TS3 - Physique-Chimie
Devoir en classe n°1 - Durée : 2h
Proposition de correction

EXERCICE I : LES ONDES AU SERVICE DE LA VOITURE DU FUTUR – 8,5 points

1. Propriétés de quelques capteurs présents dans la voiture autonome

1.1. Radar : ondes électromagnétiques
Capteurs à ultrasons : ondes mécaniques
Capteur laser (LIDAR) : ondes électromagnétiques

1.2. D'après l'extrait du document de constructeur, on sait que la fréquence utilisée par le capteur radar de l'ACC est comprise entre $\nu_1 = 76$ GHz et $\nu_2 = 77$ GHz. On peut alors calculer les longueurs d'onde associées à ces fréquences :

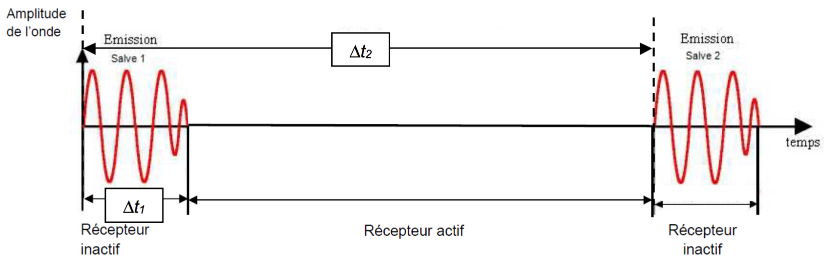
$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{76 \cdot 10^9} = 3,95 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 3,95 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{77 \cdot 10^9} = 3,90 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 3,90 \text{ mm}$$

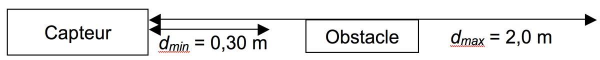
Par conséquent $2,7 \text{ mm} < \lambda_{ACC} < 4,0 \text{ mm}$ et les ondes utilisées appartiennent à la bande W.

2. Plage de détection d'un obstacle pour le « radar de recul »

2.1. Schéma légendé :



2.2. Schéma représentant un capteur :



2.3. Entre son émission et sa réception, l'onde ultrasonore parcourt une distance aller-retour $d = 2 \cdot d_{min}$ en une durée Δt telle que $v = \dfrac{d}{\Delta t}$ d'où la durée entre l'émission et la réception de l'onde :

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{2 \cdot d_{min}}{v} = \frac{2 \times 0,30}{343} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 1,7 \text{ ms} = \Delta t_1$$

2.4. Si la durée que met l'onde émise pour revenir au capteur est inférieure à Δt_1, le capteur ne peut fonctionner en récepteur car il n'aura alors pas encore fini de fonctionner en émetteur. Il ne pourra donc pas détecter l'obstacle.

2.5. Pour que le capteur puisse détecter un obstacle situé à une distance inférieure à d_{min}, il faut alors diminuer la durée d'émission Δt_1 afin que l'onde réfléchie par l'obstacle revienne vers le capteur quand celui-ci aura fini d'émettre. D'ailleurs, d'après **2.3.** on voit que $d_{min} = \dfrac{v \cdot \Delta t_1}{2}$ donc si l'on souhaite diminuer d_{min}, il faut diminuer Δt_1 étant donné que v est constante.

2.6. Lorsque l'obstacle est situé à la distance d_{max}, l'onde ultrasonore parcourt, entre son émission et sa réception, une distance aller-retour $d' = 2 \cdot d_{max}$ en une durée $\Delta t'$ telle que $v = \dfrac{d'}{\Delta t'}$ d'où la durée entre l'émission et la réception de l'onde :

$$\Delta t' = \frac{d'}{v} = \frac{2 \cdot d_{max}}{v} = \frac{2 \times 2,0}{343} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 12 \text{ ms} = \Delta t_2$$

La portée maximale est donc liée à la durée séparant le début de l'émission de deux salves consécutives.

EXERCICE II : LES ONDES DANS L'OCÉAN – 11,5 points

1. Questions sur le texte

1.1. Analyse dimensionnelle : $\left[\sqrt{\dfrac{g\cdot\lambda}{2\pi}}\right] = [g\cdot\lambda]^{1/2}$. Or $[\lambda] = L$ et $[g] = L\cdot T^{-2}$ car g est l'accélération de la pesanteur. Ainsi, $[g\cdot\lambda] = L^2\cdot T^{-2}$ donc $[g\cdot\lambda]^{1/2} = L\cdot T^{-1}$. L'expression étudiée a donc bien la dimension d'une longueur divisée par une durée, ce qui correspond à la dimension d'une célérité.

1.2. D'après le texte, la longueur d'onde est de l'ordre de 100 m lorsque la profondeur est de l'ordre de 4000 m. Dans ce cas, $\lambda_1 = 100\text{ m} < 0,50\cdot h_1 = 2000\text{ m}$. Il s'agit donc d'ondes dites courtes.
Pour des ondes courtes de longueur d'onde $\lambda_1 = 80$ m : $v_1 = \sqrt{\dfrac{g\cdot\lambda_1}{2\pi}} = \sqrt{\dfrac{10\times 80}{2\pi}} = 11\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. De plus, $\lambda_1 = v_1\cdot T$ donc la période de ces ondes vaut :

$$T = \frac{\lambda_1}{v_1} = \lambda_1\cdot\sqrt{\frac{2\pi}{g\cdot\lambda_1}} = \sqrt{\frac{2\pi\cdot\lambda_1^{\cancel{2}}}{g\cdot\cancel{\lambda_1}}} = \sqrt{\frac{2\pi\cdot\lambda_1}{g}} = \sqrt{\frac{2\pi\times 80}{10}} = 7,1\text{ s.}$$

1.3. Pour les ondes longues, la célérité est donnée par : $v_2 = \sqrt{g\cdot h_2} = \sqrt{10\times 3,0} = 5,5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Ici, la période ne varie pas donc : $\lambda_2 = v_2\cdot T = 5,5\times 7,1 = 3,9\cdot 10^1\text{ m} = 39\text{ m}$.

2. Étude de la houle à l'aide de la cuve à ondes

2.1. Célérité des ondes

2.1.1. Voir graphique ci-dessous.

2.1.2. Le graphe représentant la fonction $x = f(t)$ est une droite dont le coefficient directeur est égal à la célérité v de l'onde. Comme les points sont tous très proches de la droite modélisant le nuage de points, on en déduit que la célérité de l'onde est constante, aux légères erreurs de pointage près. On peut déterminer la célérité en prenant les points $A(0,210;0,100)$ et $B(0,394;0,145)$:

$$v = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A} = \frac{0,145 - 0,100}{0,394 - 0,210} = 2,45\cdot 10^{-1}\text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 0,245\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

2.1.3. Le sommet de la ride n°1 et celui de la ride n°4 sont séparés d'une distance $d = 3\cdot\lambda$. On en déduit une valeur de la longueur d'onde : $\lambda = \dfrac{d}{3} = \dfrac{0,088}{3} = 2,9\cdot 10^{-2}$ m.

2.1.4. On peut en déduire la fréquence de l'onde par la relation : $\lambda = v\cdot T = \dfrac{v}{f}$ soit une fréquence $f = \dfrac{v}{\lambda} = \dfrac{2,45\cdot 10^{-1}}{2,9\cdot 10^{-2}} = 8,4$ Hz. La fréquence calculée est bien comprise entre 8 Hz et 9 Hz comme la fréquence du vibreur déterminée par stroboscopie.

2.2. Mouvement de la surface de l'eau

2.2.1. Les points S et M sont séparés dans l'espace d'une distance égale à $2,5\cdot\lambda$ (voir figure ci-dessous). Or la longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période T. Ainsi, l'onde mettra une durée de $2,5\cdot T$ pour parcourir la distance SM. Le point M présente donc un retard par rapport à la source S tel que : $\tau = 2,5\cdot T$.

2.2.2. À l'instant suivant, le point M se déplace verticalement vers le haut. En effet, l'onde étant transversale, il ne peut se déplacer que verticalement. Par ailleurs, l'onde se propage de S vers M donc à l'instant suivant, la figure se sera décalée vers la droite et le point M se sera donc déplacé vers le haut.

2.3. Influence de la fréquence

2.3.1. Pour une fréquence entre entre 8 Hz et 9 Hz, on avait une célérité de $0,245\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Pour une fréquence de 19 Hz, on a à présent une célérité plus élevée de $0,263\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. On remarque donc que la célérité des ondes dans le milieu dépend de leur fréquence. Cela met en évidence le phénomène de dispersion et le fait que le milieu de propagation soit dispersif.

2.3.2. Ce phénomène a également lieu avec les ondes lumineuses : lorsque la lumière pénètre dans un prisme en verre, par exemple, elle est dispersée car toutes les couleurs qu'elle contient n'ont pas la même célérité dans le verre. On observe alors une figure colorée présentant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel que l'on appelle spectre de la lumière blanche. C'est en décomposant ainsi la lumière blanche en 1666 que Newton a été amené à penser que la lumière blanche est polychromatique et qu'elle contient une infinité de radiations colorées de diverses fréquences.