

Fréquence et ultrasons

Cours de sciences physiques - niveau 3e

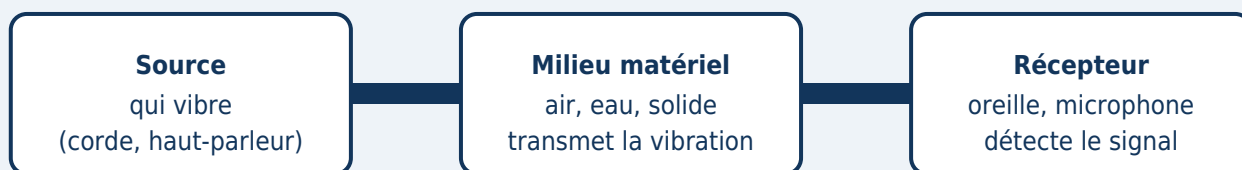
*Un chien accourt au son d'un sifflet que tu n'entends pas, une chauve-souris chasse dans le noir total sans rien voir, un médecin regarde un bébé avant sa naissance : tout cela repose sur des sons de très haute **fréquence**, les **ultrasons**. Pour les comprendre, il faut savoir mesurer la fréquence d'un signal et savoir à quelle vitesse le son voyage.*

Ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Un son est une vibration qui se propage

Un son est produit par un objet qui **vibre** : une corde de guitare, une membrane de haut-parleur, les cordes vocales. Cette vibration se transmet de proche en proche aux particules du milieu qui l'entoure (air, eau, solide) : c'est la **propagation** du son. Un récepteur, comme l'oreille ou un microphone, la détecte.

Le son a besoin d'un **milieu matériel** pour se propager : dans le vide, aucun son ne se transmet. Sa vitesse dépend du milieu : environ **340 m/s dans l'air**, 1 500 m/s dans l'eau et 5 000 m/s dans l'acier. C'est beaucoup moins que la lumière ($3,0 \times 10^8$ m/s) : on voit l'éclair avant d'entendre le tonnerre.



Sans milieu matériel (le vide), aucun son ne se propage.

Le son se propage de proche en proche dans un milieu matériel.

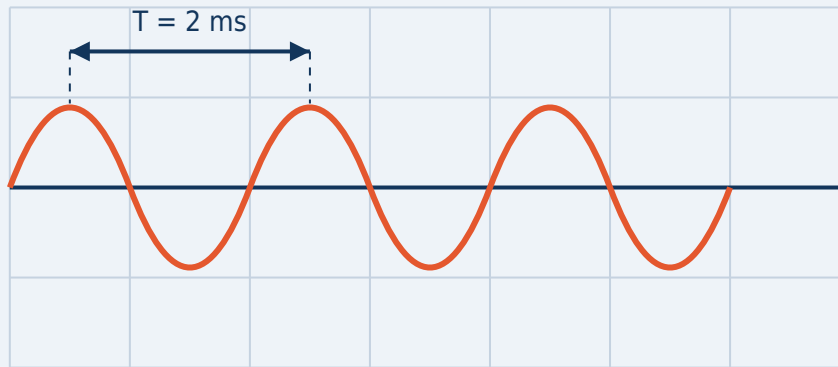
La fréquence d'un signal périodique

Un son pur correspond à un **signal périodique** : le motif se répète identique à lui-même. Observé à l'oscilloscope ou avec un logiciel, il apparaît sous la forme d'une courbe qui se répète. La durée d'un motif est la **période T** (en secondes) ; le nombre de motifs par seconde est la **fréquence f**, en **hertz** (Hz).

FORMULE À RETENIR

$$f = 1 \div T \quad \text{soit} \quad T = 1 \div f$$

f en hertz (Hz), T en secondes (s). 1 kHz = 1 000 Hz ; 1 MHz = 1 000 000 Hz ; 1 ms = 10^{-3} s.



Base de temps :
1 ms par division

Un motif dure
t 2 divisions

$$f = 1 \div 0,002 \\ = 500 \text{ Hz}$$

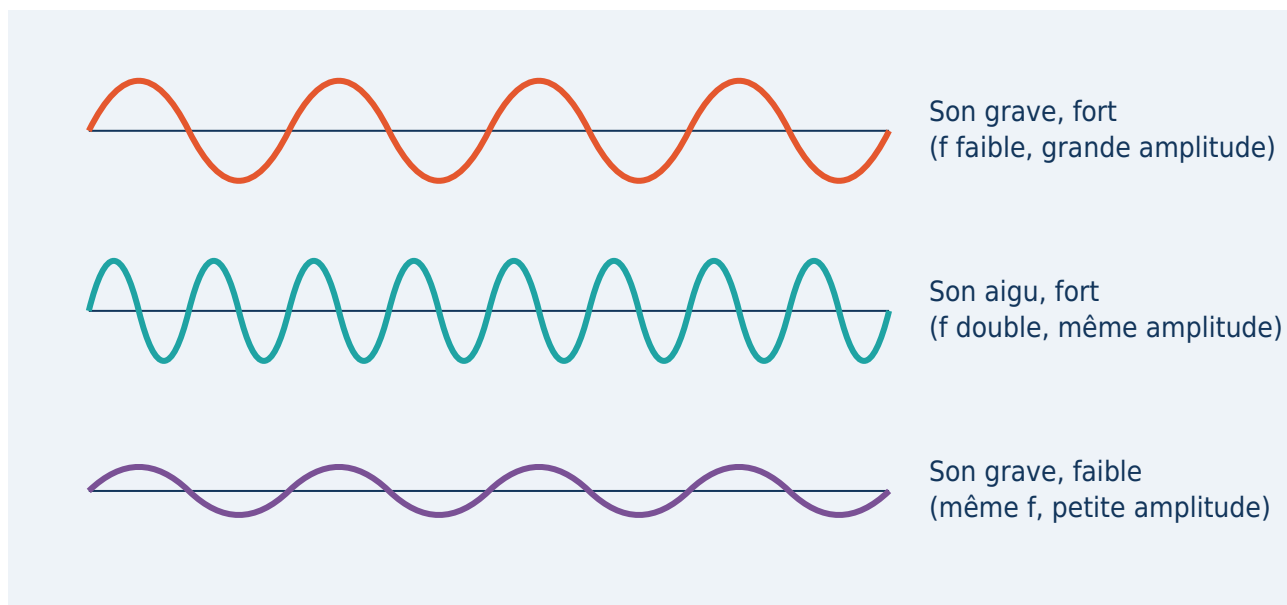
Oscillogramme : la période T est la durée d'un motif ; ici $f = 1 \div T = 500$ Hz.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Un signal a une période $T = 2,0 \text{ ms} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ s}$. Sa fréquence est $f = 1 \div T = 1 \div (2,0 \times 10^{-3}) = \mathbf{500 \text{ Hz}}$. Un signal de fréquence 440 Hz (le « la » de référence) a une période $T = 1 \div 440 \approx 2,27 \times 10^{-3} \text{ s}$, soit **2,27 ms**.

Hauteur et intensité d'un son

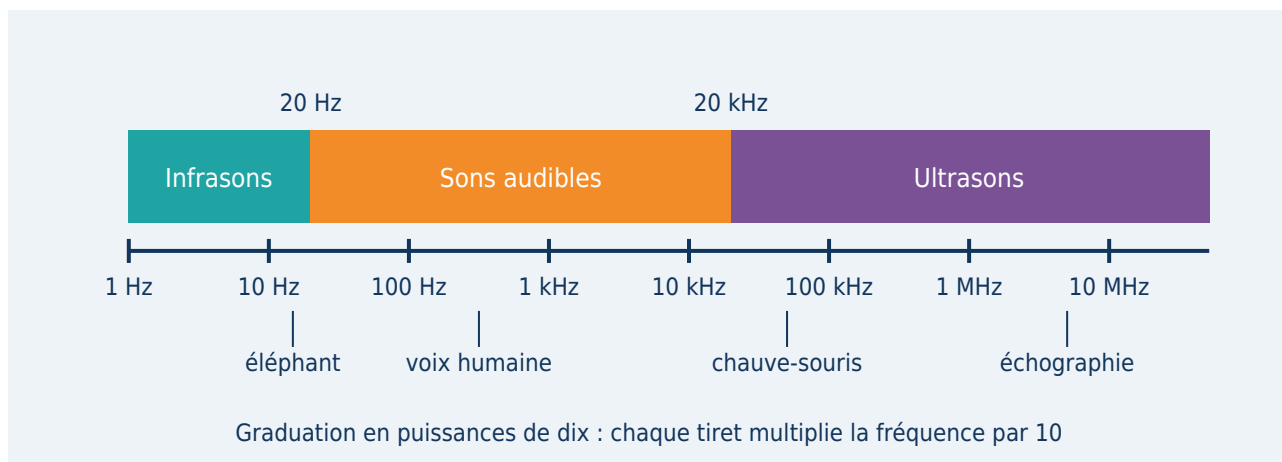
La **hauteur** d'un son dépend de sa fréquence : un son **grave** a une basse fréquence, un son **aigu** une fréquence élevée. L'**intensité** (le « volume ») dépend de l'**amplitude** du signal : plus la courbe est haute, plus le son est fort. Les deux grandeurs sont indépendantes.



La fréquence détermine la hauteur ; l'amplitude détermine l'intensité.

Fréquence audible, infrasons et ultrasons

L'oreille humaine perçoit les sons dont la fréquence est comprise entre environ **20 Hz et 20 000 Hz** (20 kHz). Au-dessous de 20 Hz, ce sont des **infrasons** ; au-dessus de 20 kHz, des **ultrasons**. Ces sons existent et se propagent comme les autres, mais ils ne sont pas perçus par l'être humain.



Le domaine audible de l'être humain s'étend de 20 Hz à 20 kHz ; les infrasons sont en dessous, les ultrasons au-dessus.

Source	Fréquence	Type de son
Rumeur d'un éléphant	environ 15 Hz	infrason
Voix humaine	100 Hz à 1 kHz	audible
Cri d'une chauve-souris	environ 50 kHz	ultrason
Échographie médicale	2 à 15 MHz	ultrason

Vitesse du son, écho et sonar

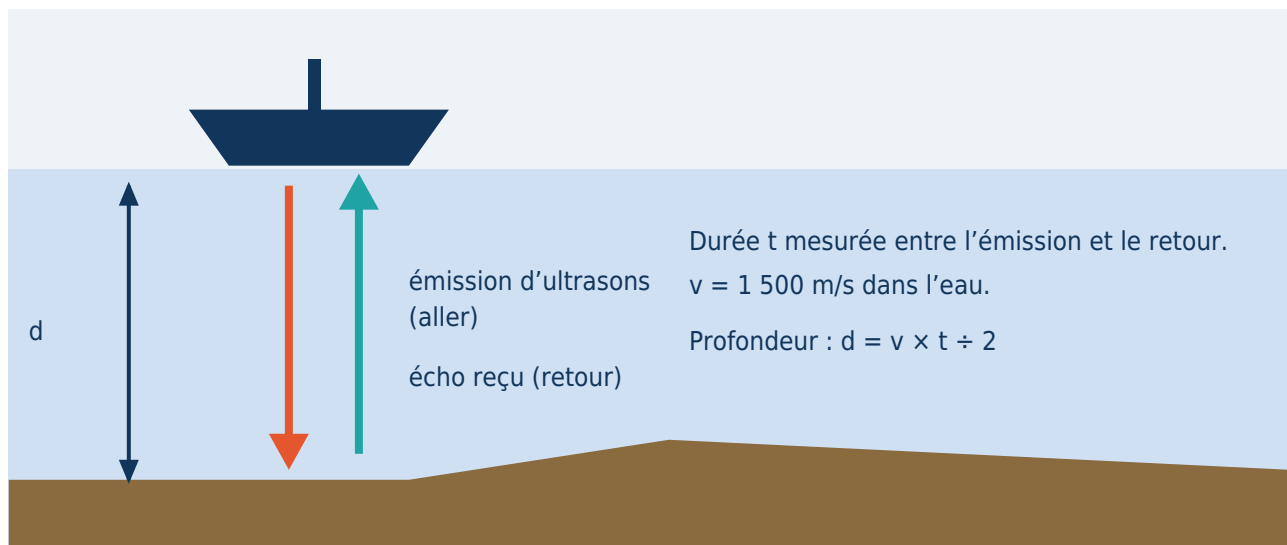
Le son se propage à vitesse constante dans un milieu donné : la distance parcourue est proportionnelle à la durée. C'est la relation qui sert à mesurer des distances.

FORMULE À RETENIR

$$d = v \times t \quad (\text{aller simple}) \quad | \quad d = v \times t \div 2 \quad (\text{écho : } t \text{ aller-retour})$$

d en mètres (m), v en m/s, t en secondes (s).

Quand un son rencontre un obstacle, il se réfléchit : c'est l'**écho**. En mesurant la durée t entre l'émission et le retour, on calcule la distance à l'obstacle. Le **sonar** d'un bateau fait cela avec des ultrasons dans l'eau pour mesurer la profondeur du fond ou repérer un banc de poissons.



Principe du sonar : la profondeur vaut la moitié de la distance parcourue pendant l'aller-retour.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Un sonar reçoit l'écho 0,40 s après l'émission. Dans l'eau, $v = 1\,500$ m/s. La distance aller-retour vaut $1\,500 \times 0,40 = 600$ m, donc la profondeur est $d = 600 \div 2 = \mathbf{300\,m}$.

Les applications et les dangers du bruit

Les ultrasons servent à l'**échographie** (imagerie médicale sans danger, à 2-15 MHz), au sonar, aux télémètres, au nettoyage de bijoux ou de lunettes et aux contrôles de pièces métalliques. Certains animaux les utilisent pour s'orienter (chauves-souris, dauphins). Les infrasons servent à surveiller les séismes et les volcans, et certains animaux comme les éléphants s'en servent pour communiquer.

Le **niveau sonore** se mesure en décibels (dB). Un murmure est à 30 dB, une conversation à 60 dB, une rue animée à 80 dB, un concert à 100 dB ou plus. Au-delà de 85 dB, une exposition prolongée abîme l'audition de façon irréversible ; le seuil de douleur se situe vers 120 dB. Il faut protéger ses oreilles avec des bouchons adaptés et limiter le volume des écouteurs.

ERREUR FRÉQUENTE

Ne confonds pas la **fréquence** (en Hz, liée à la hauteur) et l'**intensité** (liée à l'amplitude et au volume). Attention aussi à ne pas oublier de **diviser par 2** dans un calcul d'écho, et à convertir les ms et les kHz avant de calculer.

L'essentiel à retenir

- Un son est une vibration qui se propage dans un milieu matériel, jamais dans le vide ; vitesse dans l'air ≈ 340 m/s.
- La fréquence f (Hz) est le nombre de motifs par seconde : $f = 1 \div T$.
- Grave = basse fréquence ; aigu = haute fréquence ; fort = grande amplitude.
- Audible : 20 Hz à 20 kHz ; infrasons en dessous, ultrasons au-dessus.
- $d = v \times t$; pour un écho, $d = v \times t \div 2$.
- Les ultrasons servent à l'échographie, au sonar et aux télémètres ; au-delà de 85 dB, le bruit est dangereux.