Correction TD10

Exercice 1

Calcul de λ : $\lambda = \dfrac{v}{f} = \dfrac{40}{20} \times 10^{-2} = 2 \times 10^{-2}\ m$ $\quad \lambda = 2\ cm$

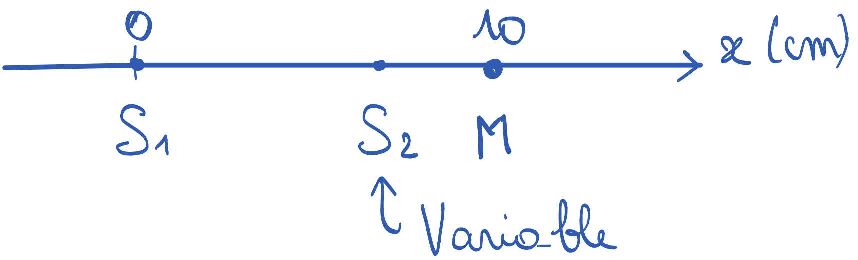
1) $\delta = S_2M_1 - S_1M = 17 - 8 = 9\ cm$

$\dfrac{\delta}{\lambda} = 4{,}5$ Les interférences sont destructives.

2) Même méthode : $\delta = S_1M_2 - S_2M_2 = 16\ cm$ $\quad \dfrac{\delta}{\lambda} = 8$

Les interférences sont constructives.

Exercice 2



$-1m \leq x_2 \leq 1m$

$x_M = 10\ cm$

1) $\delta(M) = S_1M - S_2M = x_M - |x_M - x_2|$

Les interférences sont constructives si $\delta = p\lambda \quad p \in \mathbb{Z}$

• $x_M > x_2$: $x_2 < 10\ cm$ $\quad \delta(M) = x_2 = p\lambda$

$p=-2$, $p=-1$, $p=0$

3 possibilités $x_2 = -100, -50$ et $0\ cm$

• $x_M < x_2$: $\delta(M) = 2x_M - x_2 = p\lambda \iff x_2 = 2x_M - p\lambda = 20 - p\lambda$

$x_2 > 10\ cm$

2 possibilités : $x_2 = 20$ et $70\ cm$

$\uparrow p=0 \quad \uparrow p=-1$

2) Interférences destructives si $\delta = \left(p+\frac{1}{2}\right)\lambda$ $p \in \mathbb{Z}$

- $\underline{x_M > x_2}$: $\delta(M) = x_2 = (p+1/2)\lambda \Rightarrow x_2 = \left(p+\frac{1}{2}\right)\lambda$

  ($x_2 < 10$ cm)

  2 possibilités : $\underset{p=-1}{-25 \text{ cm}}$ et $\underset{p=-2}{-75 \text{ cm}}$

- $\underline{x_M < x_2}$: $\delta(M) = 2x_M - x_2 = (p+1/2)\lambda \Rightarrow x_2 = \underbrace{2x_M - \frac{\lambda}{2}}_{-5\text{cm}} - p\lambda$

  ($x_2 > 10$ cm)

  2 possibilités : $\underset{p=-1}{45 \text{ cm}}$ et $\underset{p=-2}{95 \text{ cm}}$

3) $|\Delta\varphi| = \left|\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right| + \pi$ tout se passe comme si on rajoutait $\frac{\lambda}{2}$ à δ.

les positions du 1) correspondent à des interférences destructives et celle du 2) constructives : tout est inversé.

Exercice 3

1) 1ère HP : en x retard $\tau_1 = \frac{x}{c}$

$$p_1(x,t) = P_0 \cos\left(2\pi f\left(t - \frac{x}{c}\right) + \varphi\right)$$

2° HP : retard $\tau_2 = \frac{d-x}{c} \rightarrow p_2(x,t) = P_0\left(\omega\left(t - \frac{d-x}{c}\right) + \varphi\right)$

$$p_2(x,t) = P_0\left(2\pi f\left(t + \frac{x}{c} - \frac{d}{c}\right) + \varphi\right)$$

2) $p(x,t) = p_1(x,t) + p_2(x,t)$

$$= P_0\left(\cos\left(2\pi f\left(t - \frac{x}{c}\right) + \varphi\right) + \cos\left(2\pi f\left(t + \frac{x}{c} - \frac{d}{c}\right) + \varphi\right)\right)$$

On utilise $\cos p + \cos q = 2\cos\frac{p+q}{2}\cos\frac{p-q}{2}$

$$p(x,t) = 2P_0 \underbrace{\cos\left(2\pi f t + \pi f \frac{d}{c} + \varphi\right)}_{f(t)} \underbrace{\cos\left(2\pi f \frac{x}{c} - \frac{\pi f d}{c}\right)}_{g(x)}$$

onde stationnaire (espace et temps découplés)

3) $\underline{g(x) = 0}$ (noeud)

$$\cancel{2\pi} f \frac{x}{c} - \frac{\cancel{\pi} f d}{c} = (2p+1)\frac{\cancel{\pi}}{2} \quad p \in \mathbb{Z}$$

$$x = \frac{1}{2}\left(\left(p+\frac{1}{2}\right)\lambda + d\right)$$

ou <u>Interférences destructives en 1 point M</u> : $\delta(M) = \left(p+\frac{1}{2}\right)\lambda$

$$\delta(M) = S_1M - S_2M = x - (d-x) = 2x - d$$

$$x = \left(\left(p+\frac{1}{2}\right)\lambda + d\right) \times \frac{1}{2}$$

2 lieux d'interférences destructives consécutifs sont espacés de

$$\Delta x = x_{p+1} - x_p = \frac{1}{2}\left(\left(\cancel{p}+1+\cancel{\frac{1}{2}}\right)\lambda + \cancel{d} - \left(\cancel{p}+\cancel{\frac{1}{2}}\right)\lambda - \cancel{d}\right) = \frac{\lambda}{2}$$

$$e = \frac{\lambda}{2} \rightarrow c = 2ef = 345\ \text{m/s}$$

ou → Méthode + rapide : distance entre 2 noeuds d'1 onde stationnaire $= \frac{\lambda}{2}$

4) L'onde s'atténue au cours de la propagation donc en étant plus proche d'1 source les amplitudes des ondes en 1 point sont différentes et $P_{min} = |P_2 - P_1| \neq 0$.

5) $p_1(x,t) = P_1(x)\cos(\omega t \overbrace{- kx + \varphi}^{\Phi_1})$

$p_2(x,t) = P_2(x)\cos(\omega t \overbrace{+ kx - kd + \varphi}^{\Phi_2})$

Amplitude résultante : $P(x) = \sqrt{P_1(x)^2 + P_2(x)^2 + 2P_1(x)P_2(x)\cos\Delta\varphi}$

où $\Delta\varphi = \Phi_2 - \Phi_1 = 2kx - kd$

à savoir démontrer.

6) $P(x) = P_1(x)\left(1 + \underbrace{\left(\frac{P_2(x)}{P_1(x)}\right)^2}_{\text{négligeable}} + \frac{2P_2(x)}{P_1(x)}\cos\Delta\varphi\right)^{1/2}$ $\simeq 1 + \frac{1}{2}\frac{2P_2(x)\cos\Delta\varphi}{P_1(x)}$

$P(x) \simeq P_1(x) + P_2(x)\cos\Delta\varphi$

Exercice 4

1) le retard entre les 2 ondes est $\tau = \frac{2D}{c}$

$\Delta\varphi = -\frac{2\pi\tau}{T} = -\frac{4\pi D}{\lambda}$ $\quad$ (ou $\Delta\varphi = -\frac{2\pi\delta}{\lambda}$ avec $\delta = 2D$)

onde réfléchie en retard

2) si $\Delta\varphi = (2p+1)\pi$ $p \in \mathbb{Z}$ il y a des interférences destructives pour certaines de valeurs de λ et donc de f.

3) $|\Delta\varphi| = (2p+1)\pi$ $p \in \mathbb{N}$ $\qquad \lambda = \frac{c}{f}$

$\Rightarrow f_p = \frac{(2p+1)c}{4D}$

4) il faut $f_{min} > 20\,kHz \iff f_{min} = \frac{c}{4D}$

$\Rightarrow D < \frac{c}{4\times 20\times 10^3}$ $\quad D < 4\,mm$ non réalisable

5) En s'éloignant du mur, l'onde réfléchie est plus atténuée et le phénomène d'interférence moins perceptible.

6) On peut lire $\underline{f_{p=0} = 1000 \text{ Hz}}$ (1ère fréquence atténuée)

$$f_{p=0} = \frac{c}{4D} \qquad D = \frac{c}{4 f_{p=0}} = \frac{343}{4000}$$

$$D = 8{,}6 \text{ cm}$$

7) a) Plus l'onde est diffractée mieux elle sera entendue par 1 personne placée à côté de l'enceinte.
L'onde est d'autant plus diffractée que λ est grande et donc que f est petite : <u>on entend mieux les sons graves.</u>

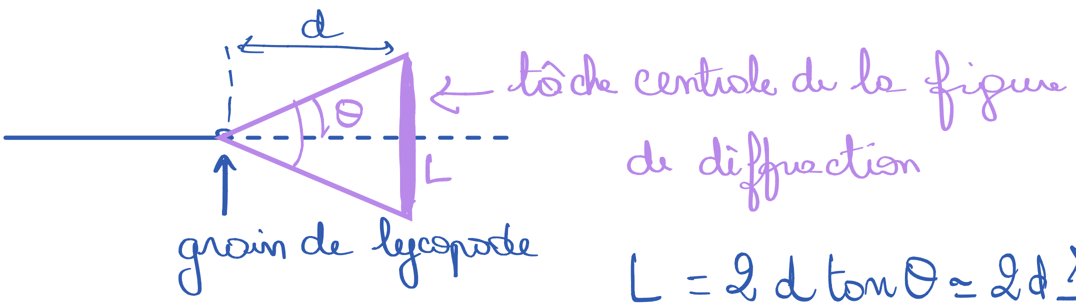
b) $\sin\theta \simeq \frac{\lambda}{a}$ $\qquad a$ = diamètre du haut-parleur

$$\sin\theta \simeq \frac{c}{a f}$$

On peut estimer θ graphiquement :
atténuation de -3 dB pour $f = 8$ kHz $\quad \theta \simeq \pm 22°$

$$a \simeq 11 \text{ cm}$$

Exercice 5 :

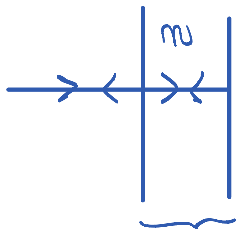


$$L = 2d\tan\theta \simeq 2d\frac{\lambda}{a}$$

$$a = \frac{2d\lambda}{L} \qquad a = 67\ \mu\text{m}$$

Exercice 6

hyp : onde lumineuse en incidence normale monochromatique ($\lambda_0 = 550\,\text{nm}$)



couche antireflet d'épaisseur e

Interférence destructive entre l'onde incidente et l'onde réfléchie

si $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{T} \times \tau = (2p+1)\pi$ $\qquad \tau = \frac{2e}{v}$ $\qquad$ ⚠ $v = \frac{c}{n}$

$$\frac{2\pi}{T} \times \frac{2e}{c} n = \frac{2\cancel{\pi}}{\lambda_0} 2ne = (2p+1)\cancel{\pi}$$

$$2ne = (2p+1)\frac{\lambda_0}{2} \qquad \left(\underbrace{2e}_{\delta} = (2p+1)\frac{\lambda}{2} \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{n} \right)$$

$\lambda_0 = 550\,\text{nm}$

$n = 1{,}4$ $\qquad$ $e \simeq 100\,\text{nm}$ $\qquad$ (calcul pour $p=0$)