

Corrigé du devoir surveillé n°1

Exercice 1 – Diffraction par une fente (3 pts)

Données : $\lambda = 532 \text{ nm}$; $a = 50 \text{ }\mu\text{m}$; $D = 1,5 \text{ m}$.

1. Largeur de la tache centrale :

$$L = \frac{2\lambda D}{a} = \frac{2 \times 532 \times 10^{-9} \times 1,5}{50 \times 10^{-6}} \approx 0,032 \text{ m} = 32 \text{ mm}$$

Réponse : largeur $\approx 32 \text{ mm}$.

2. Influence de la largeur de la fente :

Si on diminue a , alors L augmente (car $L \propto 1/a$).

La tache centrale s'élargit.

Exercice 2 – Interférences de Young (6 pts)

Données : $a = 0,15 \text{ mm}$; $D = 1,20 \text{ m}$; $\lambda = 550 \text{ nm}$.

1. Conditions pour observer des interférences :

On observe des interférences stables si :

les sources issues des deux fentes sont cohérentes (même fréquence et différence de phase stable)

2. Différence de marche

$$\delta = d_2 - d_1$$

- Frange brillante : $\delta = k\lambda$ avec $k \in \mathbb{Z}$.
- Frange sombre : $\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$.

3. Cas particuliers :

- $\delta = 0 \rightarrow$ brillante (centre de la figure).
- $\delta = 1,65 \text{ }\mu\text{m} \approx 3 \lambda \rightarrow$ brillante.
- $\delta = 2,75 \text{ }\mu\text{m} \approx 5 \lambda \rightarrow$ brillante.

exemple :

$$\text{Cas } \delta_3 = 2,75 \text{ }\mu\text{m} = 2,75 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{\delta_3}{\lambda} = \frac{2,75 \times 10^{-6}}{5,50 \times 10^{-7}} = 5,00.$$

C'est un entier $k = 5 \rightarrow$ frange brillante d'ordre 5.

Exercice3-

1.1. onde mecanique

Elle a besoin d'un support matériel pour se propager. Elle ne peut pas se propager dans le vide contrairement aux ondes électromagnétiques.

1.2. onde longitudinale

Elle se propage dans une direction parallèle à la perturbation.

2.1. Domaine audible

De 20 Hz à 20 kHz.

2.2. Ultrasons

Fréquence supérieure à 20 kHz.

2.3.1. Fréquence des ondes ultrasonores

Sur la courbe du récepteur 1 :

- une période correspond au temps entre deux maximums (ou minimums).
- en lisant l'axe du temps : une période vaut environ 20 μs .

Donc : $f = 1/T = 1/(20 \times 10^{-6}) \approx 50 \text{ kHz}$. La fréquence des ultrasons émis est bien 50 kHz

2.3.2. Retard entre R_1 et R_2 et célérité

Sur la figure, on observe que le signal de R_2 est décalé d'environ 8 μs par rapport à celui de R_1 (moins d'une période).

Donc : $\Delta t \approx 8 \mu\text{s}$.

Les récepteurs sont séparés de $d = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$. $v = d / \Delta t = 0,012 / (8 \times 10^{-6}) \approx 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

Mais la célérité du son dans l'eau est bien de l'ordre de 1500 m/s, soit $\sim 4,4$ fois plus que dans l'air (343 m.s^{-1}).

2.3.3. Longueur d'onde

$\lambda = c.T = c / f = 1500 / (50 \times 10^3) = 0,030 \text{ m} = 3,0 \text{ cm}$.

2.3.4 –

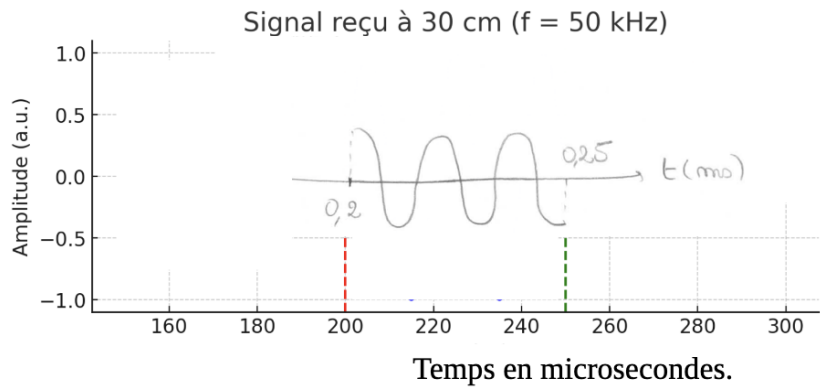
On place les capteurs de sorte que les récepteurs captent les signaux en phase. On déplace un récepteur pour retrouver les signaux en phase n fois. Le déplacement D correspond à $n \lambda$.

$\lambda = D/n$.

Partie impulsion ultrasonore (clics)

2.4 – Signal reçu à 30 cm

- Distance $x = 0,30$ m.
- Vitesse $v = 1500$ m.s⁻¹.



$$t_{\text{début}} = x / v = 0,30 / 1500 = 2,0 \times 10^{-4} \text{ s} = 200 \text{ } \mu\text{s}.$$

Durée du clic : $\Delta t_i = 50 \text{ } \mu\text{s}$.

$t_{\text{fin}} = 200 + 50 = 250 \text{ } \mu\text{s}$. Le détecteur reçoit le clic entre 200 μs et 250 μs

signal reçu à 30 cm (train de 2,5 périodes à 50 kHz, début à 200 μs).

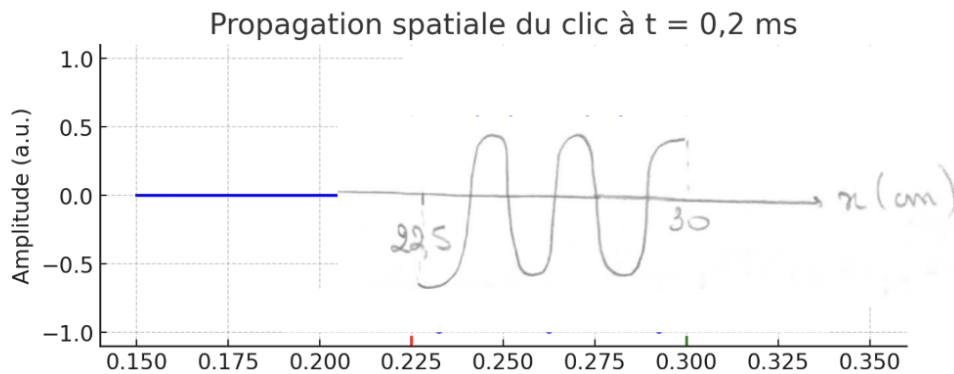
On peut prendre 1530 m/s comme célérité.

2.5 – Propagation spatiale

2.5.1 Longueur spatiale du clic

$$L = v \cdot \Delta t_i = 1500 \times 50 \times 10^{-6} = 0,075 \text{ m} = 7,5 \text{ cm}.$$

2.5.2 Représentation à $t = 0,2$ ms



À cet instant, le front d'onde est en : $x_{\text{front}} = v \cdot t = 1500 \times 2,0 \times 10^{-4} = 0,30$ m.

Le clic occupe une longueur $L = 7,5$ cm en arrière : $x_{\text{début}} = 0,30 - 0,075 = 0,225$ m.

À $t = 0,2$ ms, le clic se trouve entre 22,5 cm et 30 cm.”

Remarque : **représentation spatiale** du clic à l’instant $t=0,2$ ms $t=0,2$ ms.

On voit bien que le paquet d’ondes s’étend sur $\approx 7,5$ cm $\approx 7,5$ cm,

Écholocalisation

2.6.1 Principe

Le dauphin émet une impulsion ultrasonore ; elle se réfléchit sur un obstacle ; l'écho revient et le retard entre émission et réception permet de calculer la distance à l'obstacle.

2.6.2 Durée d'un clic vs durée entre clics

- Durée d'un clic : 50 μ s.
- Durée entre deux clics dans un train : millisecondes à centaines de ms (donc beaucoup plus long).

Les clics sont représentés par des traits verticaux car leur durée est négligeable à l'échelle du train.

2.6.3 Fréquence des clics

La fréquence interne d'un clic est 50 kHz (.

L'intervalle entre clics est $T_{\text{clic}} = 220$ ms, alors $f = 1/(220 \times 10^{-3}) \approx 4,5$ Hz.

Distance au fond marin

On prend $v = 1530$ ms^{-1} .

Le délai écho : $\Delta t_{\text{écho}}$ doit être inférieur à 220 ms (sinon le clic suivant serait émis avant la réception).

Distance : $H = v \cdot \Delta t_{\text{écho}}/2$.

Au maximum :

$$H_{\text{max}} = 1530 \times 0,220/2 \approx 168 \text{ m.}$$

Le dauphin se trouve donc à moins de 168 m du fond marin.

Exercice 4 – Réflexion & réfraction (4 pts)

1. Réflexion :

Angle réfléchi = 30°.

👉 Schéma avec normale, rayon incident et réfléchi symétriques.

2. Passage air $\rightarrow$ eau ($n_1 = 1,0$; $n_2 = 1,33$; $i_1 = 40^\circ$) :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad \Rightarrow \quad i_2 \approx 28,9^\circ$$

👉 Schéma : rayon réfracté rapproché de la normale.

3. Passage verre $\rightarrow$ air ($n_1 = 1,5$; $n_2 = 1,0$) :

- Angle limite :

$$\sin i_L = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1,5} \quad \Rightarrow \quad i_L \approx 41,8^\circ$$

- Si $i_1 > i_L \Rightarrow$ **réflexion totale interne**.

Total sur 21,5

Exercice	Question	Réponse attendue	Points
Ex.1 Diffraction (3 pts)	1	$L = \frac{2\lambda D}{a} \approx 32 \text{ mm}$	2,5
	2	Si $a \downarrow \Rightarrow$ tache centrale $\uparrow$	0,5
Ex.2 Interférences (6 pts)	1	Conditions : source cohérente, monochromatique, fentes éclairées de façon cohérente	1
	2	$\delta = d_2 - d_1$. Brillante : $\delta = k\lambda$. Sombre : $\delta = (k + 1/2)\lambda$	3
	3	$\delta=0 \rightarrow$ brillante ; $\delta=1,65 \mu\text{m} \approx 3\lambda \rightarrow$ brillante ; $\delta=2,75 \mu\text{m} \approx 5\lambda \rightarrow$ brillante	2
Ex.3 Sons & dauphins (7 pts)	1.1	Onde mécanique (support matériel)	0,5
	1.2	Onde longitudinale (vibrations // propagation)	0,5
	2.1	Domaine audible : 20 Hz – 20 kHz	0,5
	2.2	Ultrasons : $f > 20 \text{ kHz}$	0,5
	2.3.1	$f \approx 50 \text{ kHz}$	0,5

	2.3.2	Retard < T ; célérité eau ≈ 1500 m/s ; comparaison air ≈ 340 m/s	1,5
	2.3.3	$\lambda = v/f \approx 3$ cm	0,5
	2.3.4	Autre méthode (déphasage, déplacement capteur...)	0,5
	2.4	Signal reçu : temps début/fin corrects	0,5
	2.5.1	$L = v \Delta t$	0,5
	2.5.2	Positions clic correctes à $t=0,2$ ms	0,5
	2.6.1	Principe sonar expliqué	0,5
	2.6.2	Comparaison durées $\rightarrow$ justification représentation	0,5
	2.6.3	Fréquence clics $\approx 4,5$ Hz	0,5
	2.6.4	$H = v \Delta t / 2$	0,5
Ex.4 Réflexion & réfraction (4 pts)	1	Réflexion : $i = 30^\circ$, schéma correct	1,5
	2.1	Réfraction air $\rightarrow$ eau : $i_2 \approx 28,9^\circ$, schéma correct	1,5
	2.2	Verre $\rightarrow$ air : angle limite $i_L \approx 41,8^\circ$, explication TIR	1