

# BCPST 1 : Devoir Surveillé n°1 - PHYSIQUE

Mercredi 25 Septembre 2024 – 1h

Usage de la calculatrice : autorisé

Toute réponse doit être justifiée.

On attend un résultat littéral préalablement à toute application numérique.

Tout résultat final doit être mis en valeur.

## LE SON CHEZ LES DAUPHINS

### A – Onde sonore

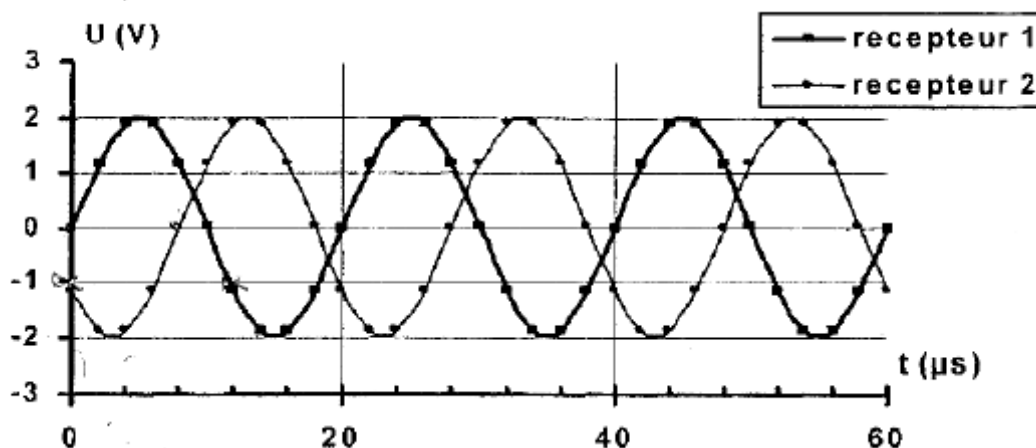
Un son est un phénomène physique lié à la transmission d'un mouvement vibratoire. Les molécules du milieu sont mises en mouvement dans une certaine direction. Elles rencontrent d'autres molécules qu'elles poussent devant elles en formant ainsi une zone de compression. A la compression succède une détente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

1. Définir la notion d'onde.
2. Qualifier l'onde sonore par deux des termes suivants : mécanique, électromagnétique, longitudinale et transversale.
3. Particulariser les ultrasons au sein des ondes sonores.

### B – Caractéristiques des ultrasons dans l'eau

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 deux récepteurs séparés d'une distance  $d = 12 \text{ mm}$ , le récepteur 1 étant le plus proche de l'émetteur. On obtient l'oscillogramme de la **figure 1** ci-dessous.



4. Déterminer la fréquence des ondes ultrasonores émises.

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

6. En déduire la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.

Pour réaliser des mesures plus précises, on augmente la distance  $d$  séparant les deux récepteurs et on réitère la mesure dix fois dans ces nouvelles conditions. Après calcul, on obtient les valeurs suivantes de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau :

|                               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $c$ ( $10^3 m \cdot s^{-1}$ ) | 1,48 | 1,53 | 1,56 | 1,45 | 1,47 | 1,57 | 1,53 | 1,58 | 1,52 | 1,43 |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

7. A partir de ces mesures, déterminer la meilleure estimation de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau, notée  $c_{exp}$ .

8. En explicitant la démarche, déterminer l'incertitude-type associée à cette estimation, notée  $u(c_{exp})$ .

9. Proposer une écriture convenable du résultat expérimental.

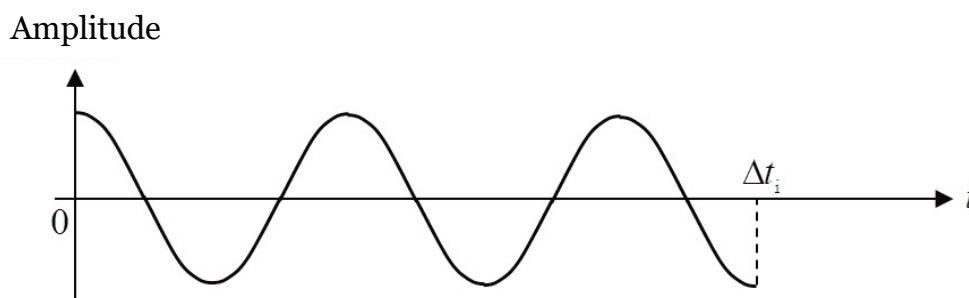
10. Rappeler l'ordre de grandeur de la vitesse du son dans l'eau. En calculant un écart-normalisé, vérifier la compatibilité de la valeur obtenue expérimentalement avec cette valeur de référence.

### C – Signal émis par les dauphins

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  $c_{mer} = 1,5 \cdot 10^3 m \cdot s^{-1}$ .

On suppose qu'à l'instant  $t_0 = 0$ , un dauphin émet une impulsion sonore sinusoïdale (**figure 2** ci-dessous), pendant une durée  $\Delta t_i = 50 \mu s$ . 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.



11. Un détecteur est placé sur l'axe  $Ox$  à la distance  $\ell = 30 cm$  du dauphin. Déterminer les instants auxquels le détecteur reçoit le début et la fin du clic. Représenter alors le signal reçu par le détecteur en fonction du temps, en précisant les abscisses des points remarquables.

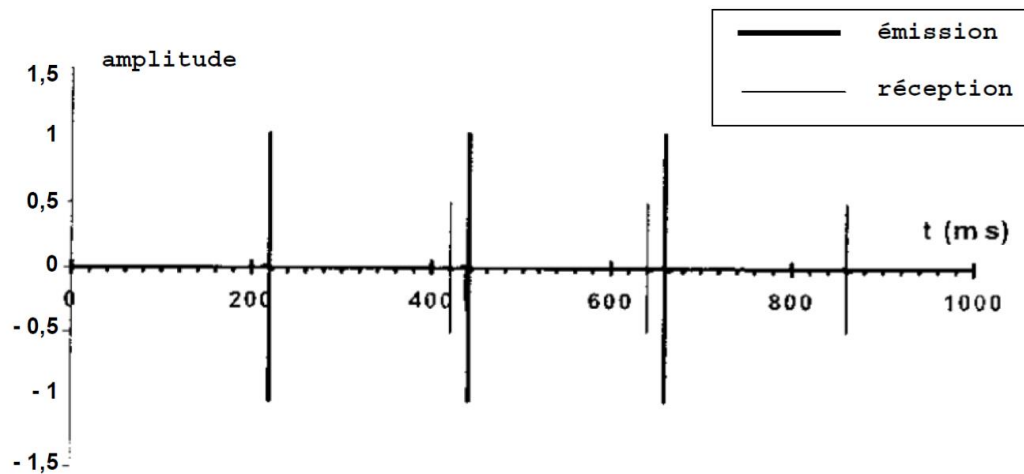
On s'intéresse à la propagation spatiale de l'impulsion sonore précédente.

12. Exprimer et calculer numériquement la longueur spatiale  $L$  du clic.

13. Représenter le clic à l'instant  $t_1 = 0,20 ms$  (courbe *amplitude* =  $f(x)$ , avec  $x$  en abscisse) ; dans cet objectif, calculer numériquement, en justifiant précisément, les positions du début du clic et de sa fin. On repérera ces positions sur l'axe horizontal.

## D – Le biosonar des dauphins : écholocalisation

On étudie maintenant l'écholocalisation. La **figure 3** ci-dessous montre, pour un même train généré par un dauphin, les clics émis et reçus par écho sur le fond marin.



14. Expliquer succinctement le principe d'un sonar.
15. Les clics sont représentés par des traits verticaux. Justifier.
16. 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.