

I Production d'un signal sonore

1) Création d'un signal sonore

Un signal sonore est créé par la vibration rapide d'un objet.

Exemple : les vibrations des cordes d'une guitare, des ailes d'un insecte, de la membrane d'un haut-parleur ou des cordes vocales.

Une caisse de résonance permet d'amplifier le signal sonore produit par la vibration.

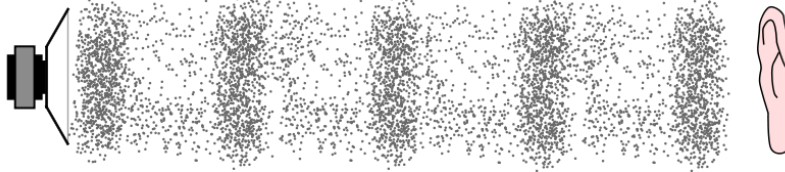


2) Propagation d'un signal sonore

Si on met un réveil qui sonne dans une cloche où l'on a fait le vide, on ne l'entend pas !

Un signal sonore a besoin d'un milieu matériel pour se propager comme l'air, l'eau ou les solides.
Un signal sonore ne peut pas se propager dans le vide.

Un signal sonore se propageant dans l'air est constituée d'une succession de compressions et de dilatations des molécules de l'air.



3) Vitesse de propagation d'un signal sonore

La vitesse de propagation d'un signal sonore peut se déterminer par la relation :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

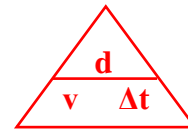
ou

$$d = v \times \Delta t$$

ou

$$\Delta t = \frac{d}{v}$$

Avec v : vitesse de propagation en mètre par seconde (m.s^{-1})
 d : distance parcourue par le signal sonore en mètre (m)
 Δt : durée de propagation du signal sonore en seconde (s)
 Δ : lettre grecque : delta



La vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air à température ambiante est $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

Un signal sonore se déplace plus ou moins vite selon le milieu qu'il traverse. Dans l'eau, elle vaut environ $1\,500 \text{ m.s}^{-1}$. Dans l'acier, elle vaut environ $5\,800 \text{ m.s}^{-1}$.

Exercices :

1) Un signal sonore se propage sur une distance $d = 7,0 \text{ km}$ pendant une durée $\Delta t = 1,4 \text{ s}$. Calculer la vitesse de propagation v de ce signal

$$d = 7,0 \text{ km} = 7\,000 \text{ m} \quad v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{7000 \text{ m}}{1,4 \text{ s}} = \underline{5\,000 \text{ m.s}^{-1}}$$

2) Un signal sonore de vitesse de propagation $v = 1\,500\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se propage pendant une durée $\Delta t = 5,0\text{ s}$. Calculer la distance d parcourue par ce signal.

$$d = v \times \Delta t = 1\,500\text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \times 5,0\text{ s} = \underline{7\,500\text{ m}}$$

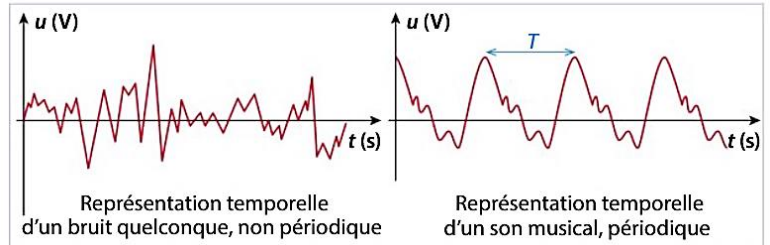
3) Un signal sonore parcourt dans l'air une distance $d = 100\text{ m}$. Calculer la durée de propagation du signal.

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{100\text{ m}}{340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}} = \underline{0,294\text{ s}}$$

II Des signaux sonores particuliers : les signaux périodiques

1) Définition d'un signal périodique

Pour un instrument, on peut constater qu'un « morceau » de la courbe se répète régulièrement. Ces signaux sont dits « périodiques ».

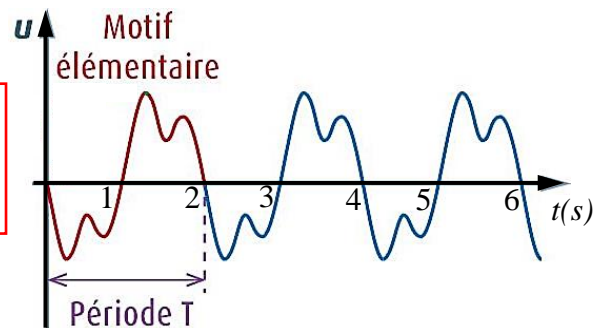


Un signal sonore est **périodique** s'il est constitué d'un motif qui se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps réguliers.

2) Période d'un signal sonore

La **période** d'un signal périodique correspond à la durée d'un motif élémentaire.

La période se note **T** et se mesure en **seconde** (symbole : **s**).



Sur l'exemple suivant : $T = 2\text{ s}$

On utilise souvent des sous multiples de la seconde :

- la **milliseconde** (symbole : **ms**)
- la **microseconde** (symbole : **μs**)

Rappel : $1\text{ ms} = 10^{-3}\text{ s}$ et $1\text{ }\mu\text{s} = 10^{-6}\text{ s}$.

s	ms	μs	ms	s	μs	μs

Pour convertir la période en seconde :

- utiliser le tableau de conversion
- remplacer « ms » par « $\times 10^{-3}\text{ s}$ » ou « μs » par « $\times 10^{-6}\text{ s}$ ».

Exemples : $T = 6\text{ ms} = 6 \times 10^{-3}\text{ s}$ $T = 20\text{ }\mu\text{s} = 20 \times 10^{-6}\text{ s}$

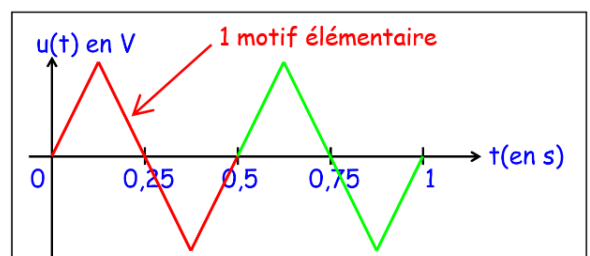
3) Fréquence d'un signal sonore

La **fréquence** correspond au nombre de motifs élémentaires par seconde. Elle se note **f** et se mesure en **hertz** (symbole : **Hz**).

Sur l'exemple suivant :

Période : $T = 0,5\text{ s}$

Fréquence : nombre de motifs en une seconde. En une seconde, il y a 2 motifs, donc $f = 2\text{ Hz}$.



La période est l'inverse de la fréquence :

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

ou

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

Avec : f : fréquence en hertz (symbole : Hz)

T : période en seconde (symbole : s)

Attention : avant de calculer une fréquence, il faut donc convertir la période T en seconde !!

On utilise souvent des multiples du hertz : le **kilohertz** (symbole : kHz), le **mégahertz** (symbole : MHz) et le **gigahertz** (symbole : GHz).

Rappel : 1 kHz = 10^3 Hz , 1 MHz = 10^6 Hz et 1 GHz = 10^9 Hz.

GHz			MHz			kHz			Hz

Exercices :

1) Calculer la fréquence d'un signal sonore de période T = 40 ms.

$$T = 40 \text{ ms} = 0,040 \text{ s} \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,040} = \underline{25 \text{ Hz}}$$

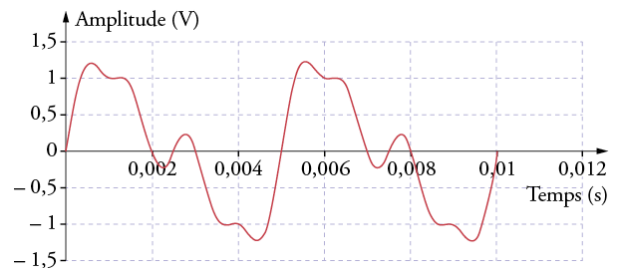
2) Calculer la période d'un signal sonore de fréquence : f = 50 Hz.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = \underline{0,02 \text{ s}}$$

3) On considère le signal sonore périodique suivant :

a) Quelle est la période T de ce signal ? $T = \underline{0,005 \text{ s}}$

b) Calculer la fréquence f de ce signal. $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,005} = \underline{200 \text{ Hz}}$



III Perception d'un signal sonore

1) Domaines de fréquences audibles

L'oreille humaine ne perçoit que des signaux sonores de certaines fréquences.

Le domaine de fréquences des signaux sonores audibles est compris entre 20 Hz et 20 kHz.

En dessous de 20 Hz, c'est le domaine des infrasons.

Au-dessus de 20 kHz, c'est le domaine des ultrasons.

Ces valeurs peuvent varier d'un individu à l'autre et le domaine de fréquences audibles se réduit avec l'âge.

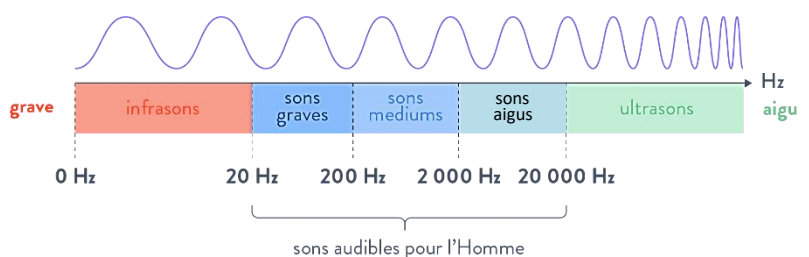
Domaines de fréquences des signaux sonores :



2) Hauteur d'un son

Pour produire la note *La* de fréquence 440 Hz, la corde d'une guitare va réaliser 440 vibrations par seconde qui vont se propager dans l'air.

Une note de musique est liée à la fréquence du signal sonore.

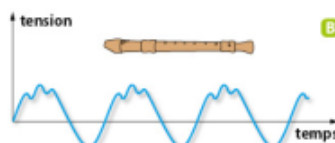
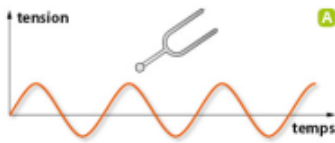


La fréquence d'un son correspond à une hauteur de son, repérée par une note de musique. Un son aigu a une fréquence plus élevée qu'un son grave.

3) Timbre d'un son

Les enregistrements d'une même note de musique jouée par des instruments différents ont la **même fréquence**, mais les motifs ont des allures différentes.

Les instruments sont alors reconnaissables à l'oreille. On dit qu'ils ont un **timbre différent**.



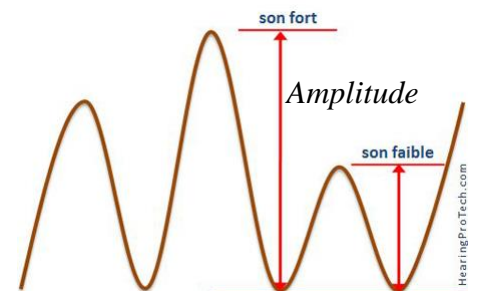
Le timbre est lié à la forme des motifs élémentaires. Il correspond à l'identité sonore d'un instrument de musique ou d'une voix.

4) Intensité sonore et niveau sonore

- **L'intensité sonore, notée I**

Sur l'enregistrement d'un signal sonore, l'amplitude est la tension entre la valeur maximale et la valeur minimale. Plus le son est fort, plus l'amplitude est grande.

L'**intensité sonore**, notée I, est proportionnelle à l'amplitude et permet d'indiquer le volume d'un son.



Plus l'intensité sonore est grande, plus l'amplitude du signal est grande et plus le son perçu par l'oreille humaine est fort.

Remarque : L'intensité sonore s'exprime en watt par mètre carré ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), l'unité n'est pas à connaître.

- **Le niveau sonore, noté L**

Les valeurs d'intensité sonore perceptibles s'étalent sur un très grand intervalle (de $10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ à $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$). De plus, un signal sonore ayant une intensité sonore qui double sera perçu plus fort, mais pas deux fois plus fort par l'oreille ! L'oreille ne réagit donc pas proportionnellement à l'intensité sonore.

Afin d'utiliser une échelle de grandeur plus simple et liée à la sensibilité de l'oreille humaine, on définit le **niveau sonore** noté L (niveau se dit « level » en anglais).



FIG. 9 Un sonomètre

Le niveau sonore augmente avec l'intensité sonore, mais pas de manière proportionnelle. Le niveau sonore se note L et se mesure en décibel, de symbole dB, avec un sonomètre.

Les sons présentent des risques dès 85 dB alors que la sensation ne devient douloureuse que vers 120 dB. L'absence de douleur ne garantit donc pas l'absence de danger !

Une **exposition sonore** trop importante peut présenter un danger pour l'oreille et peut engendrer une perte d'audition, partielle ou totale.

