Communication sous-marine
(Bac S - Asie - juin 2018)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

1. Les débuts de l'acoustique sous-marine

1.1. Le 1er expérimentateur lance une fusée pour que la personne en charge du chronomètre le déclenche (il n'existait pas de téléphone ni de talkie-walkie en 1825).

1.2.

- Quand le 1er expérimentateur produit le son dans l'eau, il lance la fusée, et la 3ème personne déclenche le chronomètre. Il y a donc un décalage au niveau du déclenchement du chronomètre à cause du temps de réaction des 2 personnes.

- Quand le son est perçu par le 2ème expérimentateur, celui-ci lève la main, et la 3ème personne arrête le chronomètre. Il y a là encore un décalage dû aux temps de réaction des 2ème et 3ème expérimentateurs.

- La distance ne semble pas être connue très précisément : "environ 1000 m".

1.3. Dans le 2ème protocole, il y a moins de sources d'erreur pour le déclenchement car le système automatique d'émission de lumière supprime le temps de réaction au niveau de l'émetteur.
De plus, comme c'est la même personne qui reçoit le son et stoppe le chronomètre, il y a un temps de réaction en moins.

1.4. $v = \dfrac{d}{\Delta t} = \dfrac{13487}{9,4} = 1434,787234 \text{ m.s}^{-1}$

$$\frac{U(v)}{v} = \sqrt{\left(\frac{U(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{U(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2}$$

$$\Rightarrow \ U(v) = v \times \sqrt{\left(\frac{U(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{U(\Delta t)}{\Delta t}\right)^2} = 1434,787234 \times \sqrt{\left(\frac{20}{13487}\right)^2 + \left(\frac{0,25}{9,4}\right)^2} = 4\times10^1 \text{ m.s}^{-1}$$

Donc $v = (1,43 \pm 0,04) \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$

c'est-à-dire : $1,39\times10^3 \text{ m.s}^{-1} < v < 1,47\times10^3 \text{ m.s}^{-1}$

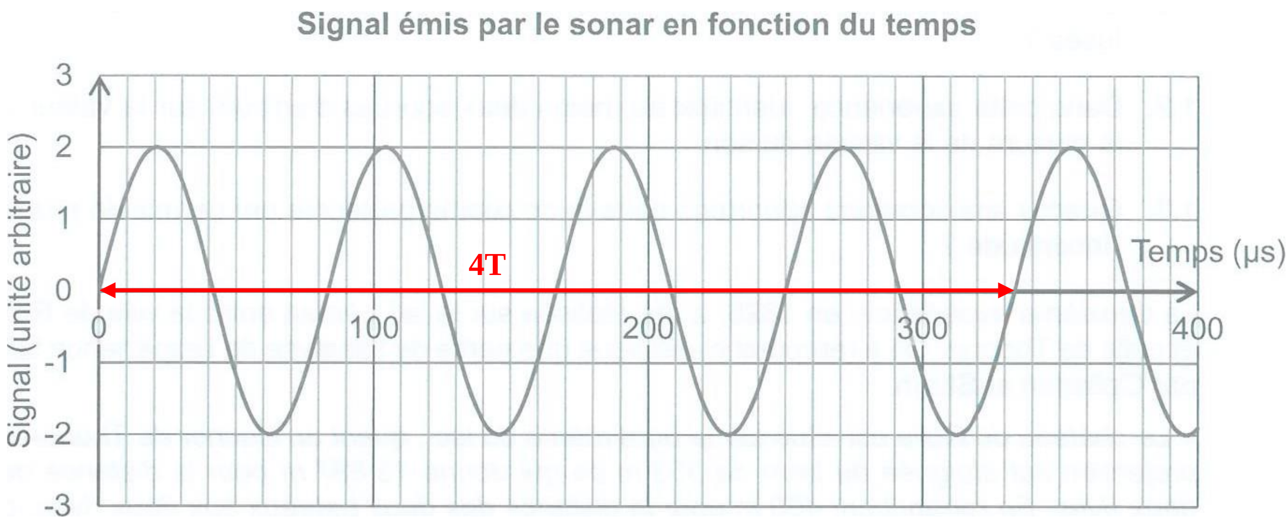
1.5. $U(v) = 4\times10^1$ m.s^{-1}

Or $\dfrac{1}{60}\times v = \dfrac{1}{60}\times 1{,}43\times10^3 = 24$

$U(v) > \dfrac{1}{60}\times v$, donc l'affirmation n'est pas cohérente avec le résultat obtenu à la question 4.

2. Impact de l'utilisation des sonars sur la faune sous-marine

2.1.



Déterminons la période T du signal :
$4T = 334$ µs $\Rightarrow$ $T = 83{,}4$ µs

On en déduit sa fréquence :
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{83{,}4\times10^{-6}} = 1{,}20\times10^4 \text{ Hz} = 12{,}0 \text{ kHz}$$

2.2. 20 Hz $< f <$ 20 kHz, donc le signal appartient au domaine audible des êtres humains.

2.3.a) D'après le document, "à 1 m de l'émetteur d'un sonar, le niveau sonore maximal peut atteindre 240 dB".

$$L_{max} = 10\log\left(\frac{I_{max}}{I_0}\right) \Rightarrow \log\left(\frac{I_{max}}{I_0}\right) = \frac{L_{max}}{10} \Rightarrow \frac{I_{max}}{I_0} = 10^{\frac{L_{max}}{10}}$$

$$\Rightarrow I_{max} = I_0\times10^{\frac{L_{max}}{10}} = 7{,}0\times10^{-17}\times10^{\frac{240}{10}} = 7{,}00\times10^7 \text{ W.m}^{-2}$$

2.3.b) À $d = 1$ m de l'émetteur, l'intensité sonore vaut $I_{max} = 7{,}00\times10^7$ W.m^{-2}.
On en déduit la puissance de la source :

$$I_{max} = \frac{P}{4\pi d^2} \Rightarrow P = 4\pi d^2\times I_{max} = 4\pi\times1^2\times7{,}00\times10^7 = 8{,}80\times10^8 \text{ W}$$

2.3.c) Calculons l'intensité sonore I' à d' = 65 km du sonar.

$$I' = \frac{P}{4\pi d'^2} = \frac{8,80\times10^8}{4\pi\times(65\times10^3)^2} = 1,7\times10^{-2}\ W.m^{-2}$$

Ainsi, le niveau d'intensité sonore à cette même distance vaut :

$$L' = 10\log\left(\frac{I'}{I_0}\right) = 10\log\left(\frac{1,7\times10^{-2}}{7,00\times10^{-17}}\right) = 144\ dB$$

2.3.d) En effectuant, en 1ère approximation, une interpolation linéaire entre 10 kHz et 30 kHz, on peut estimer le coefficient d'absorption à :

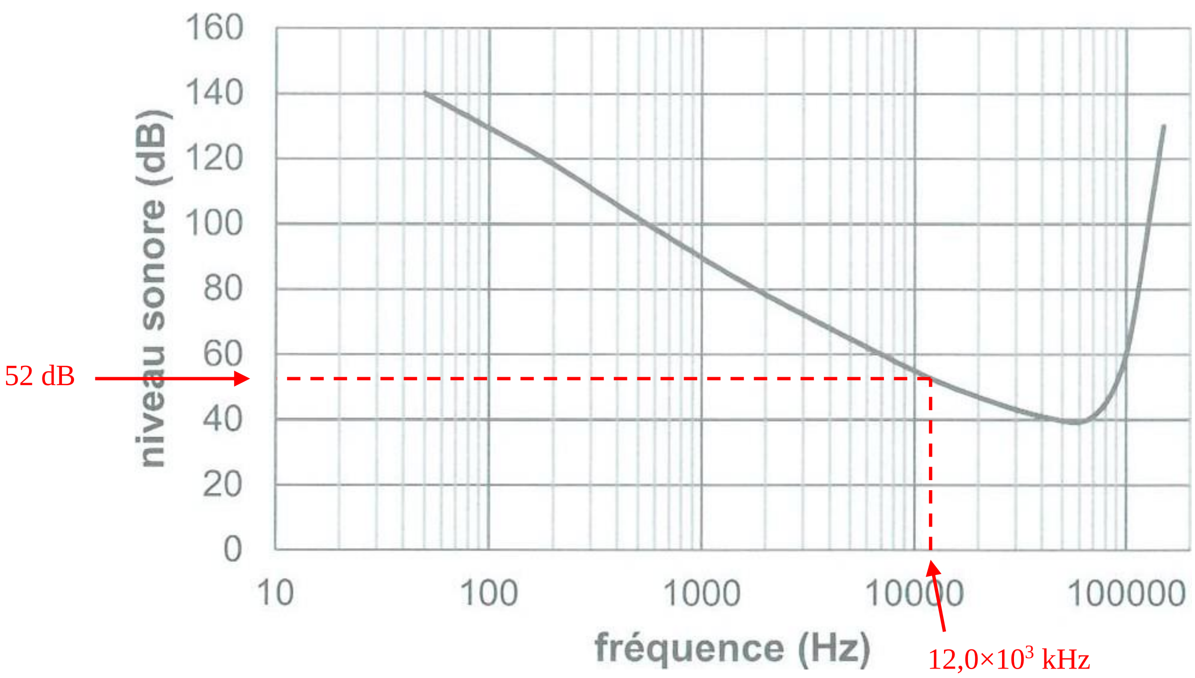
$$\alpha = 1 + \frac{5-1}{30-10}\times(12-10) = 1,4\ dB/km$$

La diminution du niveau d'intensité sonore peut ainsi être évaluée à :

$$\alpha\times d' = 1,4\times65 = 91\ dB$$

2.4. Le niveau d'intensité sonore à d' = 65 km est donc, en tenant compte de l'absorption :

$$L'' = L' - \alpha\times d' = 144 - 91 = 53\ dB$$



Si l'on s'en tient aux valeurs obtenues, $L'' > 52$ dB, donc les dauphins ont pu percevoir les ondes émises par le sonar.
Mais ces valeurs (53 dB pour le niveau sonore perçu par le dauphin, et 52 dB pour le niveau sonore d'audibilité) comportent l'une comme l'autre une incertitude de plusieurs décibels.
Il n'est donc pas possible de répondre de façon sûre à cette question.