Ondes : intensité sonore, atténuation et effet Doppler

Fiche méthode

(Physique-chimie Tle spécialité · Ondes et signaux · Caractériser les phénomènes ondulatoires)

La démarche pour un exercice d'intensité sonore ou d'effet Doppler

1. J'identifie la grandeur : intensité I ($\mathrm{W\cdot m^{-2}}$), niveau L (dB), atténuation A (dB), fréquences émise f_E et reçue f_R.

2. Je passe par les intensités dès qu'il faut additionner des sources : $I = I_0 \times 10^{L/10}$, puis $L = 10\log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$.

3. Je somme les atténuations en dB : géométrique $20\log\left(\dfrac{d_2}{d_1}\right)$, air $\alpha\, d$, obstacles.

4. Pour l'effet Doppler, je fixe le sens (rapprochement ou éloignement) avant de choisir $v - v_E$ ou $v + v_E$.

5. Je contrôle : total supérieur au plus fort des niveaux ; son plus aigu si la source se rapproche ; vitesse vraisemblable.

Le réflexe — les décibels se soustraient pour une atténuation mais ne s'additionnent jamais pour cumuler des sources : on revient toujours aux intensités.

Cas 1 · Passer de I à L et de L à I

Réflexe — $L = 10\log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$; $I = I_0 \times 10^{L/10}$.

Exemple. Un sonomètre affiche 53 dB.

$I = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{5{,}3} \approx 2{,}0 \times 10^{-7}$ **$\mathrm{W\cdot m^{-2}}$**.

Attention — log décimal, pas ln.

Cas 2 · Cumuler plusieurs sources

Réflexe — $I = I_1 + I_2$; N identiques : $L_1 + 10\log N$.

Exemple. Deux sources de 80 dB et 74 dB au même point.

$I = 10^{-12} \times (10^{8{,}0} + 10^{7{,}4}) \approx 1{,}25 \times 10^{-4}$ $\mathrm{W\cdot m^{-2}}$; $L \approx$ **81,0 dB**.

Attention — jamais $80 + 74 = 154$ dB.

Cas 3 · Atténuation géométrique

Réflexe — $A = 20\log\left(\dfrac{d_2}{d_1}\right)$; I divisée par $10^{A/10}$.

Exemple. 91 dB à 3,0 m d'une source isotrope ; niveau à 15 m ?

$A = 20\log 5 \approx 14{,}0$ dB, donc $L \approx$ **77,0 dB**.

Attention — 20 log pour des distances, 10 log pour des intensités.

Cas 4 · Atténuation par absorption

Réflexe — $L_2 = L_1 - A_{\text{géom}} - A_{\text{abs}}$, avec $A_{\text{abs}} = \alpha\, d$ pour l'air.

Exemple. 95 dB ; protection de 16 dB.

$L = 95 - 16 =$ **79 dB** ; I divisée par $10^{1{,}6} \approx 40$.

Attention — on retire des dB, on ne divise pas le niveau.

Cas 5 · Fréquence reçue (effet Doppler)

Réflexe — $f_R = f_E \dfrac{v}{v \mp v_E}$: $-$ si E se rapproche, $+$ s'il s'éloigne.

Exemple. $f_E = 400$ Hz, $v_E = 15$ m·s^{-1} en éloignement, $v = 340$ m·s^{-1}.

$f_R = 400 \times \dfrac{340}{355} \approx$ **383 Hz**, plus grave.

Attention — les décalages d'approche et d'éloignement ne sont pas opposés.

Cas 6 · Vitesse par effet Doppler

Réflexe — $v_E = v\,\dfrac{f_R - f_E}{f_R}$; lumière : $\dfrac{|\Delta\lambda|}{\lambda_E} \approx \dfrac{v_E}{c}$.

Exemple. Une raie à 500,00 nm est reçue à 500,10 nm.

$\Delta\lambda > 0$: la source s'éloigne à $v \approx 3{,}00 \times 10^8 \times \dfrac{0{,}10}{500{,}00} =$ **6,0 × 10⁴ m·s⁻¹**.

Attention — diviser par f_R dans l'expression exacte.

Les pièges

- Additionner des niveaux en décibels pour cumuler des sources : on additionne les intensités.
- Utiliser ln au lieu du logarithme décimal log.
- Écrire $10\log\left(\dfrac{d_2}{d_1}\right)$ pour une atténuation géométrique : c'est $20\log$, car I varie comme $\dfrac{1}{d^2}$.
- Diviser un niveau par un facteur au lieu de lui retirer une atténuation.
- Se tromper de signe dans $v \mp v_E$: un émetteur qui se rapproche donne un son plus aigu.
- Prendre f_E au dénominateur de $v_E = v\,\dfrac{f_R - f_E}{f_R}$.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).