SON ET EFFET DOPPLER

— TERMINALE – PHYSIQUE-CHIMIE —

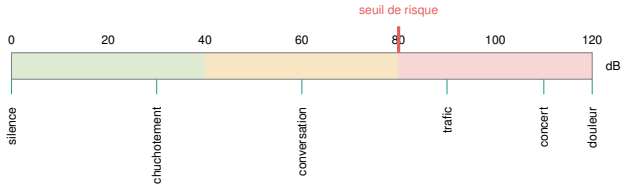
1. INTENSITÉ ET NIVEAU D'INTENSITÉ SONORE

L'**intensité sonore** I ($\mathrm{W/m^2}$) est la puissance reçue par unité de surface. L'oreille couvre 12 ordres de grandeur : échelle **logarithmique**.

$$L = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right) \qquad I = I_0 \times 10^{L/10}$$

$I_0 = 1{,}0 \times 10^{-12}\,\mathrm{W/m^2}$ (seuil d'audibilité à 1 kHz).

- $I \times 10$: **+10 dB** ; $I \times 2$: **+3 dB** ;
- les niveaux **ne s'additionnent pas** : 60 dB + 60 dB = 63 dB.



Conversation et concert

$I = 1{,}0 \times 10^{-6}\,\mathrm{W/m^2}$: $L = 10\log(10^6) = 60\,\mathrm{dB}$.
$L = 105\,\mathrm{dB}$: $I = 10^{-12} \times 10^{10{,}5} = 3{,}2 \times 10^{-2}\,\mathrm{W/m^2}$, soit $3{,}2 \times 10^4$ fois plus intense pour seulement +45 dB.

2. L'ATTÉNUATION

$$A = L_1 - L_2\ \text{(dB)} \qquad I = \frac{\mathcal{P}}{4\pi d^2}$$

- **géométrique** : étalement de l'énergie sur une sphère ; I en $1/d^2$: **doubler la distance : -6 dB** ;
- **par absorption** : le milieu convertit l'énergie sonore en énergie thermique (isolants phoniques) ;
- les atténuations **s'additionnent en dB**.

Enceinte de 0,50 W

$d_1 = 2{,}0\,\mathrm{m}$: $I_1 = 9{,}9 \times 10^{-3}\,\mathrm{W/m^2}$, $L_1 = 100\,\mathrm{dB}$
$d_2 = 8{,}0\,\mathrm{m}$: $I_2 = 6{,}2 \times 10^{-4}\,\mathrm{W/m^2}$, $L_2 = 88\,\mathrm{dB}$
$A = 12\,\mathrm{dB}$: distance $\times 4 = 2 \times 2$, soit $2 \times (-6)$ dB.

Cloison de 28 dB : de 95 dB à 67 dB ; l'intensité est divisée par $10^{2{,}8} \approx 630$.

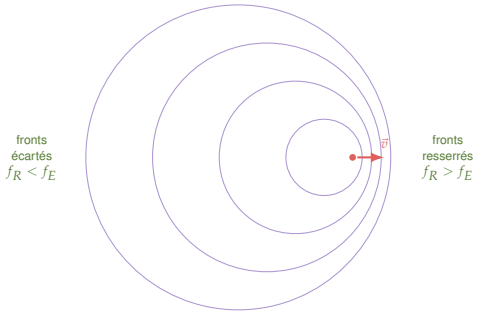
3. L'EFFET DOPPLER

Modification de la **fréquence perçue** quand source et observateur sont en **mouvement relatif** : plus **haute** à l'approche, plus **basse** à l'éloignement. La longueur d'onde perçue change ; la **célérité** c, fixée par le milieu, **ne change pas**.

Source à la vitesse v, observateur fixe : $\lambda_R = (c - v)T_E$ à l'approche :

$$f_R = f_E\frac{c}{c - v}\ \text{(approche)} \qquad f_R = f_E\frac{c}{c + v}\ \text{(éloignement)}$$

Si $v \ll c$: $\dfrac{\Delta f}{f_E} \approx \dfrac{v}{c}$.



Ambulance : $f_E = 700\,\mathrm{Hz}$, $v = 25\,\mathrm{m/s}$

approche : $f_R = 700 \times \frac{340}{315} = 756\,\mathrm{Hz}$
éloignement : $f_R = 700 \times \frac{340}{365} = 652\,\mathrm{Hz}$
L'ambulancier entend toujours 700 Hz.

4. APPLICATIONS DU DÉCALAGE DOPPLER

Toutes les ondes, y compris la lumière ($v \ll c$) :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Objet qui s'éloigne : spectre décalé vers le **rouge** ; qui s'approche : vers le **bleu**.

- **radar** routier (onde réfléchie par le véhicule) ;
- **échographie Doppler** (vitesse du sang) ;
- **astrophysique** : expansion de l'Univers.

Vitesse de fuite d'une galaxie

Raie H : $\lambda_0 = 656{,}3\,\mathrm{nm}$, observée à $662{,}9\,\mathrm{nm}$: elle a augmenté, la galaxie s'**éloigne**.
$v = c\dfrac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = 3{,}00 \times 10^8 \times \dfrac{6{,}6}{656{,}3} = 3{,}0 \times 10^6\,\mathrm{m/s}$
$v/c = 10^{-2}$: approximation justifiée.

À RETENIR

$L = 10\log\frac{I}{I_0}$, $I_0 = 10^{-12}$ W/m².

$\times 10$: +10 dB ; $\times 2$: +3 dB.

Distance doublée : -6 dB.

$f_R = f_E\frac{c}{c \mp v}$; $\frac{\Delta f}{f} \approx \frac{v}{c}$.

c dépend du milieu, pas de la source.

pierre-carree.fr