

A2 INTENSITÉ SONORE

Comment traduire la sensation auditive et comment elle évolue-t-elle en fonction de l'intensité sonore ?

Doc 1 b

I/ Intensité sonore I ($W \cdot m^{-2}$), et puissance sonore P (W)

Doc 1 a

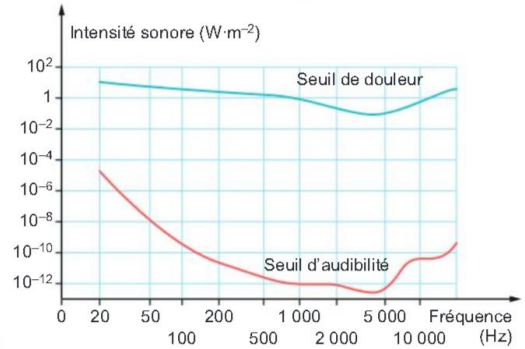
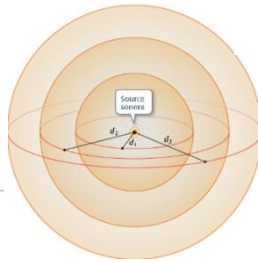
L'intensité sonore I correspond à la puissance sonore par unité de surface. L'intensité sonore la plus faible perceptible par l'oreille humaine est de l'ordre de $10^{-12} W \cdot m^{-2}$ (watt par mètre carré). Le seuil de douleur est lui fixé à $1 W \cdot m^{-2}$.

DONNÉES

Intensité sonore: $I = \frac{P}{S}$ avec I en $W \cdot m^{-2}$, P la puissance sonore en watt (W) et S l'aire en mètre carré (m^2).

Puissance sonore P : quotient de l'énergie \mathcal{E} en joule (J) par la durée Δt en seconde (s).

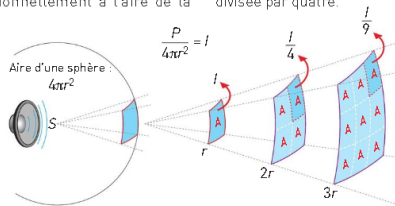
Lorsque les ondes s'éloignent de la source dans toutes les directions, la puissance totale P_{tot} émise par la source est répartie sur une sphère de rayon d , égale à la distance parcourue par les ondes. On peut faire un parallèle entre l'intensité sonore et la puissance solaire par unité de surface. En effet, à une distance d du Soleil, la puissance solaire par unité de surface est la puissance reçue par une surface de $1 m^2$ sur la sphère céleste de rayon d centrée sur le Soleil (voir unité 1, chapitre 5).



Doc 1 c

Définition de l'intensité acoustique.

Une source sonore produit une **puissance sonore** (unité : watt) qui, s'il n'y a pas d'obstacle, se propage dans toutes les directions. L'**intensité sonore** (unité : $W \cdot m^{-2}$) diminue proportionnellement à l'aire de la surface sur laquelle la puissance se répartit au fur et à mesure que l'onde sonore s'éloigne de la source. Si la distance parcourue double, la surface quadruple, et l'intensité sonore est divisée par quatre.



Doc 1 d

Puissance et intensité sonores

Exploitation des documents

1°) a) De quels paramètres dépend l'intensité sonore ? Justifier que son unité soit en $W \cdot m^{-2}$

L'intensité sonore est la puissance sonore par unité de surface, elle dépend de la puissance sonore en Watts W et de la surface en m^2 , donc elle s'exprime en W/m^2 ou $W \cdot m^{-2}$

b) Montrer que si $r' = 2r$ l'intensité sonore I' est bien divisée par 4 par rapport à I

On a une puissance P pour une distance r

Soit une distance $r' = 2r$ Alors

$$I' = \frac{P}{S} = \frac{P}{4 \times \pi \times r'^2} = \frac{P}{4 \times \pi \times (2 \times r)^2} = \frac{P}{4 \times \pi \times 4 \times r^2} = \frac{1}{4} \times \frac{P}{4 \times \pi \times r^2} = \frac{I}{4}$$

c) Que devient l'intensité sonore si la distance initiale est multipliée par 4 ?

De la même façon si la distance initiale est multipliée par 4, l'intensité sonore est divisée par 16

2°) a) Rappeler le domaine fréquences audibles par l'oreille humaine

Domaine de fréquence audible 20Hz à 20 000 Hz ou 20kHz

b) Quelle est la plus faible valeur d'intensité sonore perçue par l'oreille humaine ?

D'après le texte (et le graphique) la plus faible valeur d'intensité sonore perçue par l'oreille humaine est $I_0 = 10^{-12} W \cdot m^{-2}$

c) Quelle est l'intensité du seuil de douleur ?

L'intensité du seuil de douleur est $I_{douleur} = 1 W \cdot m^{-2}$

II/ Intensité sonore I (W.m⁻²) et Niveau d'intensité sonore L (dB)

Doc 2a Intensité et niveau d'intensité sonores

Un son peut être caractérisé par son intensité sonore, notée I . Cette grandeur varie généralement entre $10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (seuil d'audibilité) et $1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (son intense), voire plus.

Ces valeurs, généralement exprimées en utilisant la notation scientifique et les puissances de 10, sont peu pratiques à manipuler. L'utilisation de la fonction logarithme décimal (\log) permet de transposer les intensités sonores en niveau d'intensité sonore L (ou niveau sonore), grandeur exprimée en décibels (dB).

$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$, où I_0 (intensité sonore minimale audible) vaut $10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Connaissant la propriété suivante : $\log(10^a) = a$, on montre par exemple qu'une intensité sonore de $10^{-7} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (intensité sonore moyenne dans une salle de classe) correspond à un niveau sonore de 50 dB :

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = 10 \times \log\left(\frac{10^{-7}}{10^{-12}}\right) = 10 \times \log 10^5 = 50 \text{ dB}$$

Le niveau sonore traduit ainsi l'intensité d'un son sans utiliser la notation scientifique, ce qui le rend plus pratique à manier.

À SAVOIR

Le nom « décibel » rend hommage à l'ingénieur américain Alexander Graham Bell (1847-1922), pionnier dans l'invention de la téléphonie. Le niveau sonore 0 correspondant à la limite d'audibilité de l'oreille humaine.

- L est l'initiale de Level en anglais
- Il existe des applications sonomètre téléchargeables sur les smartphones

Doc 2b



Le niveau sonore se mesure à l'aide d'un sonomètre. L'appareil mesure la pression acoustique et affiche le niveau sonore en décibels à l'écran.

Doc 2c

1°)

a) Compléter le tableau suivant en utilisant la touche « log » de votre calculatrice.

$I \text{ (W.m}^{-2}\text{)}$	10^{-12}	10^{-10}	10^{-8}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}	1	100
(I/I_0)	1	100	10000	10^6	10^8	10^{10}	10^{12}	10^{14}
$\log(I/I_0)$	0	2	4	6	8	10	12	14
$10 \times \log(I/I_0)$	0	20	40	60	80	100	120	140

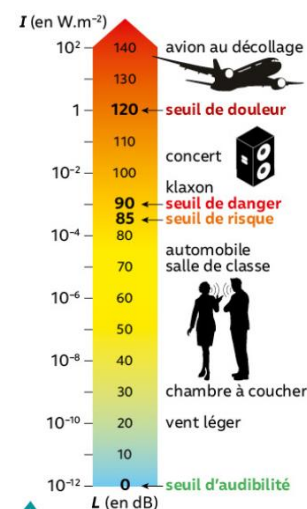
b) Retrouvez-vous les valeurs de niveau d'intensité sonore du document ci-contre ? (Doc 2d)

Oui elles correspondent. Exemple $I=1 \text{ W.m}^{-2} \Rightarrow L=120 \text{ dB}$

c) Quelle est l'unité de niveau d'intensité sonore ? Pourquoi utilise-t-on cette unité ?

On utilise le décibel car les valeurs sont plus simples à manipuler plutôt que les puissances de 10 de grande valeur.




Doc 2d

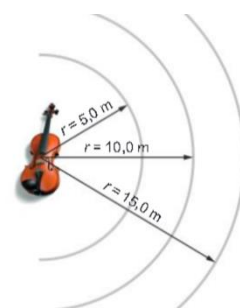


e. Échelles d'intensité sonore I et de niveau d'intensité sonore L

Lors d'un concert, comment varient l'intensité sonore et le niveau d'intensité sonore en fonction de la distance et du nombre d'instruments ?

Un spectateur est placé à 5m des instrumentistes. Les violons jouent la même note (880 Hz) avec la même intensité.

Nombre d'instruments	Intensité sonore perçue (W.m^{-2})	Niveau d'intensité sonore L (dB)
	$1,0 \cdot 10^{-5}$	70,0 dB
	$2,0 \cdot 10^{-5}$	73,0 dB
	$3,0 \cdot 10^{-5}$	74,8 dB



Un seul violon joue pour des spectateurs situés à différentes distances de l'instrumentiste

Distance du spectateur	Intensité sonore perçue ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	Niveau d'intensité sonore L (dB)
5,0 m	$1,0\cdot 10^{-5}$	70,0 dB
10,0 m	$2,5\cdot 10^{-6}$	64,0 dB
15,0 m	$1,1\cdot 10^{-6}$	60,5 dB

1°) Lorsque 2 instruments jouent ensemble, les intensités sonores s'additionnent-elles ?

Le niveau d'intensité sonore est-il doublé ?

On additionne les intensités sonores mais le niveau d'intensité augmente de 3dB

2°) Montrer par le calcul que si 3 violons jouent ensemble on obtient bien un niveau d'intensité sonore de 74,8 dB

$$L = 10 \times \log (I/I_0) = 10 \times \log (3 \cdot 10^{-5} / 10^{-12}) = 10 \times \log (3 \cdot 10^7) = 74,8 \text{ dB}$$

3°) Pour la fréquence de la note jouée, à partir du doc 1b déterminer quel est l'intensité du seuil de douleur ?

Pour 880 Hz $I_{\text{douleur}} = 1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

Quel est le niveau d'intensité sonore correspondant ?

$$L = 120 \text{ dB}$$

Combien faudrait-il de violon pour attendre cette intensité sonore ? Un orchestre comprend en général une trentaine de violons. Les spectateurs risquent-ils un danger ?

Pour attendre $I = 1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ il faudrait $1/10^{-5} = 100\,000$ violons (je divise l'intensité attendue par l'intensité produite par un seul violon pour avoir le nombre de violons)

Pas de danger pour les spectateurs.