'énergie du gaz
- $T$  est la température
- $R = 8,31 \text{ SI}$  est la constante des gaz parfaits.
- $n$  est la quantité de matière du gaz.

**Q5.** Déterminer, par une analyse dimensionnelle, la dimension puis l'unité de  $R$  à l'aide de l'équation 2.

**Q6.** Par une analyse dimensionnelle, vérifier ensuite que l'expression proposée pour la vitesse du son (équation 1) dans l'air est homogène.

**Q7.** Calculer numériquement la vitesse du son à la température  $T = 298 \text{ K}$ . Attention à choisir le nombre adéquat de CS (Chiffres Significatifs)...

La vitesse du son dans un liquide est donnée par

$$c_s = \sqrt{\frac{1}{\rho\xi}}$$

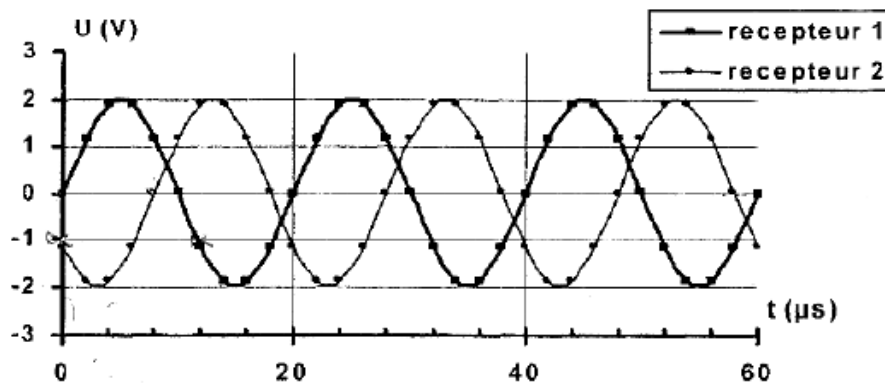
où  $\xi$  est le coefficient de compressibilité du liquide (caractéristique de la variation du volume d'un liquide sous l'effet d'une pression appliquée) et  $\rho$  sa masse volumique.

**Q8.** Déterminer l'unité de  $\xi$ .

## 1.2 Le biosonar des dauphins : écholocalisation

Le dauphin est un mammifère de la famille des cétacés. Il perçoit les mêmes sons que l'homme mais est aussi capable d'émettre et de capter des ultrasons lui permettant de se localiser par écho grâce à un sonar biologique. Pour étudier expérimentalement les ultrasons produits par les dauphins, on dispose d'un émetteur et de deux récepteurs à ultrasons que l'on place dans un récipient rempli d'eau. L'émetteur génère une onde ultrasonore progressive et sinusoïdale. Un oscilloscope permet d'enregistrer les signaux détectés par chaque récepteur séparé d'une distance  $d$  égale à 12 mm, le récepteur 1 étant le plus proche de l'émetteur.

On obtient l'oscillogramme de la figure ci-dessous.



**Q9.** Déterminer la fréquence des ondes ultrasonores émises. Justifier.

**Q10.** On suppose que le retard est inférieur à une période. Mesurer le retard entre les deux récepteurs.

**Q11.** En déduire la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau et la comparer à celle dans l'air.

**Q12.** Calculer le déphasage  $\Delta\phi_{2/1}$  de l'onde reçue par le récepteur 2 par rapport au récepteur 1.

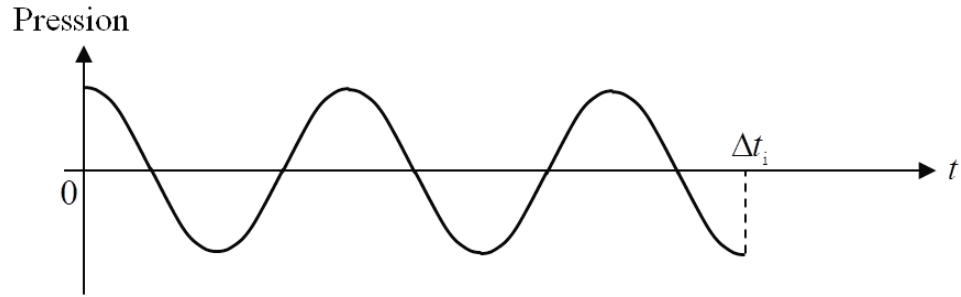
**Q13.** Définir puis calculer la longueur d'onde des ondes ultrasonores dans l'eau.

**Q14.** Proposer une autre méthode expérimentale permettant de mesurer la longueur d'onde à l'aide du même matériel.

Les dauphins n'émettent pas des ultrasons en continu mais des impulsions sonores très brèves et puissantes appelées "clics". Ces clics sont émis par séries formant un large faisceau appelé "trains de clics". La durée d'un train de clics et le nombre de clics contenus dans le train dépendent de leur fonction : localisation du dauphin ou recherche de nourriture. On suppose que les clics d'un même train sont émis à intervalles de temps réguliers et ont la même fréquence.

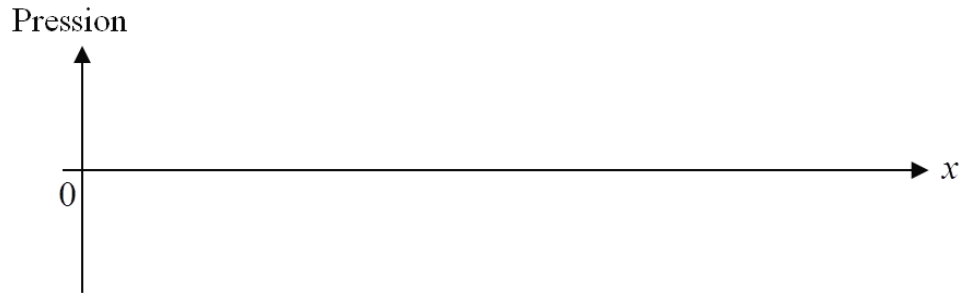
La célérité des ultrasons dans l'eau salée sera prise égale à la valeur calculée à la question 1.1.

On suppose qu'à l'instant  $t = 0$  un dauphin émet une impulsion sonore sinusoïdale (figure ci-dessous) pendant une durée  $\Delta t = 50 \mu s$ . On note  $Ox$  l'axe de propagation de l'onde et on suppose que le dauphin se situe à l'abscisse  $x = 0$  au moment de l'émission du clic.



**Q15.** Représenter, sur votre copie, le signal qui serait reçu par un détecteur placé à 30 cm du dauphin. Calculer numériquement, en justifiant précisément, les instants auxquels le détecteur reçoit le début et la fin du clic et on repérera ces instants sur l'axe horizontale.

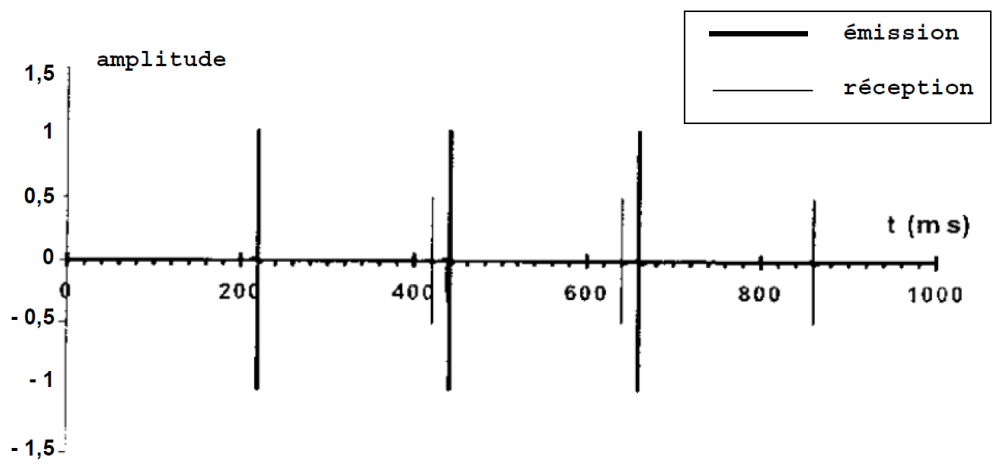
On s'intéresse maintenant à la propagation spatiale de l'impulsion sonore précédente : on souhaite effectuer une représentation spatiale dans le système d'axes de la figure ci-dessous.



**Q16.** Exprimer et calculer numériquement la longueur  $L$  du clic.

**Q17.** Reproduire sur votre copie le système d'axes de la figure ci-dessus et représenter le clic à l'instant  $t = 0,2$  ms.

On étudie maintenant l'écholocation. La figure ci-dessous montre, pour un même train, les clics émis et reçus par écho.



**Q18.** Expliquer le principe d'un sonar.

**Q19.** Sur cette figure les clics sont représentés par des traits verticaux. Justifier.

**Q20.** Quelle est la fréquence des clics ?

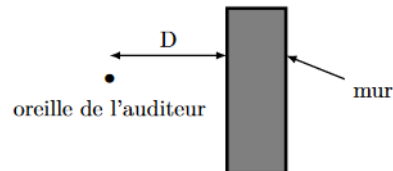
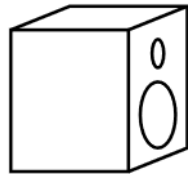
**Q21.** Sachant que l'intervalle de temps  $\Delta t$  séparant l'émission d'un clic et la réception de son écho est inférieur à la durée entre deux clics, calculer la distance  $H$  à laquelle se trouve le dauphin du fond marin.

## 2 Qualité de l'écoute musicale

La qualité de l'écoute musicale que l'on obtient avec une chaîne hi-fi dépend de la manière dont les enceintes sont disposées par rapport à l'auditeur. On dit qu'il faut absolument éviter la présence d'un mur à une distance trop courte derrière l'auditeur.

On considère une onde sinusoïdale de fréquence  $f$  et issue de l'enceinte. Elle se réfléchit sur le mur sans aucun déphasage. On note  $c = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  la célérité du son dans l'air.

L'auditeur situé à une distance  $D$  du mur reçoit deux ondes de même fréquence : l'onde directe et l'onde réfléchie, mais ayant parcouru des distances  $d_1$  et  $d_2$  différentes.



**Q22.** Expliquer pourquoi il existe un risque de forte atténuation de l'amplitude de l'onde selon la valeur de  $D$ . Quel phénomène est mis en jeu ?

**Q23.** En vous aidant d'un schéma, exprimer la différence de marche  $\delta = d_2 - d_1$  qui existe entre les deux ondes arrivant à l'oreille de l'auditeur, en fonction de  $D$ .

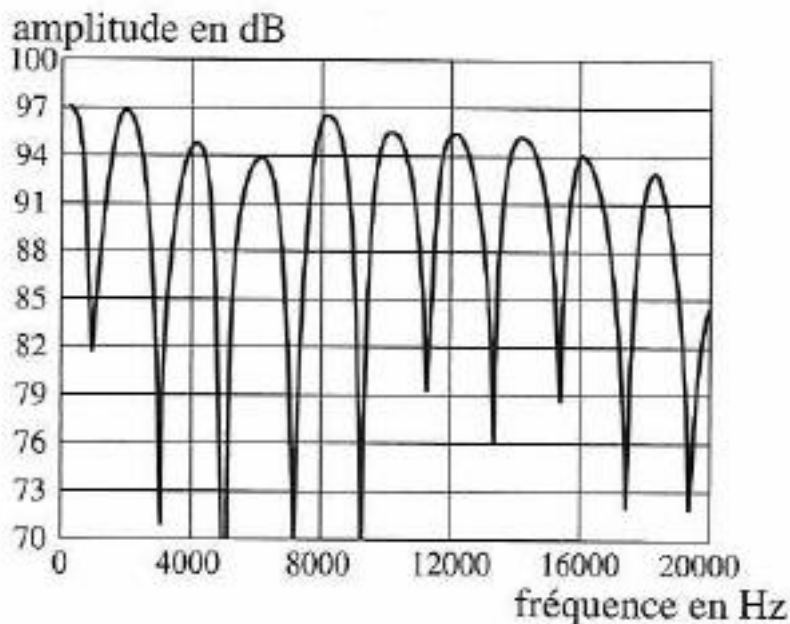
Le son émis est composé de plusieurs fréquences. On cherche à déterminer l'expression des fréquences fortement atténuées pour une valeur de  $D$  fixe.

**Q24.** A quelle condition sur  $\delta$  et sur la longueur d'onde  $\lambda$  observe-t-on une amplitude maximale ? Et une amplitude minimale ?

**Q25.** Rappeler la relation entre fréquence et longueur d'onde.

**Q26.** A l'aide des questions précédentes, exprimer en fonction de  $D$ ,  $c$  et d'un entier  $n \in \mathbb{Z}$ , les fréquences  $f_n$  fortement atténuées.

On envoie un signal de fréquence variable et d'amplitude constante. On place un micro à une distance  $D$  du mur. La figure ci-dessous donne le signal reçu par le micro.



**Q27.** Calculer numériquement la distance  $D$ .

**Q28.** Expliquer qualitativement pourquoi on évite l'effet nuisible en éloignant l'auditeur du mur.