

Animation

1. télécharger la version démo de Hatier
2. ondes transversale/longitudinale (Gastebois)
3. ondes transversales longitudinales(université de Nantes)
4. Animation sur les sons
5. transformée de Fourier de quelques signaux (Gastebois)
6. onde longitudinale (couche d'air)
7. détermination de la longueur d'onde Mr Passebon

Table des matières

I) onde progressive

- 1) propagation d'une perturbation
- 2) différence entre vitesse et célérité
- 3) retard de la perturbation

II) onde progressive périodique

- 1) définition / période temporelle / fréquence
- 2) onde progressive périodique sinusoïdale
- 3) périodicité spatiale : la longueur d'onde

III) ondes sonores et ultrasonores

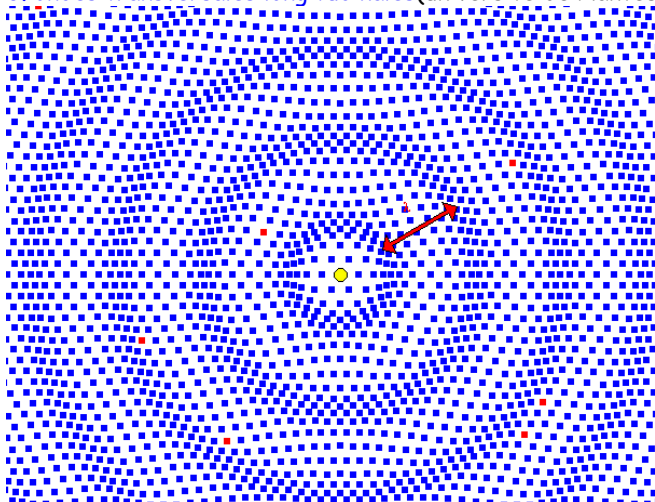
- 1) Quelle est la différence entre les sons, ultrasons et infrasons?
 - 2) le spectre d'un son
 - 3) le timbre d'un instrument de musique
 - 4) Le niveau d'intensité sonore L
- Programme officiel

I) onde progressive

1) propagation d'une perturbation

Animation:

1. télécharger la version démo de Hatier
2. ondes transversale/longitudinale (Gastebois)
3. ondes transversales longitudinales(université de Nantes)



En lançant une pierre dans l'eau on provoque une perturbation du milieu matériel. Cette perturbation se propage en cercles concentriques déformant au passage la surface de l'eau.



Une onde mécanique progressive **correspond au** phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel , modifiant temporairement ses propriétés (vitesse, position, énergie). **Après le passage de la perturbation le milieu reprend ses propriétés initiales.**

Attention : il n'y a pas transports de matière mais transport d'énergie (vidéo). Lors de la propagation de l'onde. Par exemple une onde sismique peut provoquer des raz de marée (tsunami) qui transportent une énergie dévastatrice.

Une onde peut se propager en:

- **1 dimension de l'espace**, c'est le cas d'une onde le long d'une corde. La direction de la propagation est la droite passant par la corde tendue
- **2 dimensions de l'espace**: c'est le cas de l'onde se propageant à la surface de l'eau.
- **3 dimensions de l'espace**: c'est le cas des ondes sonores ou lumineuses qui se propagent dans les toutes les directions.

2) différence entre vitesse et célérité

Le terme vitesse est utilisé pour les transports de matière, par exemple la vitesse de déplacement d'un véhicule. Le terme 'célérité' est utilisé pour les ondes.

La **célérité v** d'une onde progressive correspond à la vitesse de déplacement d'une perturbation dans le milieu de propagation. La célérité est égale au **rapport de la distance d parcourue sur la durée Δt du parcours**:

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

Unité légale: v en mètre par seconde (m.s⁻¹), d en mètre (m), Δt en seconde (s).

Exemple: télécharger la version démo de Hatier. Calculer la célérité d'une onde le long d'une corde. Eloigner les 2 points de d = 5,00 m et déterminer la durée mise par l'onde pour parcourir cette distance.

1m/s

Réponse: la distance d = 5,00 m, la durée mise par l'onde pour parcourir cette distance est Δt = 1,86 s . La célérité de l'onde est :

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{5,00}{1,86} = 2,69 \text{ m.s}^{-1}$$

Le résultat d'un calcul doit comporter autant de chiffres significatifs (vidéo) que la donnée qui en possède le moins c'est à dire 3 chiffres significatifs dans le cas de cet exercice

Dans le cas des ondes mécaniques, l'**élongation d'un point** du milieu correspond à sa **position par rapport à sa position d'équilibre**. Sur l'exemple ci-dessus, l'élongation est notée u(t) . Elle correspond à la valeur de la position du point M sur l'axe vertical. Quelle est Sa valeur maximale?

20 cm! A quel instant la valeur de l'élongation maximale est-elle atteinte pour le point rouge? Réponse: 2,0 s.

3) retard de la perturbation

Reprendre le schéma ci dessus et donner une définition du retard à la perturbation du point rouge par rapport au point bleu. Exprimer le retard en fonction de la distance d entre le point source bleu et le point rouge et la célérité v de l'onde.

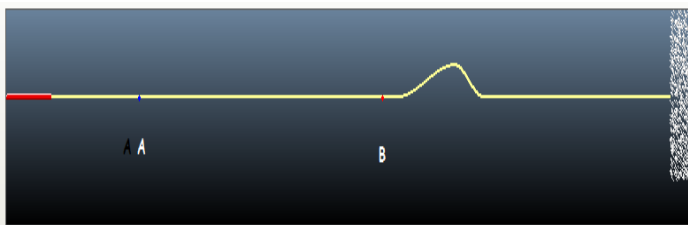
Une perturbation arrive au point A à l'instant t_A , se propage, et arrive à l'instant t_B en un point B. Le retard à la perturbation noté τ est égale à la différence entre t_B et t_A :

$$\tau = t_B - t_A$$

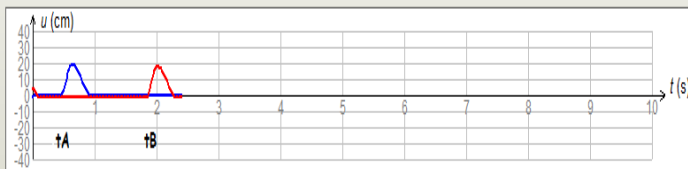
La relation entre le retard τ à la perturbation la célérité v de l'onde et la distance AB entre les points est:

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

Unité légale: v en mètre par seconde, AB en mètre (m), τ en seconde (s)

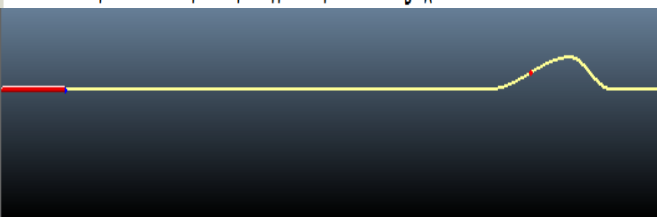


Démarrer Chronomètre 2,4

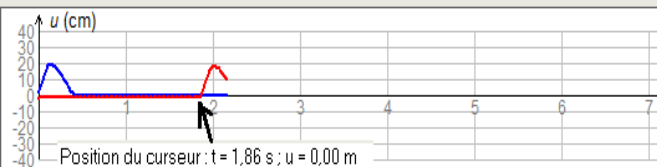


la perturbation arrive au point A à l'instant t_A et arrive au point B à l'instant t_B

le retard à la perturbation du point B par rapport au point A vaut $t_B - t_A$



Démarrer



Exercice: pourquoi voit-on l'éclair avant d'entendre le tonnerre? Calculer le retard à la perturbation entre le lieu de l'éclair et l'observateur pour:

- l'onde lumineuse
- l'onde sonore

Données: distance entre le lieu de l'éclair et l'observateur $d = 4,0$ km; célérité des ondes sonores v (son) = 340 m.s⁻¹; célérité des ondes lumineuses $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.

II) onde progressive périodique

1) définition / période temporelle / fréquence

Animation: ondes transversale/longitudinale (Gastebois). Observer l'onde transversale le long d'une corde. Définir une onde progressive périodique.

Une onde progressive est périodique lorsque la perturbation se reproduit identique à elle même à intervalle de temps T égaux. T est appelé la période temporelle T de l'onde progressive. L'unité de période temporelle est la seconde (s).

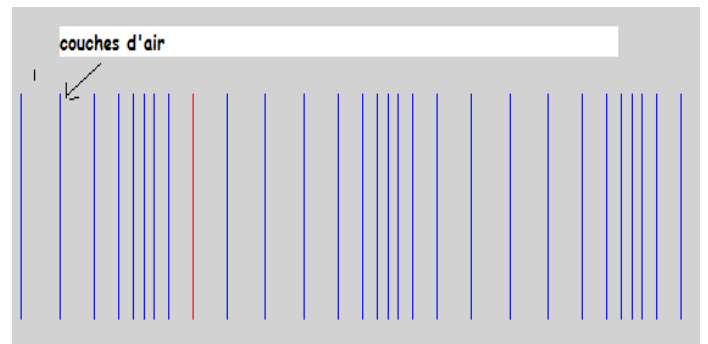
La fréquence f de l'onde périodique est égale à l'inverse de sa période temporelle T :

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

Unité légale: le Hertz (Hz)

Exemple, **Animation: onde longitudinale** : l'onde sonore produit par un diapason à une fréquence de 440 Hz. 440 fois par seconde les couches d'air effectue un déplacement et reviennent à leur position initiale. Quelle est la période temporelle de vibration T de la couche d'air?

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{440} = 2,27 \times 10^{-3} \text{ s}$$



2) onde progressive périodique sinusoidale

Rappel: donner les valeurs des sinus et cosinus des angles suivant et la valeur en degré d'un angle de 1 radian.

cos	sin
$\cos(0) = 1$	$\sin(0) = 0$
$\cos(\text{II}/4) =$	$\sin(\text{II}/4) =$
$\cos(\text{II}/3) =$	$\sin(\text{II}/3) =$
$\cos(\text{II}/2) =$	$\sin(\text{II}/2) =$
$\cos(\text{II}) =$	$\sin(\text{II}) =$

$$2.\pi \text{ rad} = 360^\circ$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360}{2.\pi} = 57,3^\circ$$

Une onde progressive périodique est sinusoidale lorsqu'une grandeur physique $u(t)$ de tous points du milieu de propagation est une fonction sinusoidale du temps:

$$u(t) = U_m \cdot \cos\left(\frac{2.\pi.t}{T} + \varphi\right) = U_m \cdot \cos(2.\pi.f.t + \varphi)$$

U_m : amplitude de la grandeur physique associée à l'onde

T : périodicité temporelle de l'onde (seconde)

t : instant en seconde (s)

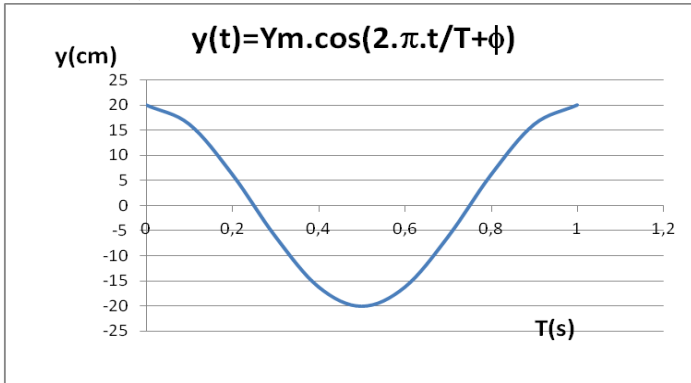
φ : phase à l'origine (valeur de l'angle à $t = 0$ s)

Exemple de grandeur physique $u(t)$:

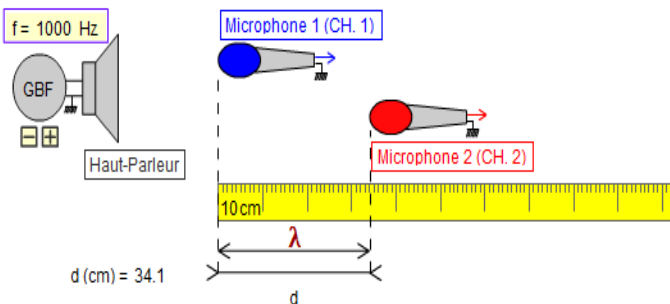
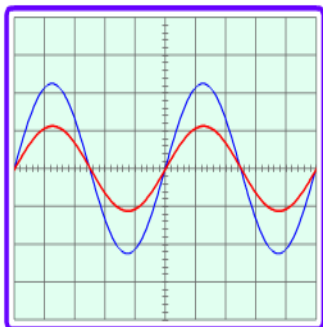
- l'élongation sur l'axe des y du point d'une corde notée $y(t)$
- la tension $u(t)$ produite par un microphone qui capte un son de fréquence f . [Animation de Mr Passebon](#)
- la pression $P(t)$ d'un point du milieu etc...

Exercice: tracer sur un graphique l'élongation $y(t)$ d'une corde au cours du temps possédant les caractéristiques suivantes:

phase à l'origine $\phi = 0$; période $T = 1,0$ s; amplitude $Y_m = 20$ cm. On dessinera les points correspondant aux abscisses $t = 0$ s; $t = T/4$; $t = T/2$; $t = 3T/4$; $t = T$. Effectuer le même travail mais avec le tableur Excel en traçant les points toutes les 0,1 s.



3) périodicité spatiale : la longueur d'onde



Utiliser l'animation de Mr Passebon éloigner les microphones. Quelles observations faites-vous? Donner une définition de la longueur d'onde.

Régler une fréquence de 500 Hz, déterminer expérimentalement la valeur de la longueur d'onde λ . Sachant que la célérité des ondes sonores est $v = 340$ m.s⁻¹, trouver une relation entre λ , la période temporelle de vibration T et la célérité.

La longueur d'onde notée λ est :

- la plus petite distance séparant 2 positions pour lesquelles les élongations sont en phase (elles atteignent leur maximum et leur minimum d'élongation en même temps). Les positions éloignées de $n \cdot \lambda$ (n : entier naturel) vibrent également en phase.

- la distance parcourue par l'onde en une période temporelle T :

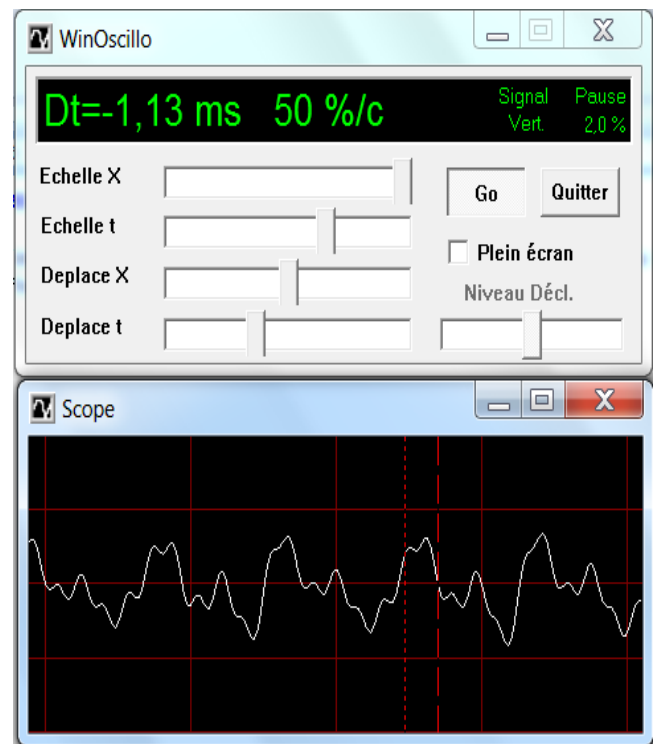
$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$$

v : célérité de l'onde (m.s⁻¹); T : périodicité temporelle (s); λ longueur d'onde (m); f : fréquence de l'onde (Hz)

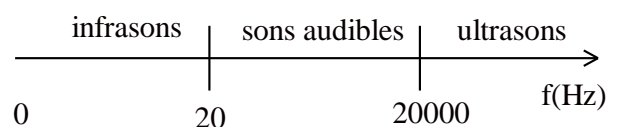
Exemple: une onde sonore de fréquence $f = 1000$ Hz est produite par un HP. Lorsque la distance entre les 2 couches d'air vaut $d = \lambda = 34$ cm on remarque qu'elles vibrent en phase. Que vaut la célérité de l'onde sonore?

III) ondes sonores et ultrasonores

Introduction: Cliquer sur l'animation suivante qui transforme le PC en oscilloscope. Le logiciel WinOscillo transforme l'onde sonore en tension électrique de même fréquence. Produire un son régulier avec votre bouche. L'onde sonore est-elle périodique? Calculer sa période et sa fréquence.



1) Quelle est la différence entre les sons, ultrasons et infrasons?

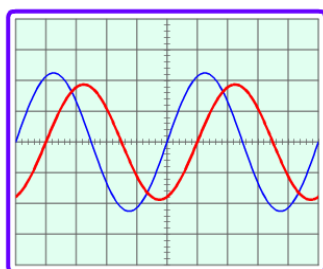


Un son audible par l'oreille humaine est compris entre 20 Hz et 20000 Hz environ. Au-delà il s'agit des ultrasons (audibles par les chiens par exemple). En deçà il s'agit des infrasons. Plus l'amplitude de la vibration mécanique est

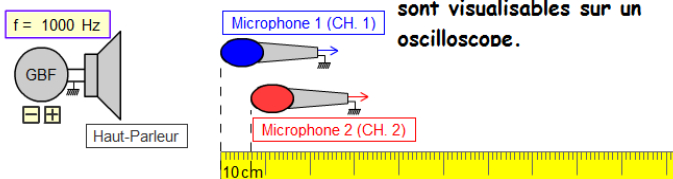
grande, plus l'intensité sonore est importante. Plus le son est **grave** plus la fréquence est **faible**.

La source de l'onde sonore se propage dans les 3 dimensions. L'oreille ne perçoit qu'une partie de l'énergie mécanique correspondant. De plus l'onde mécanique est en partie absorbée par le milieu.

Animation sur les sons



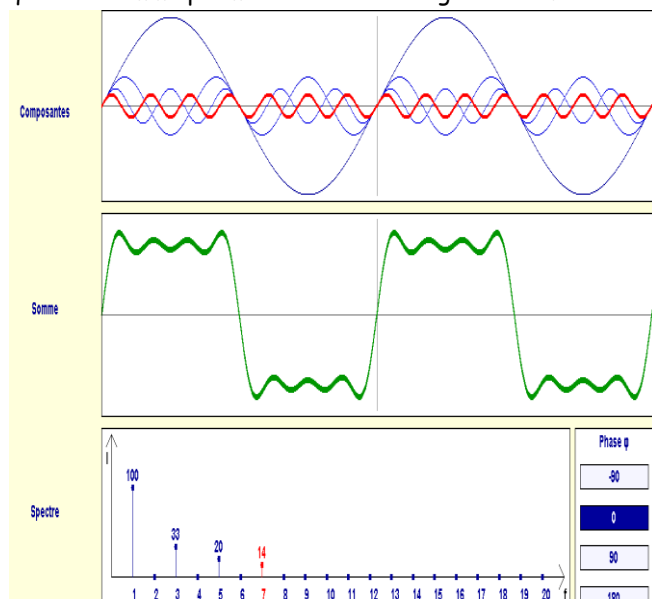
le HP produit une onde sonore périodique de fréquence f . Elle met en mouvement les couches d'air. Les vibrations des couches d'air sont converties en tensions électriques de même fréquence f par les microphones. Les 2 tensions sont visualisables sur un oscilloscope.



2) analyse spectrale d'un signal périodique

En 1822 **Joseph Fourier** montre que tout signal périodique de fréquence f_1 peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquence f_n multiples de f_1 . Les signaux sinusoïdaux sont appelés les **harmoniques**.

Exemple: Animation de Mr Gastebois: transformée de Fourier de quelques signaux. Un signal carré de fréquence 100 Hz est la somme de signaux sinusoïdaux de fréquence et d'amplitude: ($f_1 = 100$ Hz, $A_1 = 100$), ($f_3 = 3 \cdot f_1 = 300$ Hz, $A_3 = 33,3$), ($f_5 = 5 \cdot f_1 = 500$ Hz, $A_5 = 20$) etc.. Utiliser l'animation1, effectuer la somme des signaux sinusoïdaux de f_1 , f_3 et f_5 affecté de leur amplitude respective et vérifier que leur somme permet d'obtenir un signal carré.



3) analyse spectrale d'un son

Le son produit par un instrument de musique est périodique mais pas sinusoïdale. Il peut être décomposé en une somme de signaux sinusoïdaux appelé sa transformée de Fourier.

Le spectre en fréquence d'un son est la représentation graphique de l'amplitude en fonction de la fréquence des

différents harmoniques du son. L'harmonique de rang 1 appelée également **fondamental** possède la même fréquence f_1 que le son. La fréquence d'un son est appelé sa **hauteur**. Les fréquences f_n des autres harmoniques sont des multiples de la fréquence f du fondamental $f_n = n \cdot f$

Exemple: vibration d'une corde de piano et son spectre de fréquence:

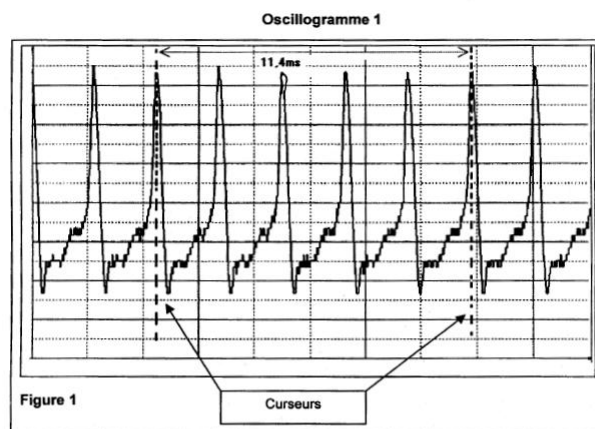


Figure 1

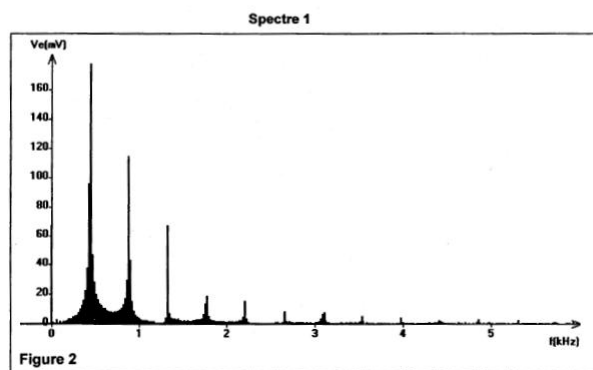
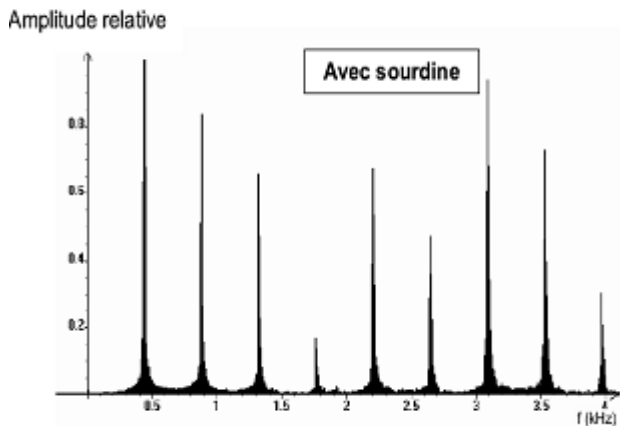
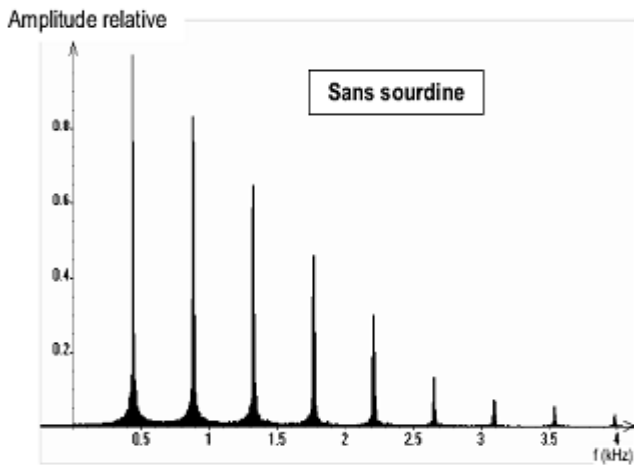


Figure 2

4) le timbre d'un instrument de musique

Deux instruments peuvent jouer la même note par exemple un La de fréquence 440 Hz. Cependant le son paraîtra différent car les **harmoniques qui les constituent seront différents**. Les sons ont des **timbres différents**. Le timbre d'un son dépend des harmoniques qui le composent.

Exemple: spectre d'une note de musique jouée par un clairon avec et sans sourdine. Pourquoi le timbre est-il différent? Car le spectre est différent!



	quantitativement un phénomène de propagation d'une onde.
Ondes progressives périodiques, ondes sinusoïdales.	Définir, pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence et la longueur d'onde. Connaître et exploiter la relation entre la période ou la fréquence, la longueur d'onde et la célérité. Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la période, la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale.
Ondes sonores et ultrasonores. Analyse spectrale. Hauteur et timbre.	Réaliser l'analyse spectrale d'un son musical et l'exploiter pour en caractériser la hauteur et le timbre.

5) Le niveau d'intensité sonore L

Vidéo

Le niveau d'intensité sonore L d'un son, d'intensité sonore I, est donné par la formule :

$$L = 10 \cdot \log(I/I_0)$$

Avec $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ est une intensité sonore correspondant au seuil d'audibilité

Unité: le décibel (dB)

Exemple : Le seuil d'audibilité correspond à $I = I_0$. Le niveau sonore correspondant est :

Le seuil de douleur correspond à une intensité sonore

$I = 25 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$. Le niveau sonore L correspondant est :

Le niveau sonore est mesuré par un **sonomètre**.

Programme officiel

Observer: ondes et matière

Les ondes et les particules sont supports d'informations.

Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ? Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ?

notions et contenus	compétences exigibles
Caractéristiques des ondes Ondes progressives. Grandeurs physiques associées. Retard.	Définir une onde progressive à une dimension. Connaître et exploiter la relation entre retard, distance et vitesse de propagation (célérité). Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier qualitativement et