

## Chapitre 3 : Emission et perception d'un son

### Cours

#### 1. L'émission et la propagation d'un signal sonore

##### a. Emission et propagation d'un signal sonore

Un son peut être émis par une corde vocale, une corde d'instrument, la membrane d'un haut-parleur etc. Les molécules voisines de l'objet vibrant sont obligées de suivre ce mouvement.

L'onde sonore se propage progressivement (exemple sur la figure 1).

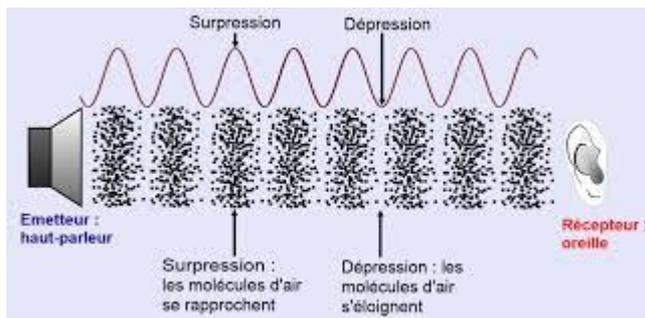


Figure 1

Vidéo prouvant la nécessité d'un milieu matériel pour la propagation du son :

<https://youtu.be/KokOyiwXRvU>

##### b. Vitesse de propagation

La vitesse de propagation d'un signal sonore dépend du milieu de propagation. La valeur de la vitesse du son dans l'air est voisine de  $340 \text{ m.s}^{-1}$ .

La valeur de la vitesse de propagation augmente avec la densité du milieu (voir tableau en dessous).

Milieu	Air	Eau liquide	Verre	Acier
V ( $\text{m.s}^{-1}$ )	340	1500	5300	5800

Vocabulaire : Pour une onde on utilise parfois le mot célérité à la place du mot vitesse. Ce dernier est plutôt réservé aux objets qui se déplacent alors que pour une onde, il n'y a aucun déplacement de matière.

### Application

Un trompettiste émet un son court face à une falaise située à 160 mètres de lui. Quelle est la durée totale du trajet  $\Delta t$  de l'onde sonore après réflexion sur la falaise ?

La vitesse du son est définie par

$$v_{\text{son}} = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{donc} \quad \Delta t = \frac{d}{v_{\text{son}}} = \frac{2 \times 160}{340} = \underline{0,941 \text{ s.}}$$

### c. Caractéristiques d'un signal sonore périodique

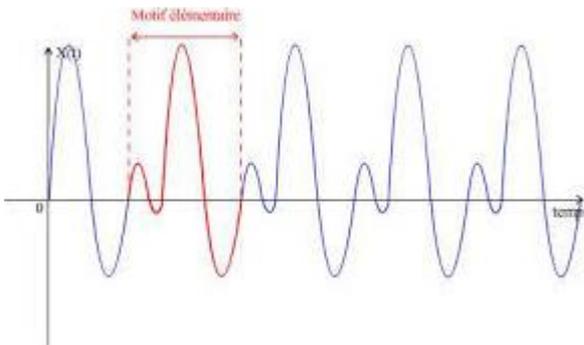


Figure 2

La période  $T$  d'un signal sonore périodique est la plus petite durée au bout de laquelle le signal se reproduit identiquement à lui-même (figure 2).

La période s'exprime en secondes (s)

### Remarques

- Pour plus de précision il faut mesurer plusieurs périodes (4 sur la figure 3) et ensuite diviser par le nombre de périodes.
- La mesure de la durée séparant deux points de l'axe des abscisses est plus efficace (au sens de la précision) que la mesure de la durée séparant deux maxima.

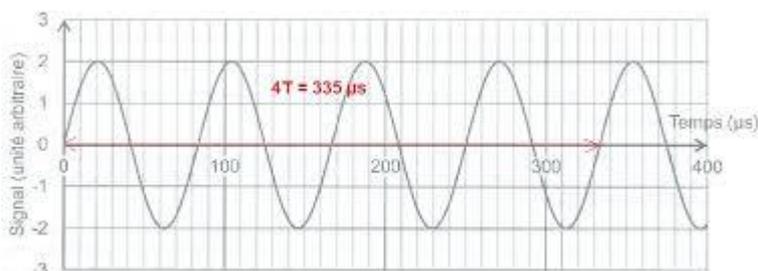


Figure 3

La fréquence d'un signal sonore périodique représente le nombre de périodes du signal par seconde, elle s'exprime en hertz ( $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ ).

D'après cette définition, la fréquence  $f$  est l'inverse de la période  $T$  soit :

$$f = \frac{1}{T}$$

$T$  : période en secondes (s)

$f$  : fréquence en hertz (Hz)

### Application 1

Pour chacune des valeurs de périodes données ci-dessous, calculer la valeur de la fréquence correspondante.

a. 0,25 s   b. 0,050 s   c. 8,00 ms   d. 40  $\mu\text{s}$

Réponses:

a.  $f = 4,0 \text{ Hz}$    b.  $f = 20 \text{ Hz}$    c.  $f = 125 \text{ Hz}$    d.  $f = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Hz}$

### Application 2

Pour chacune des valeurs des fréquences données ci-dessous, calculer la valeur de la période correspondante. Donner le résultat en utilisant la notation scientifique et l'unité du système international.

a. 0,5 Hz   b. 200 Hz   c. 1 kHz   d. 40 kHz

Réponses :

a.  $T = 2 \text{ s}$    b.  $T = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ s}$    c.  $T = 10^{-3} \text{ s}$    d.  $f = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

## **2. La perception d'un son**

### **a. Domaines de fréquences**

Les fréquences des ondes audibles par l'homme sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Ces valeurs sont des moyennes sur la population. Pour un individu cela dépend de son âge et de certaines prédispositions génétiques.

Si la fréquence est inférieure à 20 Hz on parle d'infrasons. Si la fréquence est supérieure à 20 kHz on parle d'ultrasons (voir figure 4).

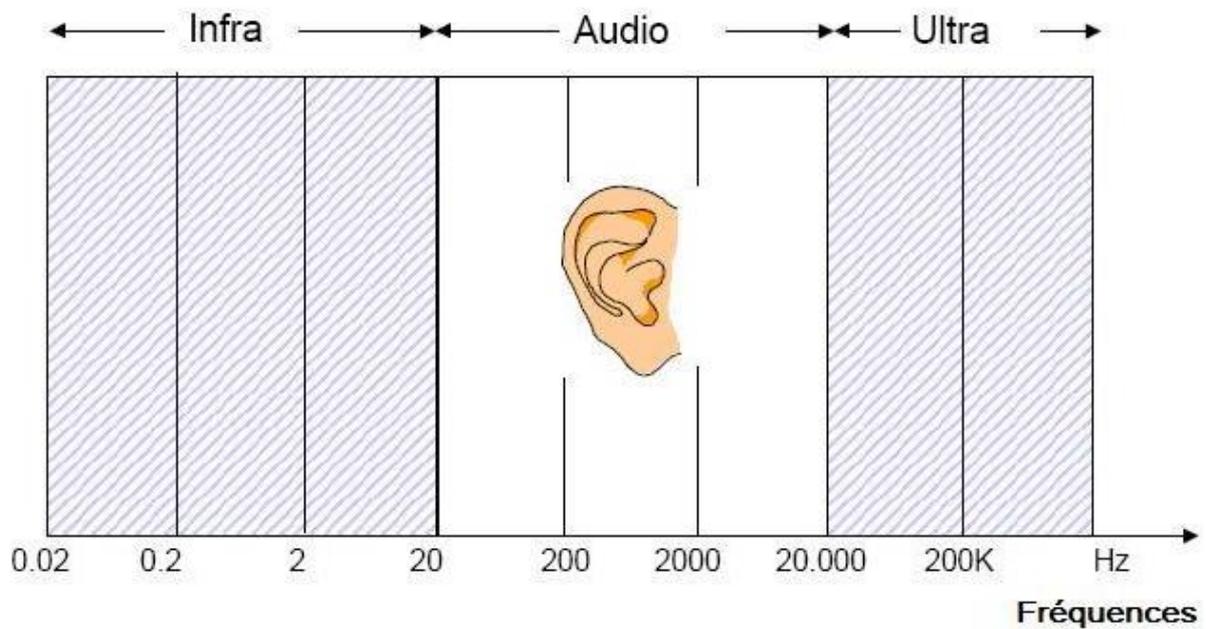


Figure 4

Application

On enregistre un son grâce à un microphone relié à un oscilloscope. Le résultat est visible sur la figure 5.

Le balayage est positionné sur la valeur  $b=0,50 \text{ ms.div}^{-1}$  et la sensibilité verticale sur  $k=2,0 \text{ V.div}^{-1}$ .

Le son est-il audible ?

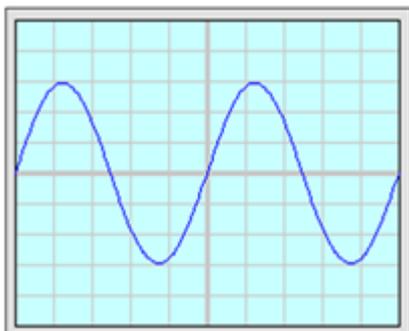


Figure 5

Un motif élémentaire a pour durée  $T = 0,50 \times 5,0 = 2,5$  ms. La fréquence est alors :

$$f = \frac{1}{T}$$
$$= \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$f = \underline{4,0 \cdot 10^2 \text{ Hz.}}$$

Le son est audible car sa fréquence est supérieure à 20Hz et inférieure à 20 kHz.

### **b. Hauteur et timbre**

Les musiciens parlent de la hauteur d'un son et les physiciens parlent de fréquence d'un son.

Hauteur : Notion assez qualitative

Fréquence : Notion quantitative

Plus la hauteur d'un son est grande, plus sa fréquence est élevée et plus il est aigu.

Plus la hauteur d'un son est petite, plus sa fréquence est faible et plus il est grave.

### **c. Intensité et niveau d'intensité sonore**

Sur l'image ci-dessous (voir figure 6) on voit un sonomètre indiquant 52,0 décibels. Quelle est la signification de cette valeur affichée ?



Figure 6

L'embout du sonomètre mesure une certaine puissance  $P$  en watts ( $W$ ). Considérons deux sonomètres, différents par la surface  $S$  en mètres carrés ( $m^2$ ) de l'embout :

Sonomètre N°	1	2
Puissance ( $W$ )	$10^{-13}$	$4.10^{-13}$
Surface ( $m^2$ )	$10^{-4}$	$4.10^{-4}$

Les deux sonomètres indiquent une valeur différente car la surface du détecteur n'est pas la même. Ce qui est commun aux deux expériences c'est le rapport entre la puissance et la surface, d'où la définition de l'intensité  $I = P/S$  en watts par mètre carré ( $W.m^{-2}$ ).

Dans l'exemple ci-dessus  $I = 10^{-9} W.m^{-2}$ .

Le niveau sonore  $L$  en décibels (dB) mesure l'effet (douleur) sur le tympan de l'oreille.

La correspondance entre intensité et niveau est donnée dans le tableau suivant.

Intensité sonore ( $W.m^{-2}$ )	Niveau sonore (dB)
$10^{-4}$	80
$10^{-5}$	70
$10^{-6}$	60
$10^{-7}$	50
$10^{-8}$	40
$10^{-9}$	30
$10^{-10}$	20
$10^{-11}$	10
$10^{-12}$	0

Vous devez savoir que si l'intensité sonore double alors le niveau sonore est augmenté de 3 dB :  $I \rightarrow L$     $2I \rightarrow L + 3$     $I/2 \rightarrow L - 3$

#### Remarques

-la dernière ligne du tableau montre que l'on entend rien si  $I < 10^{-12} W.m^{-2}$

-La partie positive de l'exposant de  $I$ , mise sous forme de puissance de 10, plus le chiffre des dizaines de  $L$  est égal à 12.

#### Application 1

Quel est le niveau sonore correspondant à  $4.10^{-7} W.m^{-2}$  ?

Réponse : 56 dB

#### Application 2

Quelle est l'intensité correspondant à 33 dB?

Réponse :  $2.10^{-9} W.m^{-2}$

#### d. Exposition sonore

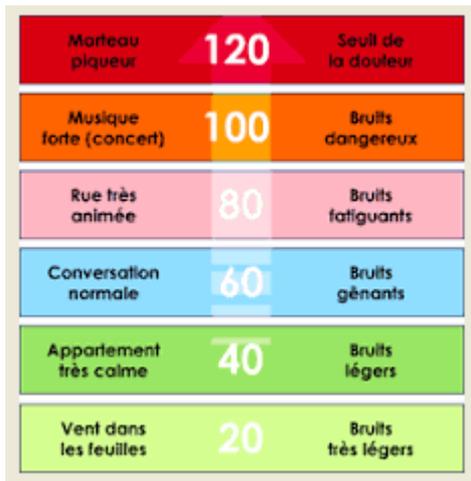


Figure 7

#### Annexe : Oscilloscope

Visualisation avec un oscillographe électronique ou oscilloscope

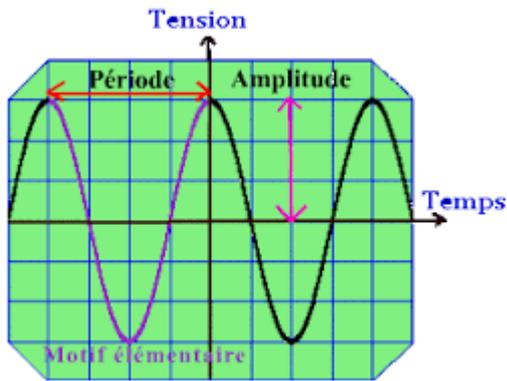


Figure 8

#### Calcul de la période

La période est proportionnelle au nombre de divisions horizontales

$$T = b L \text{ ou } T = s_H n_H$$

T : période du signal en secondes (s)

b ou  $s_H$  : balayage ou sensibilité horizontale en secondes par division ( $s \cdot \text{div}^{-1}$ )

L ou  $n_H$  : Longueur ou nombre de divisions horizontales en divisions (div)

#### calcul de l'amplitude

La tension est proportionnelle au nombre de divisions verticales

$$U = k d \text{ ou } U = s_V n_V$$

U : tension en volts (V)

k ou  $s_V$  : sensibilité verticale en volts par division ( $V \cdot \text{div}^{-1}$ )

d ou  $n_V$  : déviation verticale ou nombre de divisions verticales en divisions (div)

#### Remarque

La grandeur d est négative si le point est situé sous l'axe horizontal.

Exercices

N°	5	page	216
N°	7	page	217
N°	13	page	217
N°	16	page	218
N°	20	page	219
N°	22	page	219
N°	23	page	220
N°	24	page	220
N°	25	page	220
N°	27	page	221
N°	28	page	221