

Caractéristiques des ondes

Quelles sont les caractéristiques des ondes progressives ?

1) Qu'est-ce qu'une onde progressive ?

→ T.P. : les ondes progressives à une dimension

http://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_fr.html

1) Présentation :

Le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu est appelé **ondes progressives**.

Certaines ondes ont besoin d'un milieu matériel pour se propager : ce sont des **ondes mécaniques**, comme par exemple les ondes sismiques et les ondes sonores.

D'autres ondes se propagent dans le vide : ce sont des **ondes électromagnétiques**, comme par exemple les infrarouges et les ondes radio.

La propagation d'une onde peut avoir lieu dans plusieurs directions. **Une onde progressive se propageant dans une seule direction est appelée onde progressive à une dimension.**

Les vagues à la surface de l'eau peuvent se propager dans un plan : celui de la surface de l'eau : cette propaga° est à 2 dimensions.

Le son dans l'air se propage dans les 3 dimensions de l'espace.

2) Vitesse de propagation d'une onde

La valeur de la vitesse de propagation v (= célérité), d'une onde est le quotient de la distance d qu'elle parcourt par la durée Δt mise par l'onde pour parcourir cette distance, soit :

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

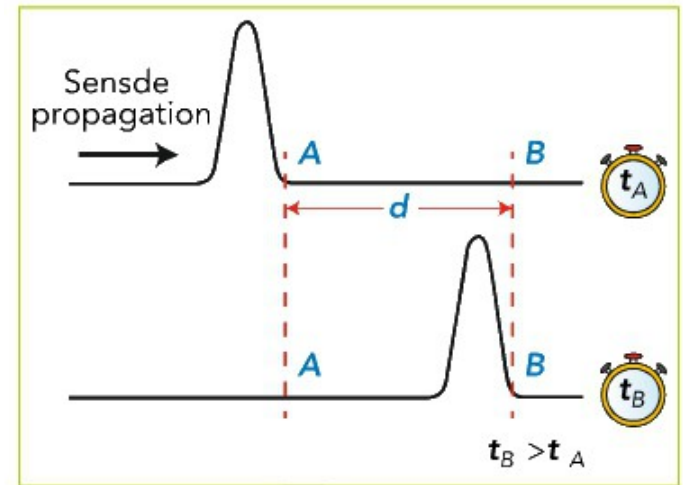
Avec v en mètre par seconde (m/s), d en mètre (m) et Δt en seconde (s).

3) Notion de retard et d'élongation

La perturbation observée au point A arrive au point B avec un **retard** τ . Le retard τ est la durée mise par l'onde pour se propager de A à B :

$$\tau = \frac{AB}{v}$$

Avec τ en seconde (s), AB en m, et v en m/s.



Aspect de la corde
à deux instants, t_A et t_B .
Entre ces deux instants, la perturbation
a progressé d'une distance $d = AB$.

Dans le cas des ondes mécaniques, un point est repéré par son **élongation**, c'est-à-dire sa position par rapport à sa position de repos.

2) Qu'est-ce qu'une onde progressive périodique ?

→ T.P. : Caractéristiques d'une onde progressive périodique

1) Définitions

* Onde progressive périodique :

Une onde progressive est périodique lorsque **la perturbation se reproduit identique à elle-même à intervalles de temps égaux**, appelés période temporelle T .

La fréquence f de l'onde est le nombre de répétitions de la perturbation par seconde, c'est l'inverse de la période T : $f = 1/T$ avec T en seconde et f en hertz (Hz)

* Onde progressive sinusoïdale :

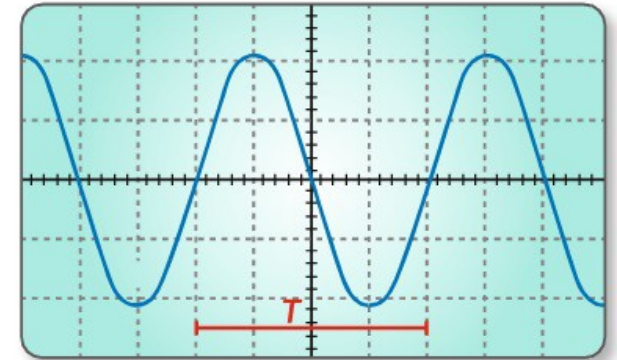
L'émission d'ondes ultrasonores correspond à une fonction sinusoïdale. Dans ce cas, l'évolution de l'élongation au cours du temps est donnée, par exemple, par une fonction de la forme :

$$x(t) = X_{\max} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \Phi\right)$$

X_{\max} est l'amplitude, T est la période et Φ la phase à l'origine, positive par définition et donnée par les conditions initiales.

Par exemple, à $t = 0$, si l'élongation a pour valeur $x(0) = X_{\max}$, alors $\Phi = 0$.

Une onde progressive est sinusoïdale lorsque l'élongation de tout point du milieu de propagation est une fonction sinusoïdale du temps. Une onde progressive sinusoïdale est périodique.



Oscillogramme d'une tension périodique sinusoïdale de période T .

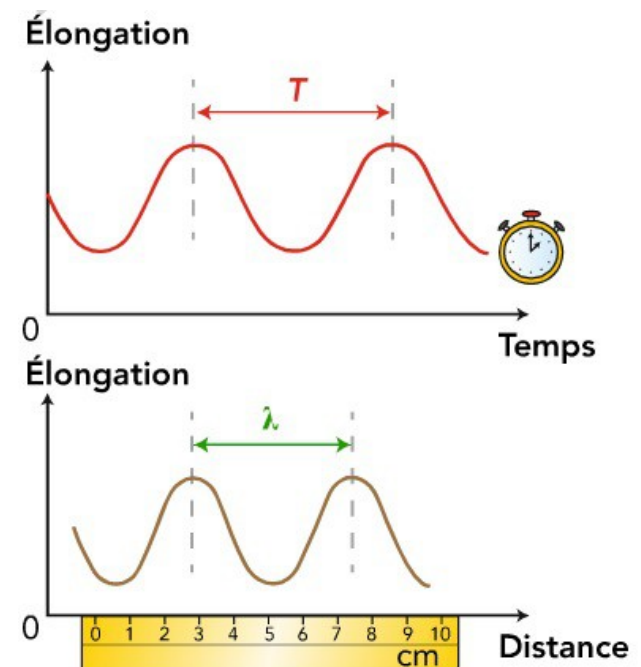
2) Double périodicité

Lorsqu'une onde périodique se propage, en certains points du milieu de propagation, les élongations sont en phase : les passages par l'élongation maximale sont alors simultanés.

Une onde progressive sinusoïdale possède une double périodicité :

- une période temporelle, T , appelée période ;
- une période spatiale, λ , appelée longueur d'onde.

Pour simplifier, la durée d'une perturbation est la période, et la distance parcourut par l'onde en une période est la longueur d'onde.



La longueur d'onde λ est la plus petite distance séparant deux positions pour lesquelles les élongations sont en phase (les pts ont à la même ordonnée). C'est aussi la distance parcourue par l'onde pendant la période temporelle T . Ainsi : $\lambda = v * T$ avec λ en m, v en m/s et T en s. On peut également écrire $\lambda = v/f$ avec f la fréquence en Hz car $f = 1/T$.

Remarque : La fréquence d'une onde ne change pas quand l'onde change de milieu de propagation. Ce n'est pas le cas de la longueur d'onde qui change quand la vitesse change.

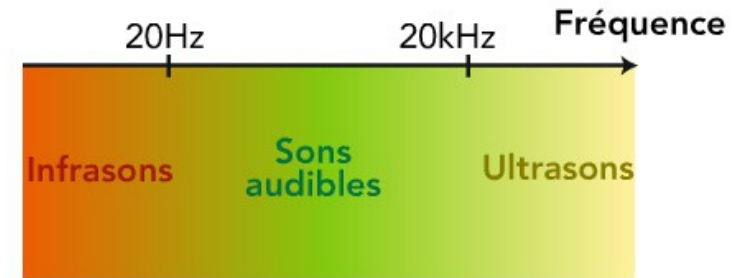
3) Quelles sont les caractéristiques des ondes sonores et ultrasonores ?

→ activité : Acoustique musicale

1) La perception des ondes sonores

L'oreille humaine perçoit des ondes sonores dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Les ondes sonores de fréquences inférieures à 20 Hz sont appelées infrasons. Celles de fréquences supérieures à 20 kHz sont appelées ultrasons

Certains animaux utilisent les ultrasons, d'autres les infrasons. Par exemple, les chauves-souris et les dauphins émettent et perçoivent des ultrasons dont la fréquence peut être supérieure à 100 kHz pour explorer leur environnement. Les éléphants et les baleines émettent et perçoivent des infrasons pour communiquer.

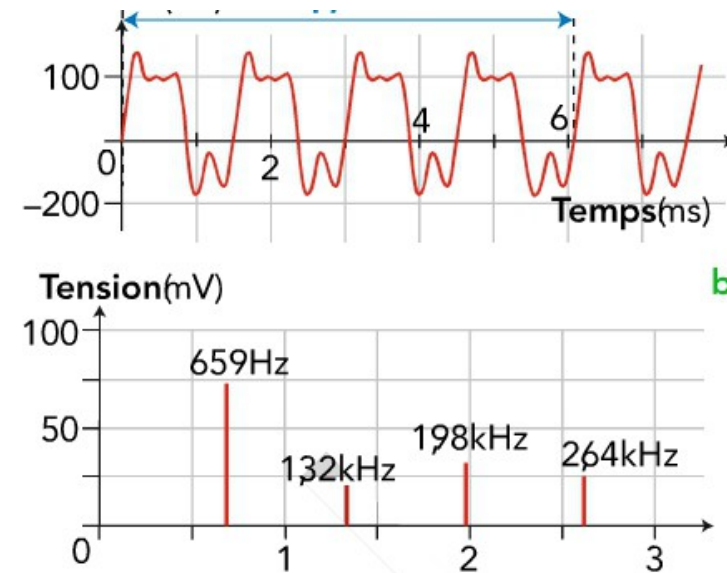


2) Le spectre d'un son

Le son produit par un instrument de musique comme une guitare est périodique, mais pas sinusoïdal (doc. 12a).

En 1822, le mathématicien français Joseph FOURIER a montré que tout signal périodique de fréquence f_1 peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences f_n multiples de f_1 . Ces signaux sinusoïdaux sont appelés **harmoniques**. L'**analyse spectrale** d'un son permet d'en obtenir le spectre en fréquences.

Le **spectre en fréquences** d'un son est la représentation graphique de l'amplitude de ses composantes sinusoïdales en fonction de la fréquence.



Le spectre en fréquences du son d'une guitare montre plusieurs pics de fréquences. Ce sont les harmoniques. La fréquence du plus faible est celle du fondamental, c'est aussi la fréquence du son. Toutes les fréquences du spectre f_n sont des multiples de la fréquence du fondamental donc $f_n = n * f_1$.

La hauteur et le timbre d'un son sont deux caractéristiques importantes. Plus la fréquence d'un son est faible, plus le son est grave et inversement.

Deux sons de même hauteur émis par deux instruments différents ne sont pas perçus de la même manière, car les harmoniques sont différents. Ces sons ont des timbres différents.

L'analyse spectrale d'un son musical permet de caractériser :

- la hauteur du son, liée à la fréquence f_1 du fondamental ;
- le timbre du son, lié au nombre et à l'amplitude des harmoniques.

3) Le niveau d'intensité sonore

Nous percevons les sons de manière plus ou moins intense. L'intensité sonore I caractérise l'intensité du signal reçue par l'oreille ; et s'exprime en W/m^2 .

L'oreille humaine perçoit des signaux sonores dont l'intensité est comprise entre une valeur minimale $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} W/m^2$ (le seuil d'audibilité) et une valeur maximale de $25 W/m^2$.

Il existe une autre grandeur pour mesurer le niveau d'intensité sonore, plus facile à utiliser que l'intensité sonore. Elle est notée L (de l'anglais *level*, niveau) et se mesure en décibel (dB)

Le niveau d'intensité sonore L est défini par :

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

avec I_0 correspondant au seuil d'audibilité.

I et I_0 s'exprime en $W \cdot m^{-2}$. L s'exprime en décibel (dB).

La notation « log » fait référence à la fonction logarithme décimal. L'échelle de L est graduée de 0 à 140 dB environ, alors que l'intensité sonore est graduée de 10^{-12} à $10^2 W \cdot m^{-2}$

Lorsque plusieurs instruments de musique jouent ensemble, lors d'un concert par exemple, les intensités sonores I dues à chaque instrument s'ajoutent. Les niveaux d'intensités sonores L ne s'ajoutent pas.

