

Devoir Surveillé n° 1

Phénomènes ondulatoires dans l'eau

Durée : 2h30

Les différentes parties des exercices sont indépendantes.

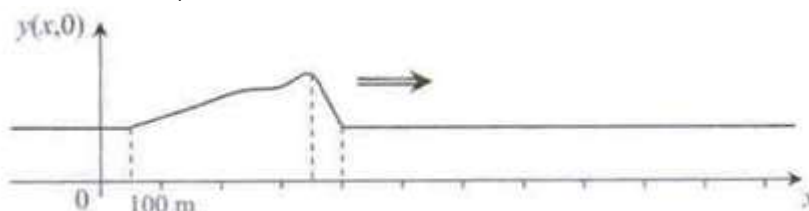
I. Etude d'ondes à la surface de l'eau

1) Etude d'un mascaret

Un mascaret est une vague dite "solitaire" remontant un fleuve au voisinage de son estuaire, provoquée par une interaction entre son écoulement et la marée montante. On considère ici qu'il se déplace à la vitesse $c = 18 \text{ km.h}^{-1}$ le long d'un fleuve rectiligne, et on définit un axe (Ox) dans la direction et le sens de propagation.

A un instant t_0

= $0s$ le profil de niveau de l'eau du fleuve a l'allure suivante :

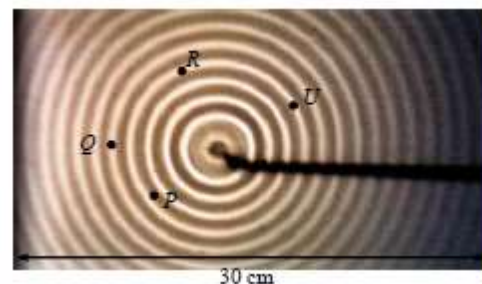


- De quel type d'onde s'agit-il ? La décrire la plus complètement possible.
- Faire un schéma du profil du niveau du fleuve à $t = 1,0 \text{ mn}$, en supposant que l'onde se propage sans déformation.
- Un surfeur attend avec sa planche à l'abscisse $x_s = 2,2 \text{ km}$. A quel instant va-t-il recevoir la vague ?
- Un détecteur fixe, enregistrant la hauteur du fleuve en fonction du temps, est placé à l'abscisse $x_d = 1,6 \text{ km}$. Dessiner l'allure des variations $z(x = x_d, t)$ en fonction du temps t . On précisera les abscisses correspondant au début et la fin du passage de la déformation.

2) Etude d'une onde progressive sinusoïdale

Un vibreur ponctuel S provoque à la surface de l'eau d'une cuve à ondes une perturbation considérée comme sinusoïdale de fréquence $f = 25 \text{ Hz}$.

Le dispositif de la cuve agrandit deux fois le phénomène ayant lieu à la surface de l'eau. Une photo du dépoli de la cuve de largeur 30 cm est donnée ci-contre, ainsi qu'en annexe. La profondeur est la même en tout point de la surface.



- Quelle est la période temporelle T de l'onde ?
- Déterminer de la façon la plus précise possible, la longueur d'onde λ et en déduire la célérité des ondes à la surface de l'eau. (Vous pourrez expliquer votre mesure en complétant la photo en annexe)
- Tracer qualitativement l'allure du graphe $y_M(t)$ où y_M représente la cote du point M mesurée suivant un axe vertical Oy orienté vers le haut où O est la position d'équilibre du point de l'eau frappé par le vibreur.
- Soient deux points M_1 et M_2 situés à la surface de l'eau de la cuve. Donner la condition mettant en jeu les distances de M_1 et M_2 au point O pour que :
 - les points M_1 et M_2 subissent des perturbations en phase
 - les points M_1 et M_2 subissent des perturbations en opposition de phase
- On a choisi 4 points sur le verre dépoli de la cuve, qui représentent les images de 4 points P, Q, R et U situés à la surface de l'eau.
 - Quels sont les points qui vibrent en phase ?
 - Citer des couples de points qui vibrent en opposition de phase.
- Représenter qualitativement sur le même graphe les courbes représentatives des fonctions $y_R(t)$, $y_P(t)$ et $y_Q(t)$, élongations respectives des points R, P et Q .

II. Etude de l'onde ultrasonore dans l'eau de mer

1) Généralités

- a) L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ?
- b) La lumière est une onde progressive périodique mais elle n'est pas mécanique.
 - Citer un fait expérimental qui permet de décrire la lumière comme une onde.
 - Quelle observation permet de montrer que la lumière n'est pas une onde mécanique ?
- c) La vitesse du son dans un liquide est donnée par la relation $c_s = \sqrt{\frac{1}{\chi \rho}}$ où c_s est une vitesse, χ est le coefficient de compressibilité du liquide et ρ_s a masse volumique. Déterminer l'unité SI de χ .

2) Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau

La célérité des ultrasons dans l'air $c_{air} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ est plus faible que la célérité des ultrasons dans l'eau de mer c_{eau} .

Un émetteur produit simultanément des salves d'ondes ultrasonores dans un tube rempli d'eau de mer et dans l'air (voir figure 1). A une distance d de l'émetteur d'ondes ultrasonores, sont placés deux récepteurs, l'un dans l'air et l'autre dans l'eau de mer.

Le récepteur A est relié à l'entrée A du système d'acquisition d'un ordinateur et le récepteur B à l'entrée B. L'acquisition commence lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B du système.

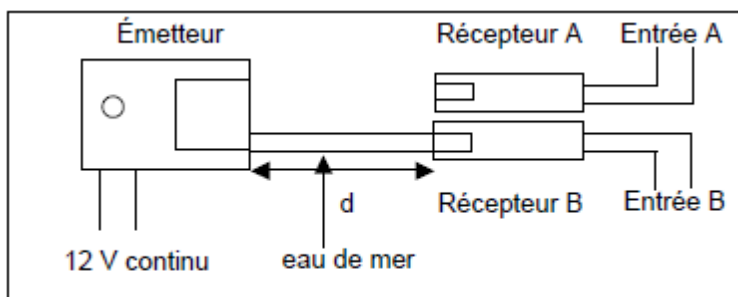
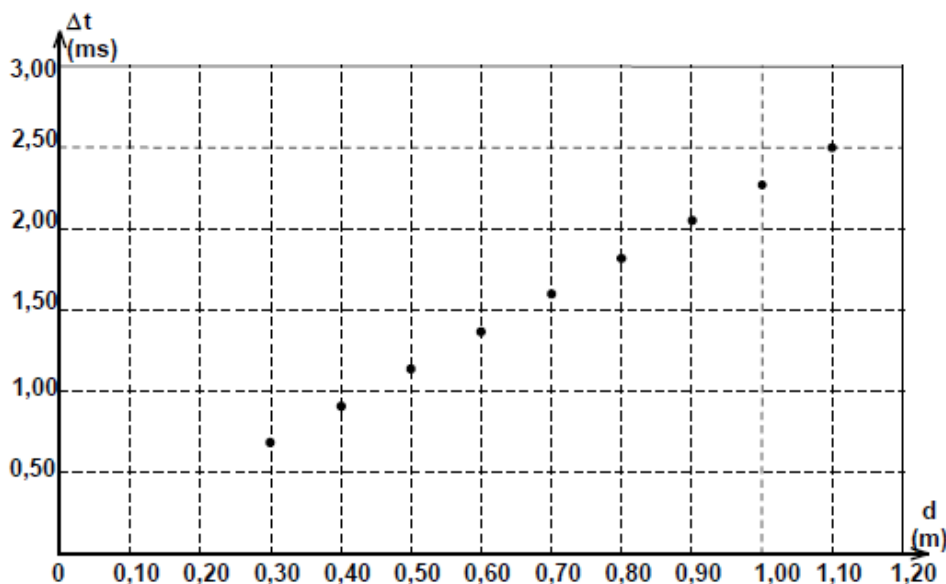


Figure 1

- a) Pourquoi est-il nécessaire de déclencher l'acquisition lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B ?
- b) On note Δt le retard entre la réception des ultrasons par les deux récepteurs. Donner l'expression de Δt en fonction de d , c_{air} , c_{eau} .
- c) On détermine Δt pour différentes distances d entre l'émetteur et les récepteurs. On traite les données avec un tableur et on obtient le graphe $\Delta t = f(d)$ ci-dessous.



- Justifier l'allure de la courbe obtenue.
- Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite $\Delta t = f(d)$. En déduire la valeur de la célérité c_{eau} des ultrasons dans l'eau de mer en prenant $c_{air} = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

3) Détermination du relief des fonds marins

Dans cette partie on prendra $c_{eau} = 1,50 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$.

Un sondeur acoustique classique est composé d'une sonde comportant un émetteur et un récepteur d'onde ultrasonore de fréquence $f = 200 \text{ kHz}$ et d'un boîtier de contrôle ayant un écran qui visualise le relief des fonds sous-marins.

La sonde envoie des salves d'ultrasons verticalement en direction du fond à des intervalles de temps réguliers ; cette onde ultrasonore se déplace dans l'eau à une vitesse constante v_{eau} . Quand elle rencontre un obstacle, une partie de l'onde est réfléchiée et renvoyée vers la source. La détermination du retard entre l'émission et la réception du signal permet de calculer la profondeur p .

Un bateau se déplace en ligne droite suivant un axe $x'x$ en explorant le fond depuis le point A tel que $x_A = 0 \text{ m}$ jusqu'au point B tel que $x_B = 50 \text{ m}$ (figure 2).

Le sondeur émet des salves d'ultrasons à intervalles de temps égaux, on mesure à l'aide d'un oscilloscope la durée Δt séparant l'émission de la salve de la réception de son écho.

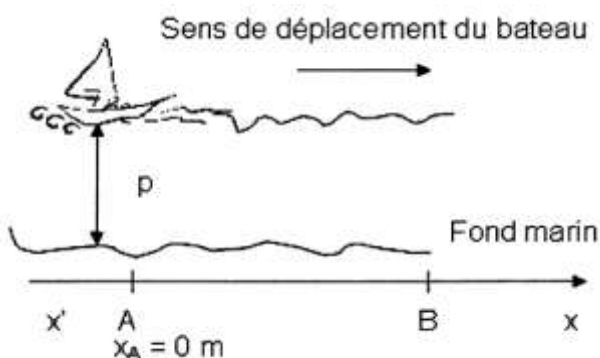
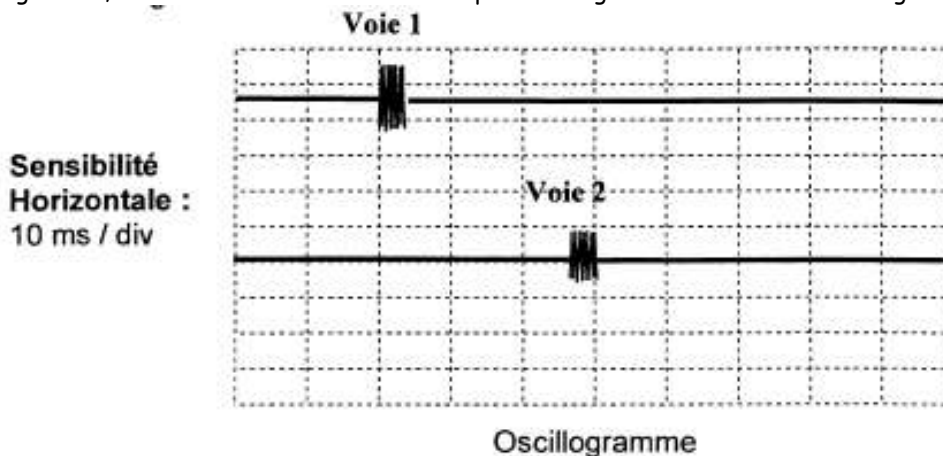


Figure 2

- a) L'oscillogramme ci-dessous montre l'écran d'un oscilloscope lorsque le bateau se trouve en A ($x_A = 0 \text{ m}$). L'une des voies représente le signal émis, l'autre le signal reçu par le récepteur. Sur l'oscillogramme, on a décalé la voie 2 vers le bas pour distinguer nettement les deux signaux.



La figure 3 en annexe représente $\Delta t = f(x)$ lorsque le bateau se déplace de A vers B.

- Identifier les signaux observés sur chaque voie, en justifiant.
 - A partir de l'oscillogramme, déterminer la durée Δt entre l'émission de la salve et la réception de son écho.
 - En déduire la graduation de l'axe des ordonnées de la figure 3 fournie en annexe représentant la durée Δt en fonction de la position x du bateau.
- b) Déterminer la relation permettant de calculer la profondeur p en fonction de Δt et c_{eau} .
- c) Tracer sur la figure 4 se trouvant sur l'annexe à rendre avec la copie, l'allure du fond marin exploré en précisant la profondeur p en mètres en fonction de la position x du bateau.
- d) Le sondeur envoie des salves d'ultrasons à intervalles de temps réguliers T . Pour une bonne réception, le signal émis et son écho ne doivent pas se chevaucher. Le sondeur est utilisable jusqu'à une profondeur de 360 m. Déterminer la période minimale T_m des salves d'ultrasons permettant ce fonctionnement.

Annexe

A rendre avec la copie

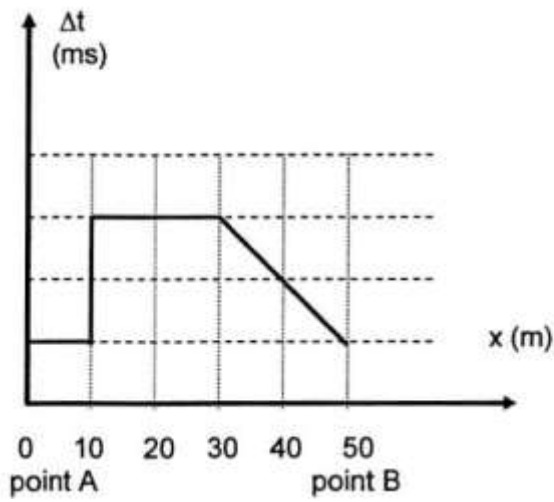
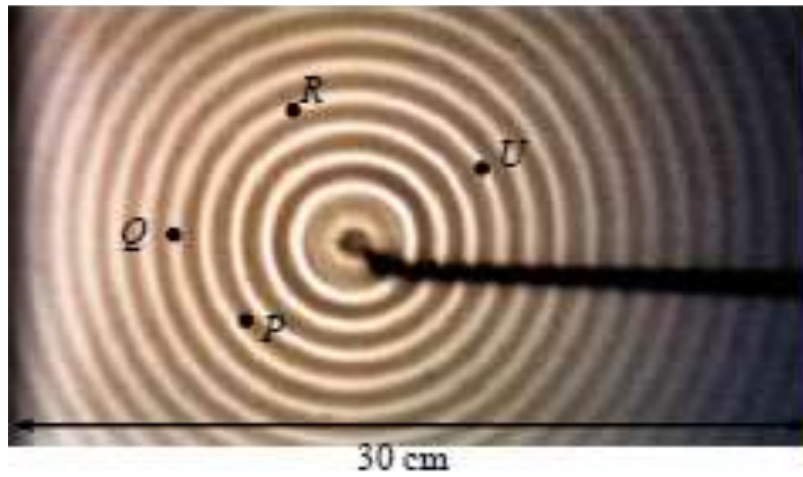


Figure 3

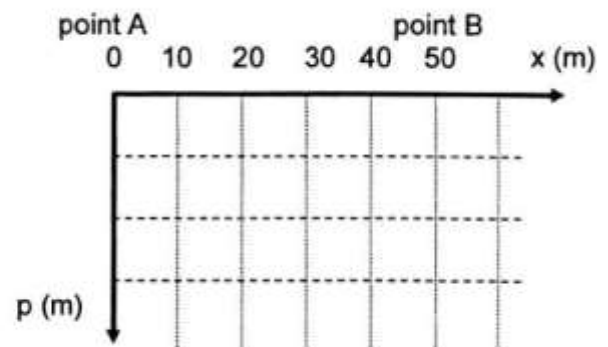


Figure 4