

Correction du TD d'application



I Trombone de K ENIG

1)

$$\Delta\varphi_{2/1}(M) = -k\Delta L_{2/1}(M) = -k(OT_2 - OT_1)$$

Or, si on déplace T_2 par rapport à T_1 de d , l'onde passant dans T_2 doit parcourir $2d$ de plus, une fois pour chaque partie rectiligne ; ainsi

$$\Delta\varphi_{2/1}(M) = -2kd$$

- 2) Cette observation traduit qu'un décalage de 11,5 cm fait passer d'une interférence destructive à celle qui la suit, donc augmente le déphasage de 2π ou la différence de marche de λ . On a donc

$$|2kd| = 2\pi \Leftrightarrow \frac{2\pi}{\lambda}d = \pi \Leftrightarrow 2df = c \quad \text{avec} \quad \begin{cases} d = 11,5 \times 10^{-2} \text{ m} \\ f = 1500 \text{ Hz} \end{cases}$$

$$\text{A.N. : } c = 345 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$



II Interférences de 2 ondes sonores frontales

- 1)   partir de HP1, les ondes parcourent la distance $D + x$ pour arriver au micro.   partir de HP2, elles parcourent la distance $D - x$. Ainsi,

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_{1/2}(M) &= -k\Delta L_{1/2}(M) + \underbrace{\Delta\varphi_0(M)}_{=0 \text{ d'après l'énoncé}} \\ &= -k(|\text{HP}_1\text{M}| - |\text{HP}_2\text{M}|) \\ &= -k(\cancel{D} + x - (\cancel{D} - x)) \\ &\Leftrightarrow \Delta\varphi_{1/2}(M) = -2kx \end{aligned}$$

- 2) Les ondes $p_1(t)$ et $p_2(t)$ étant de même amplitude P_0 , on a que l'onde somme $p(t) = p_1(t) + p_2(t)$ est d'amplitude $P(M)$ telle que

$$P(M) = 2P_0 \cos\left(\frac{\Delta\varphi(M)}{2}\right) \Leftrightarrow P = 2P_0 \cos(-kx)$$

- 3) On a interférences constructives si l'amplitude est maximale, ici pour $\cos(-kx_n) = \pm 1 \Leftrightarrow -kx_n = n\pi$. Or,

$$-kx_n = n\pi \Leftrightarrow -\frac{2\pi}{\lambda}x_n = n\pi \Leftrightarrow x_n = n\frac{\lambda}{2}$$

- 4) Les maximums se trouvent aux positions x_n . La distance entre deux maximums est donc

$$d = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda}{2}$$

5) Étant donné que $\lambda = cT = c/f$, on trouve

$$\frac{\lambda}{2} = d \Leftrightarrow \frac{c}{2f} = d \Leftrightarrow \boxed{c = 2df} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} d = 21,2 \times 10^{-2} \text{ m} \\ f = 800 \text{ Hz} \end{cases}$$

$$\text{A.N. : } \boxed{c = 339 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

C'est la valeur usuelle de célérité du son dans l'air à 20 °C.

☆☆ III Contrôle actif du bruit en conduite

1) Entre l'instant où le signal est détecté par le micro 1 et l'instant où ce signal passe en A, il s'écoule un temps égal à L/c . Pendant ce temps, il faut que le contrôleur calcule et produise le signal qu'il envoie dans le haut-parleur, et que ce signal se propage jusqu'à A, ce qui prend le temps ℓ/c . Ainsi, le temps disponible pour le calcul est

$$\boxed{\frac{L - \ell}{c}}$$

2) La phase du signal de bruit arrivant en A est

$$\varphi_{\text{bruit}} = \varphi_1 - kL$$

La phase du signal de correction arrivant en A est

$$\varphi_{\text{corr}} = \varphi_{\text{HP}} - k\ell$$

Pour avoir interférences destructives, il faut que $\varphi_{\text{corr}} = \varphi_{\text{bruit}} + \pi$, c'est-à-dire

$$\boxed{\Delta\varphi_{c/b}(A) = \varphi_{\text{HP}} - \varphi_1 = \frac{\omega}{c}(\ell - L) + \pi}$$

3) Le micro 1 capte un signal qui est la superposition du bruit et du signal émis par le haut-parleur se propageant à partir de A vers l'amont. Le micro 2 donne un contrôle du résultat et permet la détermination du meilleur signal de correction.

☆☆ IV Interférences et écoute musicale

1) Chaque onde parcourt la distance enceinte – auditaire directement, mais l'onde réfléchi parcourt en plus $2D$ entre l'auditaire et le mur. Ainsi, la célérité étant notée c , on a

$$\tau = \frac{2D}{c}$$

2) La source étant similaire pour les deux ondes, la phase à l'origine des temps est la même ; de plus il est indiqué que la réflexion sur le mur n'implique pas de déphasage supplémentaire, donc le déphasage n'est dû qu'à la propagation. Ainsi, l'onde réfléchi a un déphasage

$$\Delta\varphi_{r/i}(M) = \omega\tau = \frac{4\pi f D}{c}$$

3) Il peut y avoir une atténuation de l'amplitude si les deux ondes sont en opposition de phase, et donc que les interférences sont destructives, c'est-à-dire

$$\Delta\varphi_{r/i}(M) = (2n + 1)\pi \Leftrightarrow \frac{4\pi f D}{c} = (2n + 1)\pi \Leftrightarrow \boxed{f = (2n + 1)\frac{c}{4D}}$$

avec $n \in \mathbb{N}$. Étant donné que le domaine audible s'étend de $[20 ; 20 \times 10^3]$ Hz, il faudrait que la plus petite fréquence d'atténuation, celle avec $n = 0$, soit au-delà de 20 kHz ; autrement dit on cherche

$$f_{\max} < \frac{c}{4D} \Leftrightarrow \boxed{D < \frac{c}{4f_{\max}}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} c = 342 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \\ f_{\max} = 20 \text{ kHz} \end{cases}$$

A.N. : $\boxed{D < 4,3 \text{ mm}}$

On est donc sûr de ne pas avoir d'atténuation dans l'audible si on colle notre oreille au mur... ce qui est réalisable, mais correspond presque à ne pas avoir d'interférences du tout.

- 4) Quand D augmente, l'onde réfléchiée par le mur finit par avoir une amplitude faible devant l'onde directe étant donné qu'une onde sphérique voit son amplitude diminuer avec le rayon : les interférences deviennent de plus en plus négligeables.