

Fiche : Ondes sonores : intensité, niveau sonore et effet Doppler

FICHE • P13 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Un son est une onde mécanique progressive : il transporte de l'énergie sans transporter de matière et ne se propage pas dans le vide.
- La longueur d'onde vaut $\lambda = c / f$; la fréquence est fixée par la source, la célérité par le milieu (environ $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dans l'air, $1540 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dans les tissus mous).
- L'oreille humaine perçoit les fréquences comprises entre environ 20 Hz et 20 kHz ; au-delà se trouvent les ultrasons.
- L'intensité sonore est la puissance reçue par unité de surface : $I = P / S$, en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.
- Pour une source ponctuelle isotrope sans absorption, $I = P / (4\pi r^2)$: l'intensité est inversement proportionnelle au carré de la distance.
- Le niveau d'intensité sonore vaut $L = 10 \log(I / I_0)$, en dB, avec $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; réciproquement, $I = I_0 \times 10^{L/10}$.
- Multiplier l'intensité par 10 ajoute 10 dB, la multiplier par 2 ajoute environ 3 dB.
- Pour plusieurs sources indépendantes, ce sont les intensités qui s'additionnent, jamais les niveaux.
- L'atténuation entre deux niveaux vaut $A = L_1 - L_2 = 10 \log(I_1 / I_2)$; doubler la distance à une source ponctuelle atténue d'environ 6 dB.
- L'absorption convertit une partie de l'énergie sonore en énergie interne du milieu ; en échographie, elle croît avec la profondeur et la fréquence.
- L'effet Doppler est la modification de la fréquence reçue quand émetteur et récepteur se déplacent l'un par rapport à l'autre : plus aiguë au rapprochement, plus grave à l'éloignement.
- Pour un émetteur mobile et un récepteur fixe, $f(R) = f(E) \times c / (c - v)$ au rapprochement et $f(R) = f(E) \times c / (c + v)$ à l'éloignement.
- Si v est très petite devant c , le décalage vaut $\Delta f \approx f(E) \times v / c$ en valeur absolue.



- Pour une onde réfléchiée par un objet mobile (radar, échographie Doppler), le décalage est doublé : $\Delta f \approx 2 f(E) v \cos \theta / c$.

Formules et définitions à connaître

Grandeur	Formule	Unité	Condition de validité
Longueur d'onde	$\lambda = c / f = c T$	m	onde périodique
Intensité sonore	$I = P / S$	$W \cdot m^{-2}$	surface perpendiculaire à la propagation
Source ponctuelle	$I = P / (4\pi r^2)$	$W \cdot m^{-2}$	source isotrope, pas d'absorption
Niveau sonore	$L = 10 \log(I / I_0), I_0 = 1,0 \times 10^{-12} W \cdot m^{-2}$	dB	toujours
Intensité depuis le niveau	$I = I_0 \times 10^{L/10}$	$W \cdot m^{-2}$	toujours
Plusieurs sources	$I(\text{totale}) = I_1 + I_2 + \dots$	$W \cdot m^{-2}$	sources indépendantes
Atténuation	$A = L_1 - L_2 = 10 \log(I_1 / I_2)$	dB	toujours
Doppler, rapprochement	$f(R) = f(E) \times c / (c - v)$	Hz	émetteur mobile, récepteur fixe, une dimension
Doppler, éloignement	$f(R) = f(E) \times c / (c + v)$	Hz	émetteur mobile, récepteur fixe, une dimension
Décalage approché	$\Delta f \approx f(E) \times v / c$ (en valeur absolue)	Hz	v très petite devant c
Radar, échographie	$\Delta f \approx 2 f(E) v \cos \theta / c$	Hz	onde réfléchiée, v très petite devant c

Pièges à éviter

- Additionner des décibels : deux sources de 70 dB donnent 73 dB, pas 140 dB.
- Confondre intensité sonore ($W \cdot m^{-2}$) et niveau d'intensité sonore (dB).
- Croire que 0 dB signifie l'absence de son : c'est le seuil d'audibilité.



- Oublier que l'intensité varie en $1/r^2$: doubler la distance retire 6 dB, pas 3 dB.
- Inverser $c - v$ et $c + v$: au rapprochement, la fréquence reçue doit être plus grande.
- Oublier le facteur 2 pour une onde réfléchie et le facteur $\cos \theta$ en échographie Doppler.

Je me teste

1. Que vaut l'intensité correspondant à 80 dB ? $\rightarrow 1,0 \times 10^{-4} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.
2. De combien augmente le niveau si l'intensité est multipliée par 100 ? $\rightarrow$ De 20 dB.
3. Quel niveau donnent deux sources identiques de 60 dB ? $\rightarrow$ Environ 63 dB.
4. Comment varie l'intensité quand on triple la distance à une source ponctuelle ? $\rightarrow$ Elle est divisée par 9.
5. Que signifie une atténuation de 30 dB ? $\rightarrow$ L'intensité est divisée par 1 000.
6. Une sirène s'approche : le son perçu est-il plus aigu ou plus grave ? $\rightarrow$ Plus aigu.
7. Quelle est la fréquence reçue d'un émetteur qui s'éloigne ? $\rightarrow f(R) = f(E) \times c / (c + v)$.
8. Quand peut-on écrire $\Delta f \approx f(E) v / c$? $\rightarrow$ Quand v est très petite devant c .
9. Pourquoi un facteur 2 apparaît-il pour un radar ? $\rightarrow$ L'objet reçoit l'onde en mouvement puis la renvoie en mouvement : deux décalages.
10. Quel décalage mesure-t-on avec un faisceau perpendiculaire au vaisseau ? $\rightarrow$ Aucun, car $\cos 90^\circ = 0$.