

## DS1 : Ondes – corrigé

### Problème 1 : MIRAGES ACOUSTIQUES (CCP 2016)

## 1 La propagation du son

1. Une onde correspond à la propagation dans l'espace (phénomène spatial) de la perturbation (phénomène temporel) d'une propriété physique d'un milieu.  
Pour une onde acoustique, la propriété physique du milieu qui est perturbée est la pression de l'air (ou d'un autre milieu). On peut aussi décrire une onde acoustique par le déplacement des particules (atomes ou molécules) qui le constituent.
2. Le milieu de propagation d'une onde mécanique est forcément un milieu matériel (pas le vide). Les tremblements de terre et les vagues sont deux autres exemples d'ondes mécaniques.
3. Les fréquences audibles par l'homme ont des fréquences comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Les ultrasons sont des ondes sonores de fréquence supérieure à 20 kHz. On utilise les ultrasons dans l'échographie médicale. On les utilise aussi pour nettoyer des objets.
4. La vitesse de la lumière étant très supérieure à celle du son, on peut considérer que le temps de parcours de la lumière de l'éclair est négligeable. Le temps séparant l'éclair du tonnerre correspond alors au temps de parcours du son. L'énoncé indique qu'il faut diviser le temps par 3 pour obtenir la distance en km, donc le son parcourt  $d = 1$  km en  $\delta t = 3$  s. Ainsi on obtient  $c_{\text{air}} = d/\Delta t \simeq 330 \text{ m s}^{-1}$ .

## 2 Principe du sonar

5. Un sonar émet une onde sonore qui est en partie réfléchiée par un obstacle qu'elle rencontre. En mesurant le temps séparant l'émission de l'onde de l'écho reçu le sonar peut déterminer la distance qui le sépare de l'obstacle.
6. La distance  $L$  est donnée par  $2L = c_{\text{mer}} \Delta t_e$ , soit  $L \simeq 29,1 \text{ m}$

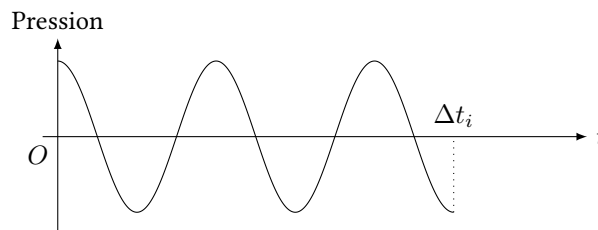


FIGURE 1 – Impulsion sinusoïdale correspondant au signal envoyé par le sonar

7. L'onde de la figure 1 comporte 2,5 période et dure  $800 \mu\text{s}$ . La durée d'une période est donc  $T = 3,20 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ , et la fréquence est  $f = 1/T = 3,12 \text{ kHz}$
8. La longueur spatiale  $\Delta x$  de l'impulsion est  $\Delta x = c_{\text{mer}} \Delta t_i = 1,20 \text{ m}$ .
9. À  $t = 12,0 \text{ ms}$ , le début de l'onde (la partie émise en premier) se trouve en  $x_1 = t c_{\text{mer}} = 18,00 \text{ m}$  et la fin de l'onde se trouve en  $x_2 = x_1 - \Delta x = 16,80 \text{ m}$   
L'onde est représentée sur la figure 2.

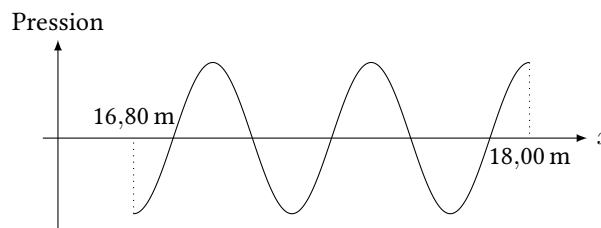


FIGURE 2 – Propagation spatiale

10. Le détecteur placé sur le second sous-marin recevra l'onde émise par le premier avec un retard  $\Delta t_p = L/c_{\text{mer}} = 19,4 \text{ ms}$  dû à la propagation de l'onde. La fin de l'onde est reçue  $800 \mu\text{s}$  plus tard, soit à  $t_f = 20,2 \text{ ms}$ . L'onde reçue est représentée sur la figure 3.

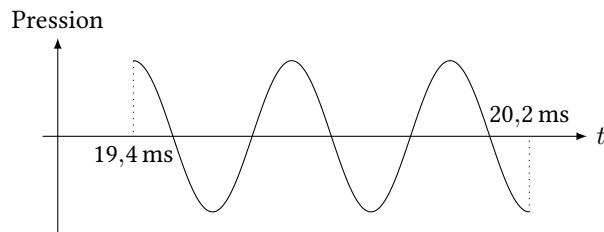
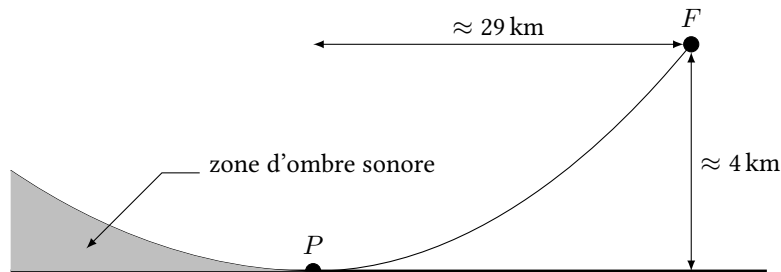


FIGURE 3 – Onde reçue par le second sous-marin

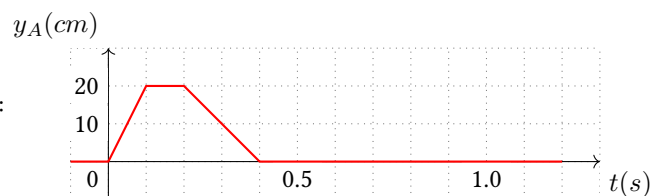
FIGURE 4 – Un orage silencieux. On représente la position d'une personne  $P$  et de la foudre  $F$ .

### 3 Son et température

- À la température  $T_0 = 298 \text{ K}$ , on a  $c_0 = 347,0 \text{ m/s}$ .
- Lorsque la température augmente de  $1 \text{ K}$ , la vitesse du son vaut  $c_1 = 347,6 \text{ m/s}$ , et la variation de vitesse est donc  $\Delta c = 0,6 \text{ m/s}$ .
- On a représenté sur la figure 4 l'allure de la trajectoire du son du tonnerre, dans le cas où il est à la limite d'être perçu par l'homme ainsi que la zone d'«ombre sonore», correspondant aux lieux où le tonnerre n'est pas perceptible. On appelle cela un mirage acoustique car comme pour les mirages optiques, le son ne se déplace pas en ligne droite et semble venir d'un endroit différent de sa source réelle.

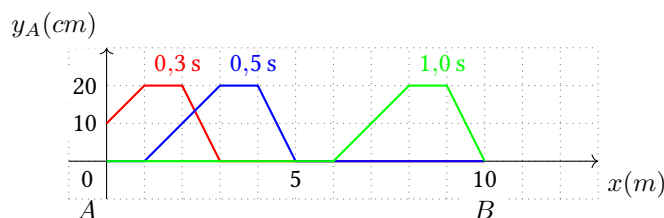
#### Exercice 1 : REPRÉSENTATIONS D'UNE ONDE

- Représentation de  $y_A(t)$  :

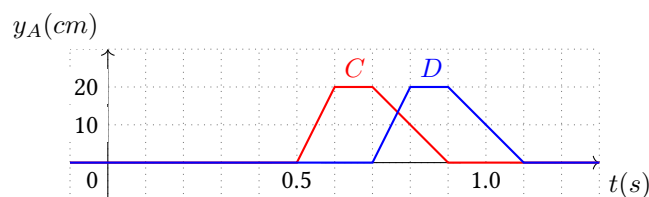


- À  $t = 0,12 \text{ s}$  le point  $A$  est immobile  $v$  est nulle. À  $t = 0,3 \text{ s}$  sa vitesse est  $v = -1 \text{ m/s}$  et à  $t = 0,5 \text{ s}$  il est immobile, sa vitesse est donc nulle.

- Forme de la corde :



- Évolution temporelle :



- Le temps mis par une impulsion pour faire un aller-retour est  $T = \frac{2(x_B - x_A)}{c} = 2 \text{ s}$ . Les impulsions sont donc émises à  $f = \frac{1}{T} = 0,5 \text{ Hz}$ .
- Lorsque la longueur de la corde augmente, la fréquence diminue, lorsque la célérité de l'onde augmente, la fréquence augmente.

7. Les paramètres qui influencent la célérité de l'onde sont principalement la tension de la corde et le type de corde (masse linéique).

### Exercice 2 : INTERFÉRENCES SONORES

1.  $\omega = 2\pi f$ . A.N. :  $\omega \simeq 3,14 \cdot 10^3 \text{ rad/s}$
2. La constante  $A$  représente l'amplitude de l'onde sonore. Une onde sonore correspond à une perturbation de la pression de l'air,  $A$  est donc en Pascals (Pa).  $y_A(x, t)$  représente la modification de pression induite par l'onde sonore.
3. Pour justifier cela, on s'intéresse à la phase totale de l'onde :  $\varphi = \omega t + k(x - d)$ ; lorsque le temps augmente, pour que la phase reste constante, il faut que  $x$  diminue. Il faut donc se déplacer vers la gauche pour suivre l'onde sonore.
4. L'onde totale reçue par l'observateur est  $y(t) = y_A(x_O, t) + y_B(x_O, t)$  ce qui donne :

$$y(t) = 2A \sin\left(\omega t - \frac{kd}{2}\right) \cos\left(-kx + \frac{kd}{2}\right) \quad (1)$$

5. L'amplitude totale  $A_t$  de l'onde sonore reçue correspond à la valeur absolue du facteur du sin dans l'équation 1. Soit  $A_t = \left|2A \cos\left(kx + \frac{kd}{2}\right)\right|$

