

1 Émission et propagation d'un signal sonore

► Émission d'un signal sonore

Un signal sonore est produit par la **vibration d'un objet**. La présence d'une **caisse de résonance** amplifie le signal (FIG. 1).



FIG. 1 La mise en vibration d'une corde de guitare classique produit un son, amplifié par la caisse de la guitare.

► Propagation d'un signal sonore

Un signal sonore a besoin d'un **milieu matériel** pour se propager. Il ne se propage pas dans le vide.

L'air, l'eau, un métal... sont des milieux matériels, dans lesquels un signal sonore peut se propager. La propagation d'un signal sonore dans un milieu matériel est analogue à la propagation d'une déformation dans un ressort (FIG 2).

Un signal sonore est une **vibration qui se propage** de proche en proche dans le milieu de propagation.

Pour se propager, le signal sonore a besoin d'un milieu de propagation **élastique**. On dit aussi « **compressible** ».

La membrane d'un haut-parleur fait vibrer l'air environnant. La vibration se propage de proche en proche jusqu'à nos oreilles.

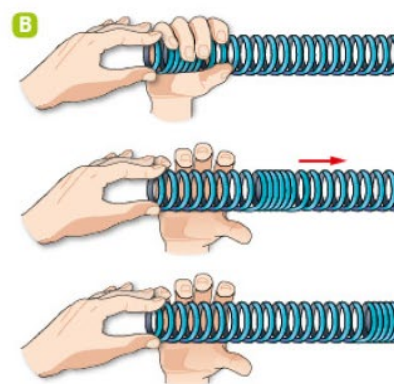
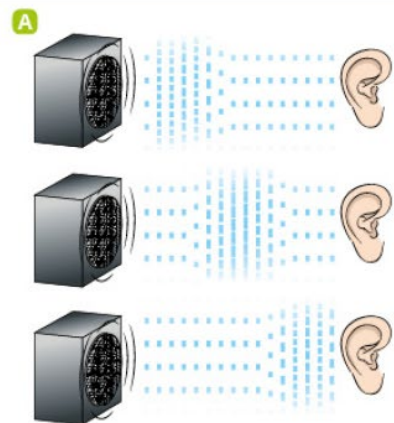


FIG. 2 La propagation d'un signal sonore dans l'air **A** est analogue à la propagation d'une déformation dans un ressort **B**.

► Vitesse de propagation

Un signal sonore ne se propage pas instantanément mais il a une vitesse de propagation.

La relation entre la vitesse v de propagation de l'onde sonore, la distance d parcourue par l'onde sonore et la durée Δt de propagation est la suivante :

$$\text{vitesse de propagation du signal sonore (en } m \cdot s^{-1} \text{)} \rightarrow v = \frac{d}{\Delta t}$$

← distance parcourue par le signal sonore (en **m**)
 ← durée de propagation du signal sonore (en **s**)

La vitesse de propagation d'un signal sonore **dépend du milieu** de propagation (FIG. 3) et de sa température. Plus le milieu de propagation est dense, plus la vitesse de propagation est importante. Ainsi, elle est plus importante dans un solide que dans l'air.

2 Signaux sonores périodiques

► Visualisation d'un signal périodique

On peut faire l'acquisition d'un signal sonore par l'intermédiaire d'un capteur adapté comme un microphone. On obtient alors un signal électrique qu'il est possible de visualiser à l'aide d'un dispositif d'acquisition.

Un signal sonore est **périodique** si son enregistrement présente la répétition régulière d'un même **motif** (FIG. 4).

Milieu de propagation à 20 °C	Vitesse du son (en $m \cdot s^{-1}$)
air	340
eau	1 500
cuivre	3 560
fer	5 130

FIG. 3 Exemples de vitesses de propagation suivant les milieux.

► Période d'un signal périodique

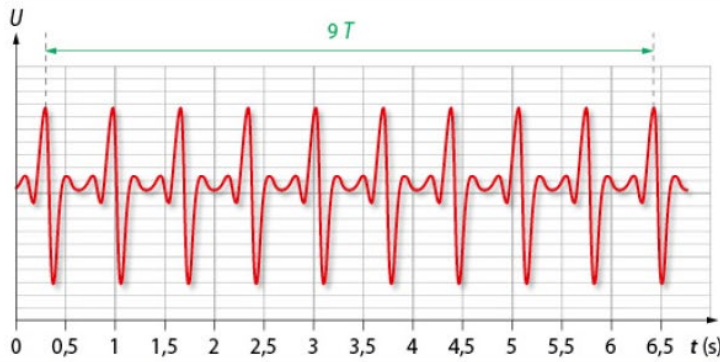
La **période T** d'un signal sonore périodique (FIG. 4) correspond à la **durée du motif**. Elle s'exprime en **seconde (s)**.

MESURES ET INCERTITUDES



Pour augmenter la précision de la mesure d'une période, il faut faire la moyenne sur le plus grand nombre possible de motifs représentés. La valeur de la période est alors obtenue en divisant la durée totale des « n » périodes mesurées par le nombre « n ».

EXEMPLE



Sur le document, 1 graduation correspond à 0,5 s.
 $9T = 12,2 \times 0,5 = 6,1$ s.
 Donc $T = 0,68$ s.

► Fréquence d'un signal périodique

La **fréquence f** d'un signal sonore périodique correspond au nombre de motifs enregistrés en une seconde (FIG. 5). Elle s'exprime en **hertz (Hz)**. La fréquence est l'inverse de la période. On a la relation suivante :

$$\text{fréquence (en Hz)} \longrightarrow f = \frac{1}{T} \longleftarrow \text{période (en s)}$$

3 Perception d'un son

► Domaines de fréquence

Le **domaine d'audibilité** d'une oreille humaine normale est compris entre 20 Hz et 20 kHz. En dessous de 20 Hz, on parle d'**infrason** et au-dessus de 20 kHz d'**ultrason** (FIG. 6).

► Hauteur d'un son

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

La **hauteur** d'un son correspond à la **fréquence** du signal sonore.

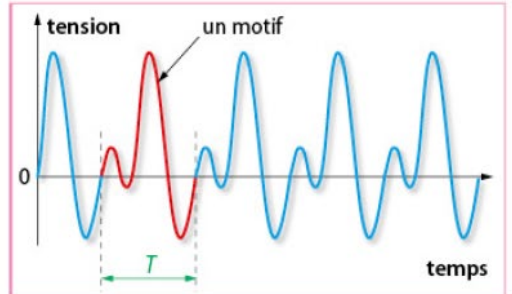


FIG. 4 Répétition régulière d'un motif et période T pour un signal sonore enregistré à l'aide d'un dispositif d'acquisition.

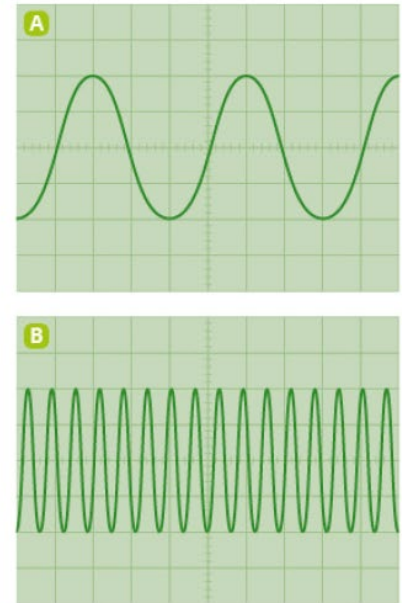


FIG. 5 Plus il y a de motifs en une seconde, plus la fréquence est élevée. Base de temps en $s \cdot \text{div}^{-1}$; sensibilité verticale en $V \cdot \text{div}^{-1}$; réglage identique.

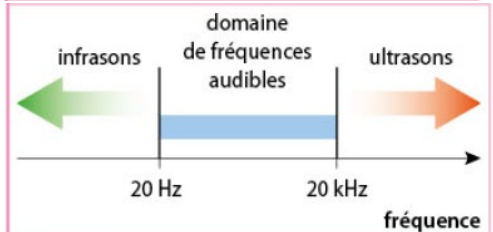


FIG. 6 Domaines de fréquences des sons chez l'humain.

POUR VISUALISER



Une vidéo sur la fréquence, la hauteur et le timbre d'un son.

La hauteur du son a une conséquence sur sa perception.

Plus la fréquence d'un signal sonore est élevée, plus le son produit est **aigu**.
Plus la fréquence d'un signal sonore est faible, plus le son produit est **grave**.

► Timbre d'un son

Les enregistrements d'une même note jouée par des instruments de musique différents ont la même période, donc la même fréquence, mais des motifs différents par leur allure (FIG. 7). Le son est alors perçu différemment. Le **timbre** est l'identité sonore d'un instrument de musique ou d'une voix.

Le **timbre** d'un son dépend de la forme du signal sonore.

APPROFONDISSEMENT SCIENTIFIQUE

Un son peut être qualifié de **son pur** (c'est le cas pour un diapason par exemple), ou de **son complexe**, comme celui d'une flûte ou d'une guitare.

À l'aide d'un logiciel adapté, on peut obtenir la décomposition en fréquences d'un son. Un son pur se traduit par une fréquence unique (appelée fréquence fondamentale) et un signal de son complexe peut être décomposé en signaux de différentes fréquences (la fréquence fondamentale, mais aussi d'autres fréquences appelées des harmoniques).

► Intensité d'un son

Les logiciels de traitement du son permettent d'analyser les signaux électriques transmis par un microphone branché à un ordinateur. La courbe obtenue traduit les vibrations sonores.

L'**intensité sonore** est reliée à l'**amplitude** du signal sonore (FIG. 8).

► Niveau d'intensité sonore

Quand on double l'intensité sonore, l'oreille perçoit un son plus fort, mais il n'est pas perçu pour autant deux fois plus fort. Pour traduire cette perception par l'oreille d'un son, on utilise le **niveau d'intensité sonore**, qui est lié à l'intensité sonore.

Le **niveau d'intensité sonore**, exprimée en **décibel (dB)**, traduit le niveau sonore perçu par une oreille normale humaine.

Le niveau d'intensité sonore se mesure à l'aide d'un sonomètre (FIG. 9).

Un son dont le niveau sonore est trop important peut engendrer une perte d'audition, partielle ou totale, irréversible. Dès que l'on se trouve exposé à plus de 85 dB sur une durée importante, il est nécessaire de se protéger (FIG. 10).

FIG. 10 Échelle de niveaux d'intensité sonore.

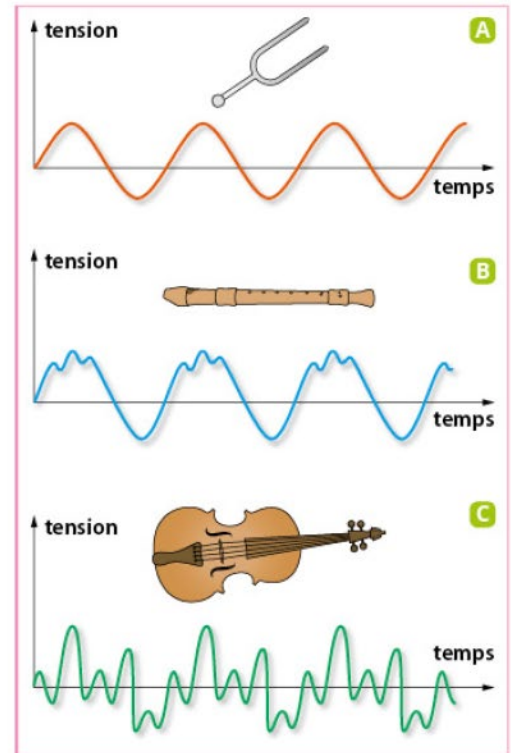
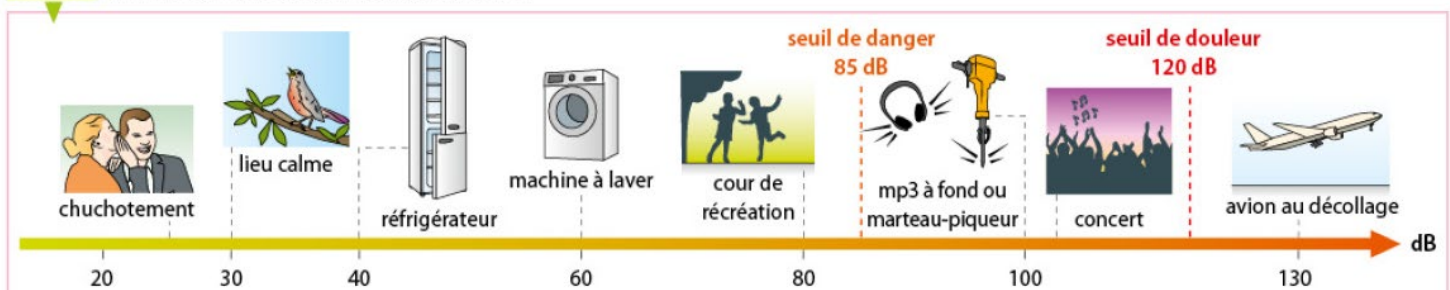


FIG. 7 Une même note jouée par trois instruments de musique différents.

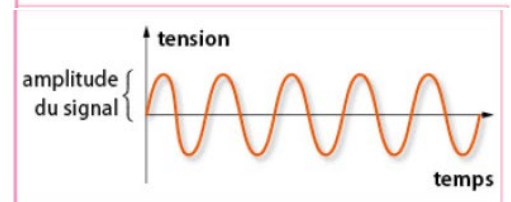


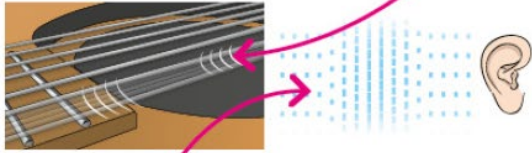
FIG. 8 Amplitude d'un signal.



FIG. 9 Un sonomètre.

1 Émission et propagation d'un signal sonore

- Un **signal sonore** est produit par la **vibration** d'un objet.



C'est une vibration qui se propage de proche en proche dans un **milieu matériel**, qui doit être « **compressible** ».

Le son ne se propage pas dans le vide.

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

vitesse de propagation du son (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

d : distance parcourue par le son (en m)

Δt : durée de propagation du son (en s)

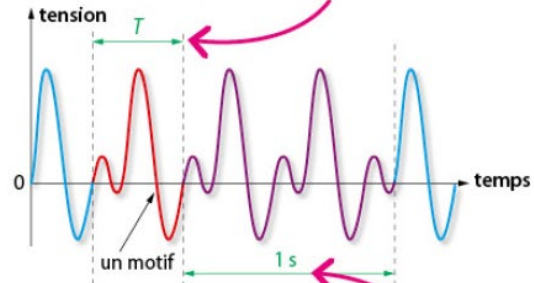
La valeur de la vitesse de propagation d'un signal sonore dépend notamment du milieu de propagation et de la température.

Dans l'air, à 20 °C, $v_{\text{son}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2 Signaux sonores périodiques

- Un signal sonore est **périodique** si son enregistrement présente la répétition régulière d'un même **motif**.

La durée du motif est la **période T** . Elle s'exprime en seconde (s).



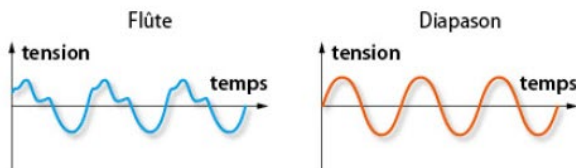
Le nombre de motifs enregistrés en une seconde est la **fréquence f** du signal périodique qui s'exprime en **hertz (Hz)**.

- La fréquence et la période d'un signal périodique sont liées par la relation :

$$\text{fréquence (en Hz)} \rightarrow f = \frac{1}{T} \leftarrow \text{période (en s)}$$

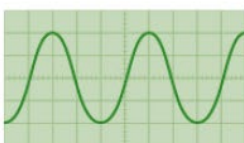
3 Perception du son

- Pour une même note jouée par deux instruments de musique différents, les signaux ont même période, donc même fréquence :

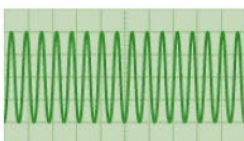


Mais les motifs sont différents par leur allure. Le signal sonore est alors perçu différemment. Les deux sons n'ont pas le même **timbre**.

- La **hauteur** d'un son correspond à la fréquence du signal sonore correspondant.

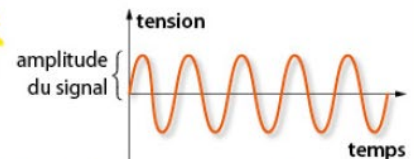


Fréquence faible : son grave.



Fréquence élevée : son aigu.

- L'**intensité sonore** est proportionnelle à l'amplitude du signal sonore.



- Le **niveau d'intensité sonore**, exprimé en **décibel (dB)**, traduit la perception d'un son par l'oreille humaine.

