

# LE SON & L' AUDITION

*Pr. CHAKOURI M.*

FACULTE DE MEDECINE D'ORAN

2<sup>ème</sup> ANNÉE (2019/2020)

# Objectifs

- Définir un son
- Citer les caractéristiques d'un son
- Calculer et utiliser les unités sonores.

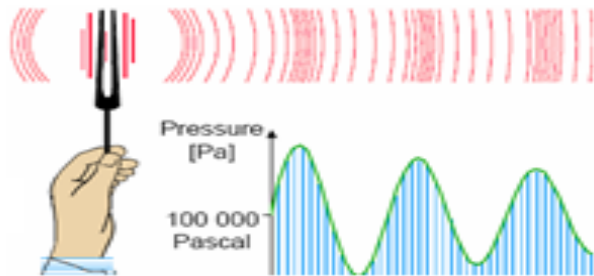
# PLAN

- Le son
- Définition de l'onde sonore
- Caractéristiques du son
- Types des sons
- Propriétés du son

# Le SON

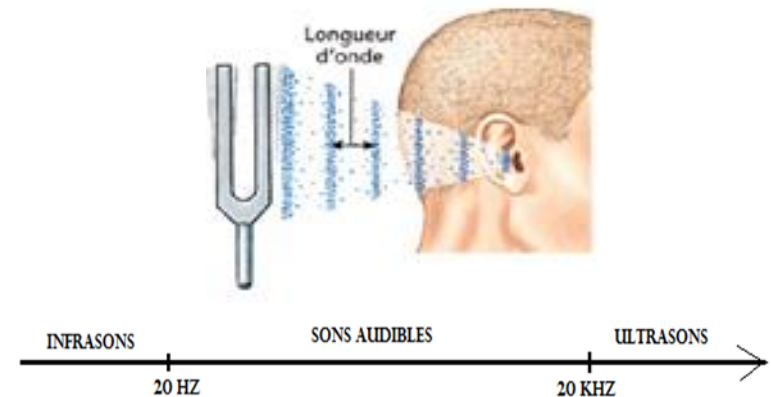
## ACOUSTIQUE

- mouvement périodique des atomes ou de molécules, se mouvement se propage dans l'air ou dans la matière mais pas dans le vide, et sa vitesse dépend du milieu.



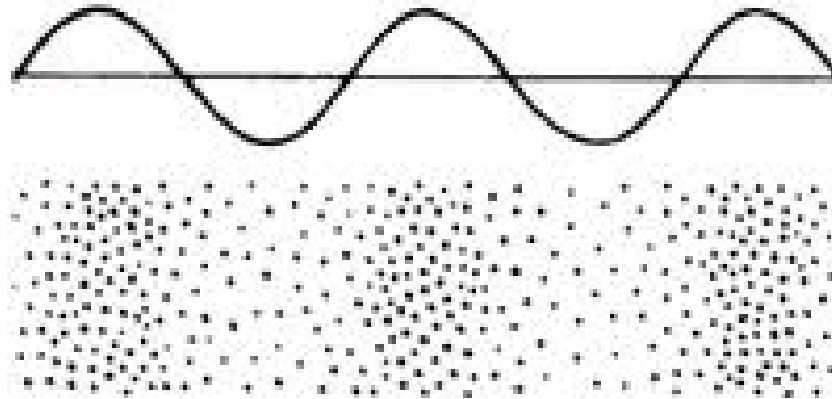
## AUDITION

- sensation provoquée par certaines vibrations ressentis comme sonore dans le domaine des sons audibles



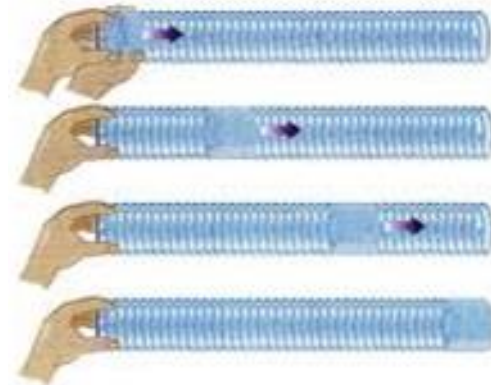
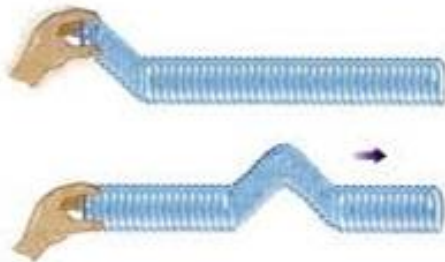
# l'onde sonore

- Onde mécanique.



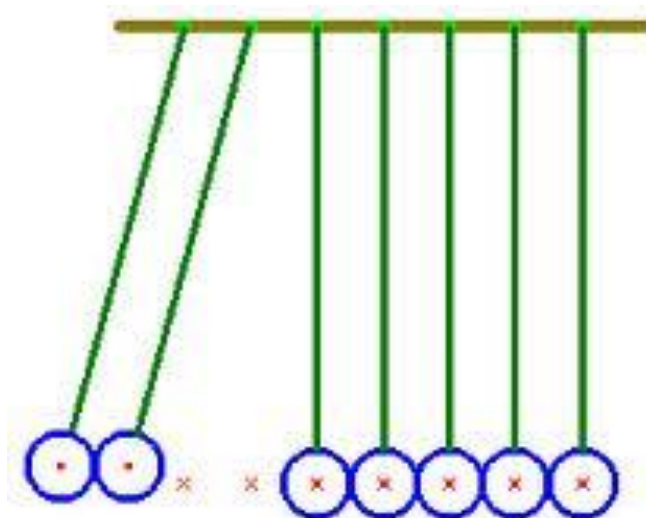
# l'onde sonore

- Longitudinale ou transversale



# l'onde sonore

- Propage dans un milieu matériel.



# l'onde sonore

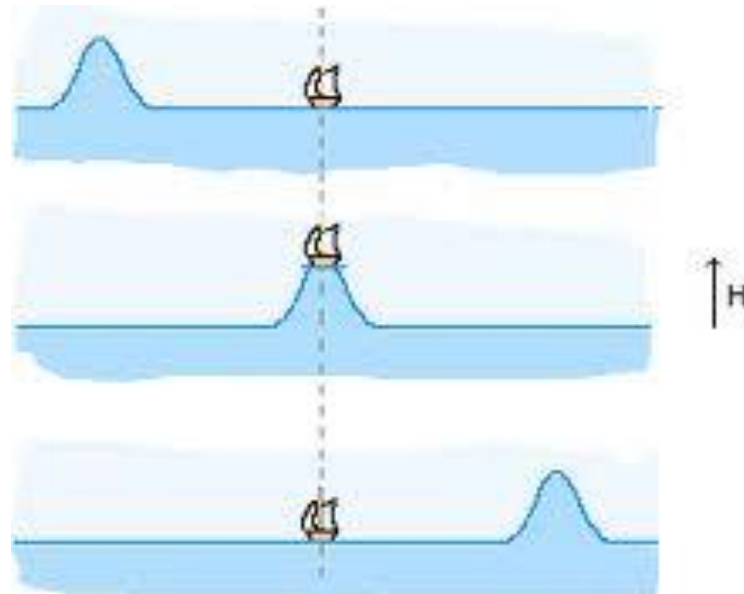
- Sa vitesse dépend de la nature du milieu.

<b>Matériaux</b>	<b>c (m/s)</b>
Air	340
Eau normal	1 450
Glace	3 200
Eau Douce	1430
Tissu osseux	3300
Tissu mou	1540



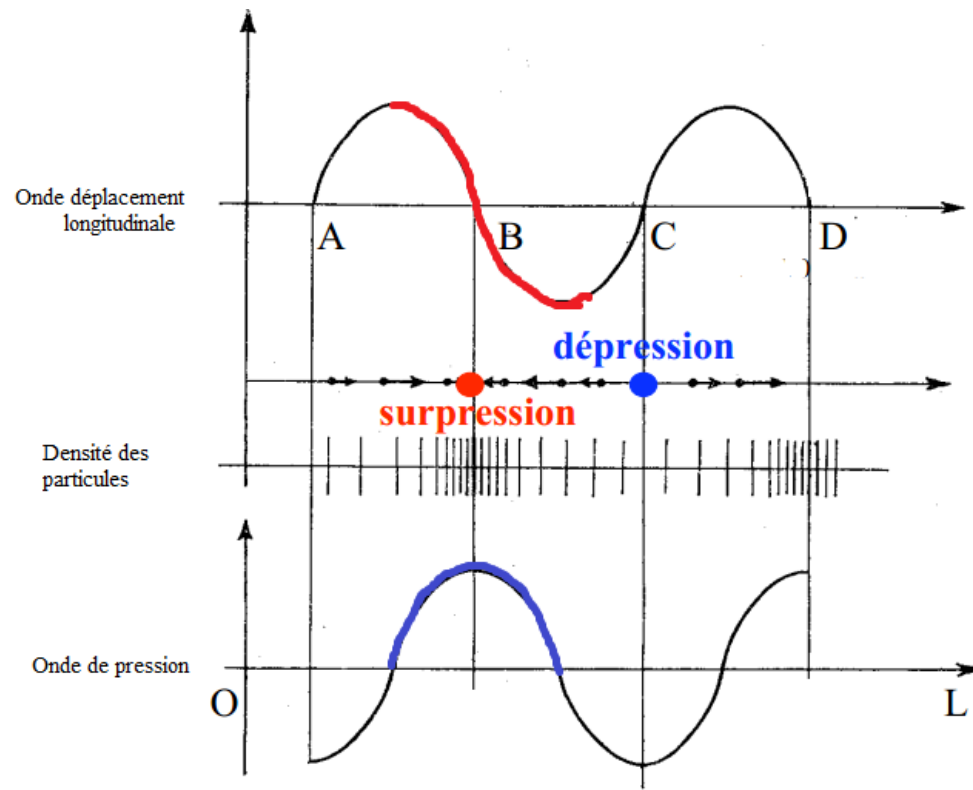
# l'onde sonore

- Pas de transport de la matière
- Transporte de l'énergie



# l'onde sonore

- S'accompagne de variation de pression du milieu.



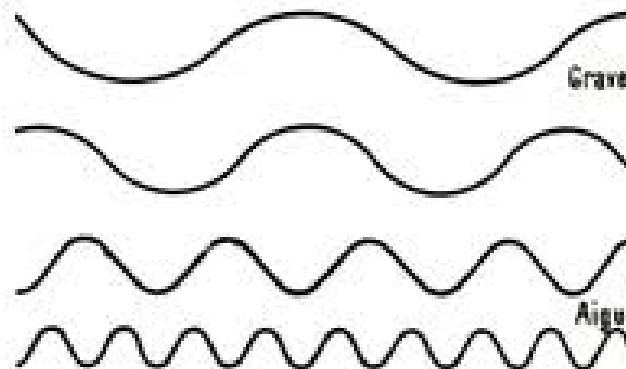
# CARACTÉRISTIQUES DU SON

- Fréquence (NU)
- Période (T)
- Longueur d'onde (LAMBDA)
- Amplitude (A)
- Phase
- Célérité (c)
- Spectre

# CARACTÉRISTIQUES DU SON

- **Fréquence  $\nu$**  : C'est le nombre de répétition d'un même état vibratoire (période) par unité de temps, son unité est l'Hertz (Hz).
- Ex : les sons audibles se situent en 20 Hz et 20000 Hz.

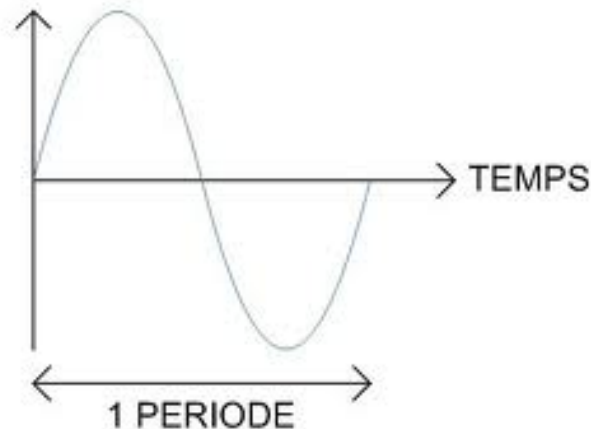
$$\nu = \frac{1}{\text{période}} = \frac{1}{T}$$



- *La fréquence ne change pas lorsqu'on passe d'un milieu à un autre.*

# CARACTÉRISTIQUES DU SON

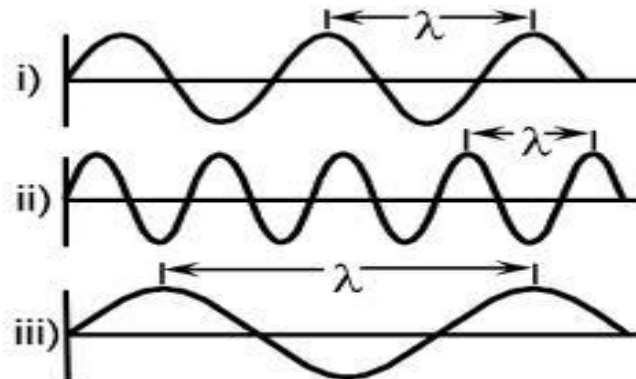
- **Période T**: c'est le temps qui s'écoule entre deux états vibratoires identiques consécutifs.



# CARACTÉRISTIQUES DU SON

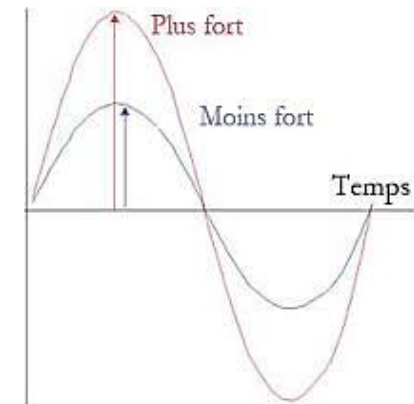
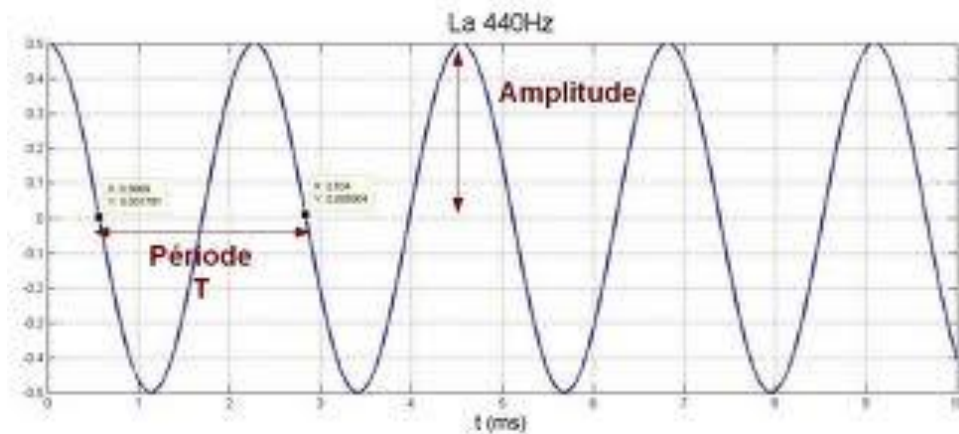
- **Longueur d'onde  $\lambda$**  : c'est la plus petite distance séparant deux points ayant le même état vibratoire, son unité est le mètre (m) ou c'est la distance parcourus durant une période.

$$\lambda = \frac{\text{célérité}}{\text{Fréquence}} = \frac{c}{\nu}$$



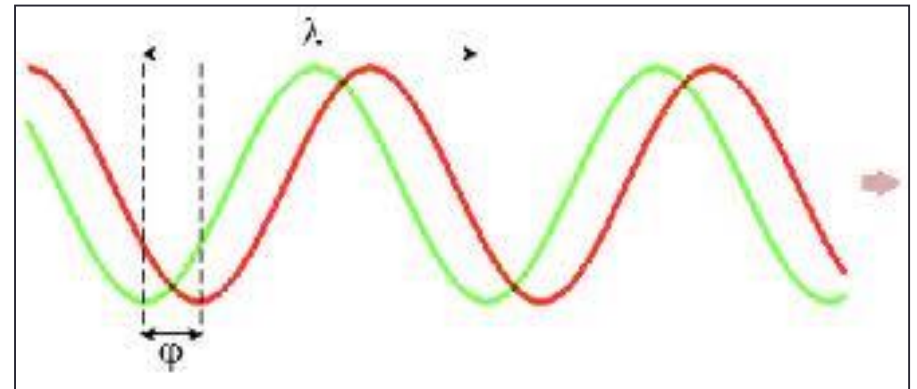
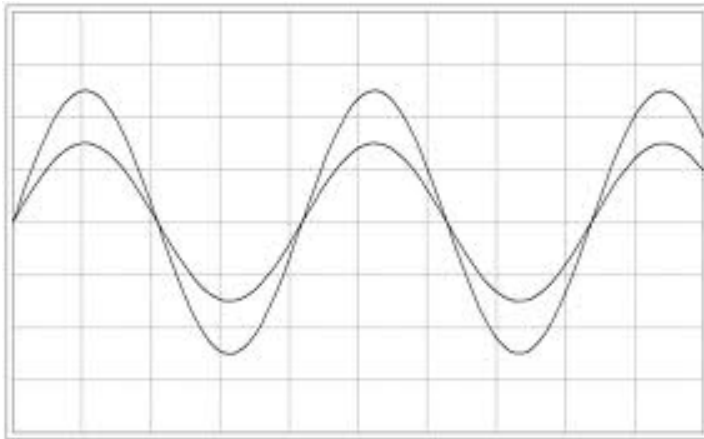
# CARACTÉRISTIQUES DU SON

- **Amplitude** : élongation maximale d'un point à partir de sa position d'équilibre.



# CARACTÉRISTIQUES DU SON

- **Phase** : ce dit de deux ondes sonores donc le maximum d'amplitude se produit au même moment.





# CARACTÉRISTIQUES DU SON

- **Célérité  $c$**  : c'est la vitesse de propagation de l'onde sur le long de sa direction, et qui dépend des caractéristiques du milieu (masse volumique, compressibilité).

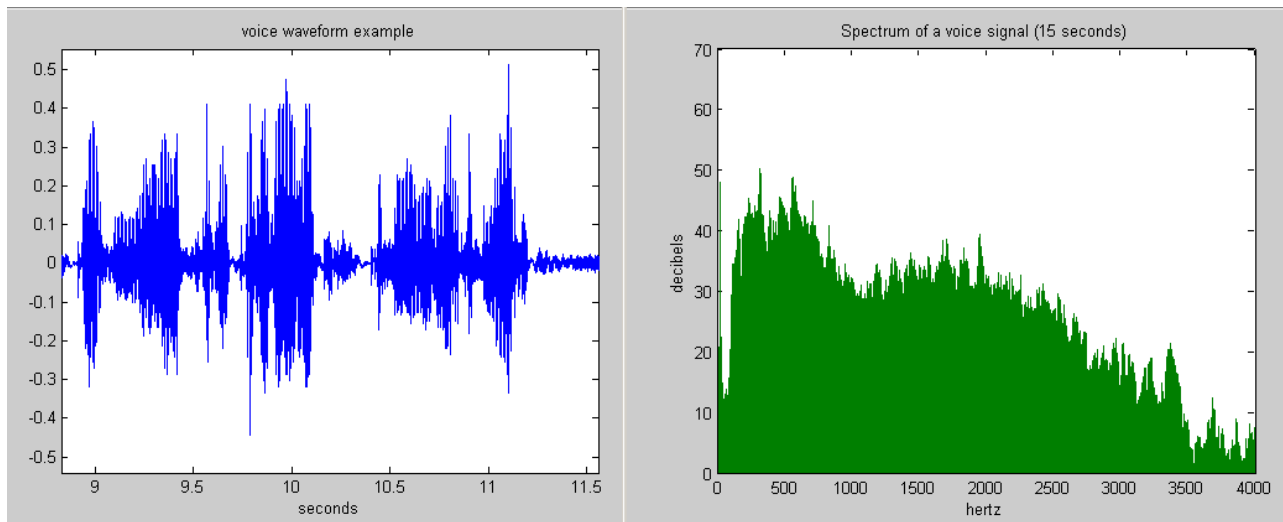
Elle est égale à **340 m/s** dans l'air, **1450 m/s** dans l'eau, **1540 m/s** dans les tissus et dans l'os **3300 m/s**. (*donc plus le milieu est dense plus la vitesse est grande*).

$$c = \frac{1}{\sqrt{\rho \chi}}$$

- $\chi$  = compressibilité
- $\rho$  = masse volumique

# CARACTÉRISTIQUES DU SON

- Spectre:



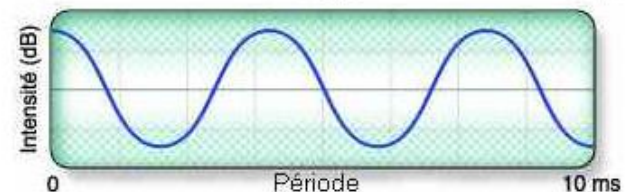
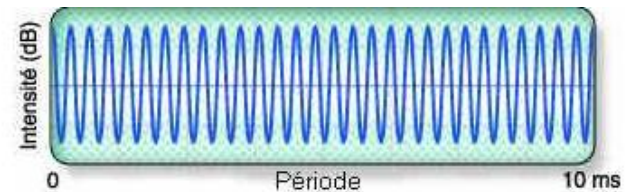
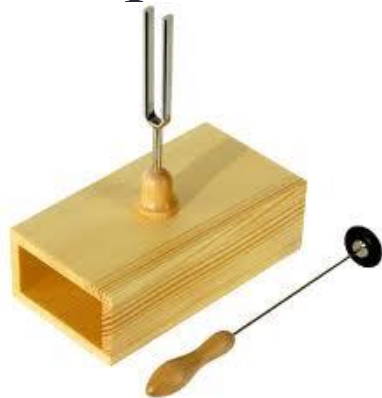
# LES TYPES DE SONS

- Les sons purs
- les sons complexes
- les sons transitoires

# LES TYPES DE SONS

## Les sons purs

- Son sinusoïdale et périodique,
- C'est des sons qui ont une sinusoïde unique (**une seule fréquence simple**). Ex : son du diapason.
- C'est les sons utilisés comme référence pour l'acoustique.

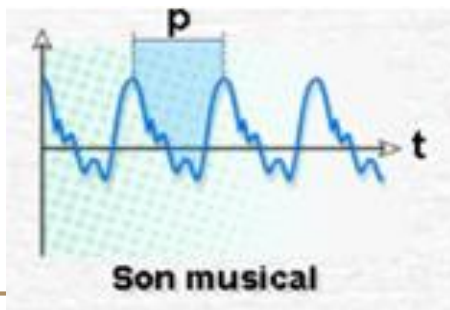


# LES TYPES DE SONS

## Les sons complexes

### SON MUSICAL

- les sons complexes peuvent soit réunir **plusieurs fréquences** qui sont des multiples entiers appelées (*harmoniques*) et sa donne un « son musical »
- C'est des sons périodiques non sinusoïdaux



### BRUIT

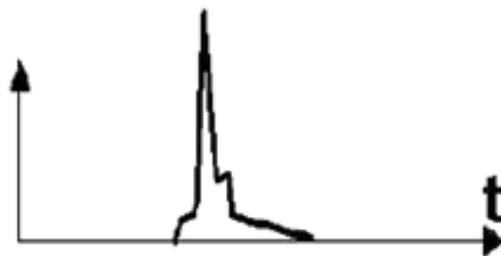
- le son ne possède pas de fréquence caractéristique et c'est un « bruit ».
- C'est des sons non périodiques et non sinusoïdaux.



# LES TYPES DE SONS

## Les sons transitoires

- C'est les sons qui s'installent progressivement avant d'atteindre un état vibratoire caractéristique et s'éteignent de la même façon. C'est des sons complexes non périodiques mais bref ou brusque



# PROPRIÉTÉS DU SON

- l'impédance ( $Z$ )
- Pression acoustique ( $P$ )
- Puissance surfacique ( $W$ )
- Intensité sonore ( $I$ )
- Propagation d'un milieu à un autre

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Impédance

- $Z$ , correspond à l'impédance acoustique et son unité est le Rayl ou  $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$

$$Z = \rho c$$

- $\rho$  étant exprimé en  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,
- $c$  en  $\text{m}/\text{s}$
- Exemple :  $Z_{\text{air}} = 400 \text{ rayls}$   
 $Z_{\text{eau}} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ rayls}$   
 $Z_{\text{os}} = 5 \cdot 10^6 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$



# PROPRIÉTÉS DU SON

## Pression acoustique

- Dans le cas d'un son pur, le déplacement des particules est longitudinale ou sinusoïdal.
- Il est accompagné par la variation, suivant l'axe de propagation, de la densité de particules et donc de la pression.
- Cette pression  $P$  dont l'unité est le pascal ( $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$ ) est appelée « pression acoustique ».

$$P = v \times \rho \times c$$

- $v$  : vitesse des particules mises en mouvement
- $\rho$  : La masse spécifique du fluide dans lequel se propage le son
- $c$  : la célérité du son dans ce milieu.
- Dans l'air, la gamme des pressions acoustiques rencontrées s'étend de  $2 \cdot 10^{-5}$  à 20 Pa.

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Puissance surfacique

- L'onde sonore correspond à un transport d'énergie.
- La puissance acoustique surfacique est la quantité d'énergie rapportée à l'unité de surface traversée et à l'unité de temps.
- Son unité est le  $W \cdot m^{-2}$

$$W = P \times v$$

- Lorsque  $v$  n'est pas connu

$$W = \frac{p^2}{\rho \times c}$$

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Puissance surfacique

- Comment?
- $P = v \times \rho \times c$  donc  $v = \frac{P}{\rho \times c}$  .....(1)
- $W = P \times v$ .....(2)
- On remplace (1) dans (2) et on a :

$$W = \frac{P^2}{\rho \times c}$$

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Puissance sonore ou intensité sonore

- Comme valeur standard l'American Standard Association a choisi le son de référence de puissance acoustique égale à  $10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , correspondant à un son pur de 1000 Hz juste audible.
- la mesure de la puissance ou l'intensité sonore d'un son en (**bels**) :

$$I (\text{bels}) = \log_{10} \frac{W}{W_0}$$

- Ou en **décibels (db)** Une échelle logarithmique décimale de mesure a été adoptée

$$I (\text{db}) = 10 \times \log_{10} \frac{W}{W_0} \quad \text{ou} \quad I (\text{db}) = 20 \times \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Puissance sonore ou intensité sonore

Exemple:

- Une pression acoustique de 2 PA entraîne un niveau sonore de :

$$20 \times \log [2 / 2 \times 10^{-5}] = 100 \text{ dB}$$

- Une pression acoustique de 0,02 PA (**soit 100 fois moindre**) entraîne un niveau sonore de :

$$20 \times \log [0,02 / 2 \times 10^{-5}] = 60 \text{ dB}$$

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Puissance sonore ou intensité sonore

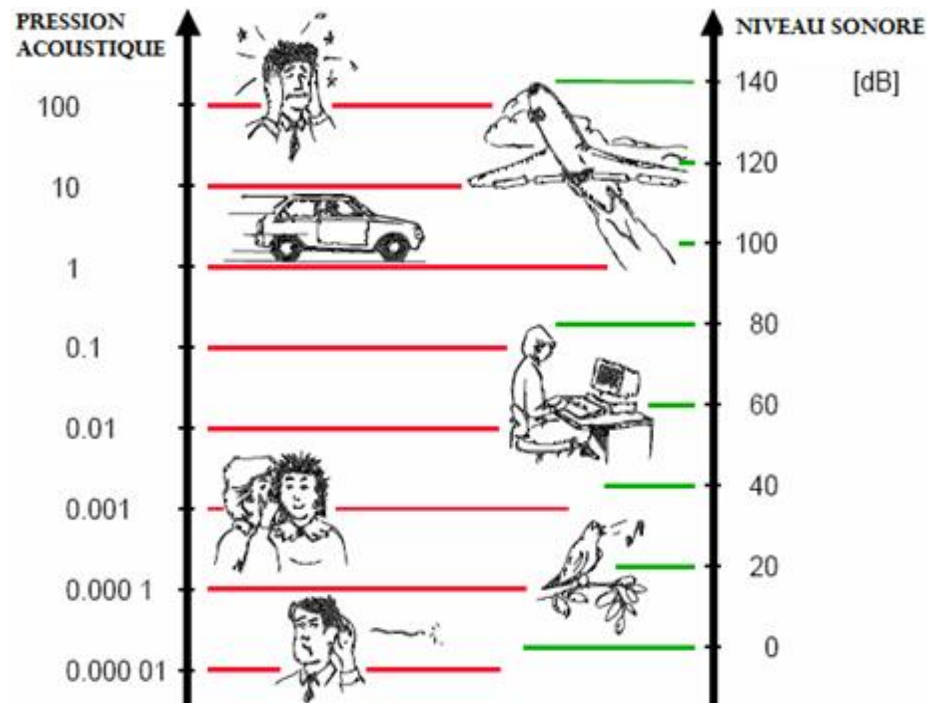
On peut pour chaque puissance surfacique mesurer et donner un niveau d'intensité équivalent (après l'avoir comparé à la puissance acoustique standard,

<u><math>W \cdot m^{-2}</math></u>	<u><math>N \cdot m^{-2}</math> (Pa)</u>	<u>dB</u>
<b><math>10^{-12}</math></b> .....	<b><math>2 \cdot 10^{-5}</math></b> .....	<b>0</b> .....
$10^{-10}$ .....	$2 \cdot 10^{-4}$ .....	20 .....
$10^{-8}$ .....	$2 \cdot 10^{-3}$ .....	40 .....
$10^{-6}$ .....	$2 \cdot 10^{-2}$ .....	60 .....
$10^{-4}$ .....	$2 \cdot 10^{-1}$ .....	80 .....
$10^{-2}$ .....	2 .....	100 .....
<b>1</b> .....	<b>20</b> .....	<b>120</b> .....
$10^2$ .....	200 .....	140 .....

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Puissance surfacique

- Ce qui permet de coder la gamme des sons audibles qui se situe entre 0 et 120 db.



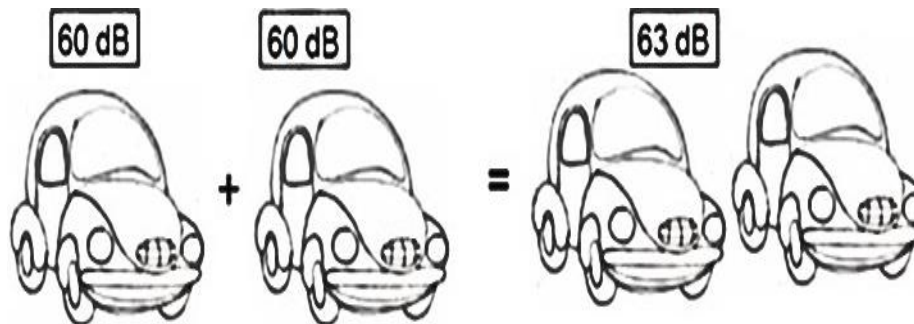
# Calcul

- Si une source sonore émet un son de 60 db
- Quel sera le niveau sonore de deux sources identiques?

$$I = 10 \times \log_{10} \frac{W+W}{W_0}$$

$$I = 10 \times \log_{10} \frac{2W}{W_0}$$

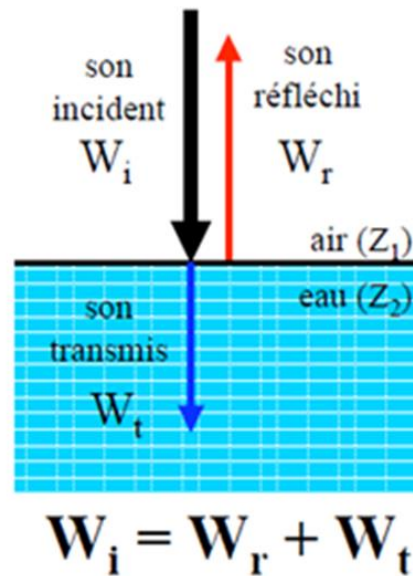
$$I = 10 \times \log_{10} 2 + 10 \times \log_{10} \frac{W}{W_0} = 3 + 60 = 63 \text{ db}$$





# PROPRIÉTÉS DU SON

## Propagation d'un milieu à un autre



$$R_n = \frac{W_r}{W_i} = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

pouvoir de réflexion

$$T_n = \frac{W_t}{W_i} = \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

pouvoir de transmission

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Absorption

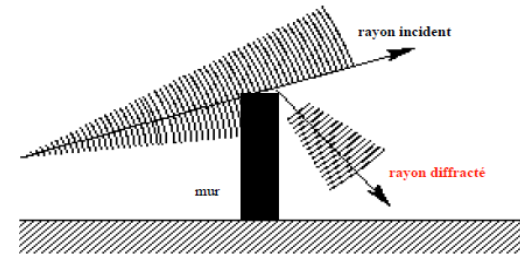
Le milieu peut absorber une partie de l'énergie acoustique soit par le frottement des molécules soit en conversion en chaleur.

Un son est d'autant plus absorbé que sa fréquence est plus grande et que le milieu a une masse volumique plus faible.

Les matériaux qui ne transmettent pas le son et les réfléchissent mal possèdent un coefficient d'absorption élevé (insonorisation)

# PROPRIÉTÉS DU SON

## Diffraction



C'est le comportement des ondes lorsqu'elles rencontrent un obstacle. C'est l'obstacle qui arrive à diffuser une partie du son

La diffraction est importante si la taille de l'obstacle est très petite vis-à-vis de la longueur d'onde

La diffraction est importante pour les basses fréquences

# Merci pour votre écoute

Sinon merci de m'entendre