



## Chapitre B1 – Atténuation d'une onde sonore



### Se positionner

- 1 . Le son est une onde mécanique :      ① VRAI      ② FAUX
- 2 . La relation entre énergie et puissance est :      ①  $E = P$       ②  $E = P \times \Delta t$       ③  $P = E \times \Delta t$
- 3 . L'unité de la puissance est      ① le joule (J)      ② le watt (W)      ③ le watt-heure (Wh)
- 4 . L'unité de l'intensité sonore est      ① le  $W \cdot m^{-2}$       ② le dB      ③ le hertz (Hz)
- 5 . L'unité du niveau d'intensité sonore est ① le  $W \cdot m^{-2}$       ② le dB      ③ le hertz (Hz)
- 6 . L'intensité sonore est liée à
  - ① l'amplitude de l'onde sonore      ② la fréquence de l'onde sonore
  - ③ la vitesse de l'onde sonore      ④ la distance qui nous sépare de la source

### Activité 1. Pourquoi un son est-il perçu moins fort quand on s'éloigne ?

Le caractère fort ou faible d'un son perçu est lié à la puissance reçue sur le récepteur (l'énergie par unité de temps). Par exemple si la puissance reçue par notre tympan augmente, on perçoit un son plus fort.

On modélise la propagation d'un son bref dans toutes les directions. On suppose que ce son est produit avec une puissance notée  $P_0$  émise à l'endroit où se trouve la source.

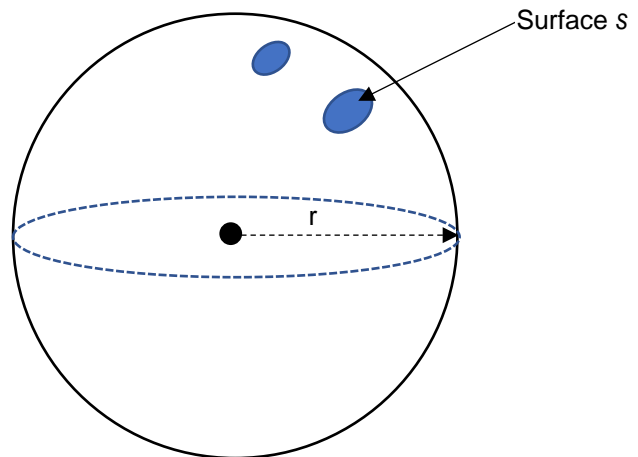
Du fait de la conservation de l'énergie, cette puissance se trouve également répartie sur une sphère de rayon  $r$  lorsque le son a parcouru la distance  $r$ . La puissance sonore est donc répartie sur une sphère de plus en plus grande, de surface  $S = 4\pi r^2$  si  $r$  est la distance entre la source et l'endroit où on considère que le son est parvenu (schéma ci-contre)

1. Sur cette sphère, si on double la surface du récepteur, comment évolue la puissance reçue ?

#### Activité 1 – suite

Pourtant, deux personnes qui n'ont pas tout à faire la même taille de tympan, situées au même endroit, perçoivent deux intensités sonores identiques pour un même son, alors que la puissance reçue n'est pas la même... **La puissance n'est donc pas la bonne grandeur pour décrire la perception fort/faible.**

**L'intensité sonore** est une grandeur qui a été créée pour caractériser ce caractère fort ou faible **indépendamment de la surface du récepteur.**



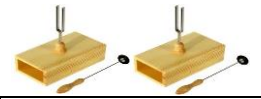
2. En tenant compte du fait que la puissance  $P$  reçue par une surface  $s$  est proportionnelle à la surface  $s$ , proposer une expression pour l'intensité sonore : on cherche donc une grandeur indépendante de la surface du récepteur. Aide : on pourra s'aider de l'unité connue pour l'intensité.
3. En considérant que la puissance est uniformément répartie sur la sphère, exprimer l'intensité sonore « perçue » en n'importe quel point de la surface.
4. En déduire l'expression de l'intensité sonore du son en tout point distant de la distance  $r$  de la source.
5. Utiliser cette expression pour justifier qu'on parle d'*atténuation géométrique* du son.
6. Une source émet une onde sonore de puissance  $P_0 = 2,0 \text{ W}$  dans toutes les directions. Calculer la valeur de l'intensité sonore à  $r_1 = 2,0 \text{ m}$  de la source, puis à  $r_2 = 4,0 \text{ m}$  de la source.

**Pour aller plus loin :** En utilisant le fait que l'intensité sonore sur la surface  $S$  est la même que l'intensité sonore sur toute la surface de la sphère, exprimer la  $P$  en fonction de  $P_0$ ,  $s$  et  $r$



## Activité 2. Deux sources doublent-elles notre perception ?

On dispose de deux diapasons identiques. Le premier diapason est frappé. Peu après, le second diapason est frappé de la même façon. **Quel changement de perception auditive ?**



	Prévision	Après expérience
le son est deux fois plus fort	1 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
le son est légèrement plus fort	2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
le son est plus faible	3 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
rien ne change	4 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Après écoute, remplir la case correspondant à votre perception dans la colonne de droite.  
Écrire une phrase de conclusion.

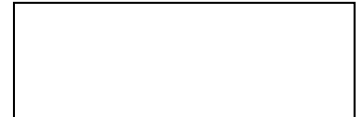
### Activité 2 – suite

Pourtant, l'intensité sonore étant proportionnelle à la puissance, *deux sources d'intensité sonore  $I$  sont équivalentes à une source d'intensité sonore  $2 \times I$ . Elle ne rend donc pas compte de ce qu'on perçoit.*

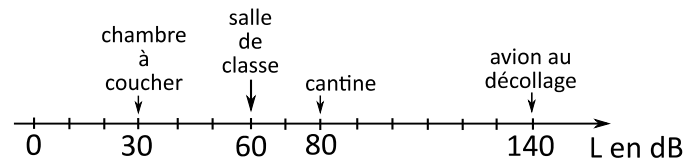
**Le niveau d'intensité sonore noté  $L$  est la grandeur physique qui s'exprime en décibels (dB) et qui modélise la manière dont notre oreille perçoit le caractère plus ou moins fort d'un son.**

Si l'intensité sonore peut être vue comme la grandeur physique, le niveau d'intensité sonore peut être vu comme la grandeur « physiologique ».

La relation entre le niveau d'intensité sonore et l'intensité sonore est :  
où  $I_0 = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$  : c'est l'intensité minimale audible (seuil d'audibilité).



Une intensité de  $1 \text{ W.m}^{-2}$  fixe le « seuil de la douleur », intensité au-delà de laquelle des dommages peuvent intervenir au niveau du tympan.



- Compléter l'échelle d'intensité acoustique ci-dessous en faisant figurer les seuils d'audibilité et de la douleur.
- Calculer, sans calculatrice, le niveau d'intensité acoustique d'un son d'intensité  $I = 10^{-3} \text{ W/m}^2$  (cas d'une discothèque).
- Mesurer avec votre smartphone ou avec un sonomètre les niveaux d'intensité sonore correspondant aux situations suivantes :
  - Le silence le plus important possible dans la classe.
  - Travail de groupe.
  - Un seul haut-parleur en marche.
  - Deux haut-parleurs en marche émettant le même son.
- Calculer l'intensité sonore correspondant au plus faible niveau d'intensité sonore mesuré dans la classe.
- Montrer mathématiquement que lorsqu'on double l'intensité sonore (comme au début de l'activité), le niveau sonore augmente de 3 dB quelle que soit l'intensité sonore initiale, qu'on notera  $I_0$ .
- Interpréter alors l'impression auditive ressentie lorsqu'on branche un second haut-parleur.

Quelques propriétés de la fonction logarithme...  
La fonction  $\log$  a quelques propriétés particulières :  
 $\log(10^x) = x$   
Sa fonction réciproque est «  $10^x$  » :  
par exemple si  $\log(a) = 2$ , alors  $a = 10^2$   
 $\log(ab) = \log(a) + \log(b)$  ;  $\log(a/b) = \log(a) - \log(b)$   
 $\log(1) = 0$

**Activité 3. L'atténuation est-elle seulement due à la géométrie ?**

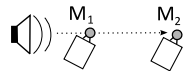
En plus de l'atténuation due à la propagation dans toutes les directions (qu'on appelle atténuation *géométrique*), une autre cause d'atténuation est responsable de la diminution de l'intensité : **l'absorption**, qui correspond à la perte d'énergie par dissipation au fur et à mesure de la propagation. On parle alors d'*atténuation par absorption*.

1. En utilisant le principe de conservation de l'énergie, indiquer une conséquence de cette absorption au sujet du milieu de propagation.
2. Proposer un dispositif expérimental qui permettrait de mettre en évidence cette atténuation par absorption seule (on pourra s'aider d'un schéma).

**Activité 3 – suite**

Pour quantifier le phénomène d'atténuation vu dans l'activité 1, on utilise une grandeur du même nom.

**L'atténuation sonore (notée  $A$ )** entre 2 points  $M_1$  et  $M_2$  est la différence de niveau d'intensité sonore entre  $M_1$  et  $M_2$  :  $A = \dots\dots\dots$   $A$  s'exprime en  $\dots\dots\dots$  ( $\dots\dots$ )



3. Une source émet un son. À 2 m d'elle, le niveau d'intensité est  $L_1 = 80$  dB.
  - a. Calculer la puissance sonore de la source.
  - b. En déduire l'intensité sonore à 4 m d'elle.
  - c. Calculer l'atténuation géométrique entre 2 m et 4 m.
4. Si on note  $I_1$  et  $I_2$  respectivement les intensités sonores en  $M_1$  et  $M_2$ , exprimer l'atténuation sonore entre  $M_1$  et  $M_2$  en fonction de  $I_1$  et  $I_2$ .

**Pour aller plus loin...**

Exprimer l'atténuation sonore entre un point situé à une distance  $d_1$  de la source et un point situé à distance de la source ( $d_2 > d_1$ ).