

Animation :

- [onde longitudinale ou transversale](#)
- [célérité d'une onde](#)
- Cliquez sur l'animation onde sinusoïdale périodique
- [onde sonore](#)
- [synthèse d'un son musical](#)
- [analyse spectrale d'un son](#)
- [l'animation niveau sonore](#)

I) onde progressive

I-1 propagation d'une perturbation

Cliquez sur l'animation [onde longitudinale ou transversale](#).

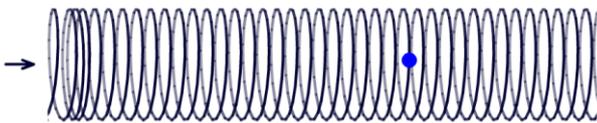
Onde transversale

(direction de propagation perpendiculaire à la déformation)



Onde longitudinale

(direction de propagation parallèle à la déformation)



Donner votre définition d'une onde mécanique progressive longitudinale puis transversale.

A compléter avec les mots : perturbation, matériel, propagation, d'énergie.

Une onde mécanique progressive **correspond au** phénomène de _____ d'une _____ dans un milieu _____, modifiant temporairement ses propriétés (vitesse, position, énergie). Après le passage de la perturbation le milieu reprend ses propriétés initiales. Il n'y a pas transports de matière mais transport _____ (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.

I-2 différence entre vitesse et célérité

Cliquez sur l'animation : [célérité d'une onde](#)



1) Quelle est l'expression littérale de la célérité de l'onde ?

La calculer

2) De quel paramètre dépend-elle ?

3) Qu'est-ce qu'on appelle l'élongation y d'un point à l'instant t ?

A compléter avec les mots : $m \cdot s^{-1}$, durée, mètre par seconde, distance d , m , seconde, mètre, s .

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** _____ **parcourue** sur la _____ Δt du parcours:

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

Unités légales: v en _____ (____), d en _____ (____), Δt en _____ (____).

Remarque :

- 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.

- dans le cas des ondes mécaniques, l'**élongation d'un point** du milieu correspond à sa _____ par rapport à sa position d'équilibre.

I-3 retard de la perturbation

A partir de l'animation [célérité d'une onde](#), donner une définition du retard à la perturbation du point C2 par rapport au point C1. Exprimer le retard noté τ en fonction de la distance d entre les 2 points 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 _____ entre t_B et t_A :

$$\tau =$$

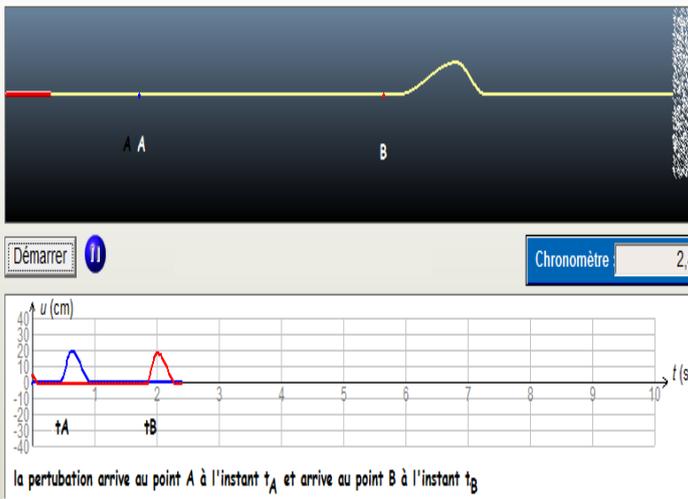
$$t_B - t_A$$

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

$$v = \text{_____} \text{ donc } \tau =$$

Unités légales: v en mètre par seconde, AB en mètre (m), τ en seconde (s)

Exercice 1: déterminer la célérité de l'onde ci-dessous



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 $t_B - t_A$

Exercice 2: 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 $d = 4,0 \text{ km}$; célérité des ondes sonores $v \text{ (son)} = 340 \text{ m.s}^{-1}$; célérité des ondes lumineuses $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

II) onde progressive périodique

II-1 étude expérimentale

Clique sur l'animation onde sinusoïdale périodique

- 1) A quoi correspond la période T (s) de l'onde ? Quelle est sa valeur ?
- 2) En déduire la fréquence f (Hz) du phénomène
- 3) A quoi correspond la variable y ?
- 4) Placer le point rouge sur la source, régler la distance minimale entre les 2 points rouges et bleu de manière à ce qu'ils vibrent en phase (ils atteignent leur maximum d'élongation en même temps). Noter la distance. Elle est appelée la longueur d'onde, elle est notée λ . Eloigner les 2 points d'une valeur égale à deux fois cette valeur. Que remarquez-vous ? Donner une propriété de la longueur d'onde λ .
- 5) La célérité de l'onde est égale au rapport de la longueur d'onde λ sur la période temporelle T . Calculer cette célérité. Dépend-t-elle de l'amplitude ?
- 6) Donner votre définition d'une onde progressive périodique.
- 7) Exercice à la maison : effectuer l'activité correspondant à l'animation.

II-2 définition : période temporelle T et fréquence f

A compléter avec les mots: identique à elle-même, périodique, , seconde (s), Hertz (Hz), période temporelle, l'inverse.

Une onde progressive est _____ lorsque la perturbation se reproduit _____ à intervalle de temps T égal. T est appelé la _____ de l'onde progressive. L'unité de période temporelle est la _____

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

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

Unité légale: le _____ Hertz (Hz)

Exemple : L'onde sonore (animation) produite par un diapason à une fréquence de $f = 440 \text{ Hz}$. 440 fois par seconde les couches d'air effectue un déplacement et reviennent à leur position initiale. Quelle est la période temporelle T de vibration de la couche d'air?

II-3 périodicité spatiale : la longueur d'onde

A compléter avec les mots: v/f , distance, λ / T phase , $n \cdot \lambda$, période temporelle T , $v \cdot T$

La longueur d'onde notée λ est égale à la distance parcourue par l'onde en une _____ :

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

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

$$\lambda = v \cdot T$$

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

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

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

III) ondes sonores et ultrasonores

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

Animation : production d'un son, analyse spectrale.

- faire varier l'amplitude et la fréquence du son. Conclusion ?

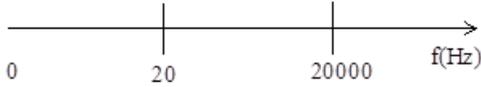
A compléter avec les mots: sonore, 20 Hz, ultrasons, infrasons, l'intensité sonore, 20000 Hz, faible.

Un son audible par l'oreille humaine est compris entre _____ et _____ environ. Au-delà il s'agit des _____ (audibles par les chiens par exemple). En deçà il s'agit des _____. Plus l'amplitude de la vibration mécanique est grande, plus _____ est importante.

Plus le son est **grave** plus la fréquence est _____ .

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.

Compléter le schéma ci-dessous avec le nom de chaque domaine des vibrations mécaniques :



[Animation sur les sons](#)

III-2 étude expérimentale sur l'analyse spectrale d'un signal périodique

Clique sur [l'animation: production d'un son, analyse spectrale](#).

1) Règle un signal sinusoïdal de fréquence $f_1 = 250$ Hz et d'amplitude $A_1 = 50$. Ajoute à ce signal un signal sinusoïdal de fréquence $f_2 = 2.f_1 = 500$ Hz et d'amplitude $A_2 = 10$. Le signal correspondant à la somme de ces 2 signaux sinusoïdaux est-il sinusoïdal ? Est-il périodique ? Si oui, quelle est sa période T et sa fréquence f ? Comparer ces valeurs à T_1 et f_1 .

2) Produire, à l'aide de l'animation, un signal correspondant à la somme des signaux sinusoïdaux possédant les caractéristiques suivantes :

$f_1 = 1000$ Hz, amplitude $A_1 = 50$

$f_2 = 2000$ Hz, $A_2 = 40$

$f_3 = 3000$ Hz, $A_3 = 100$

Quelle est sa fréquence f ?

3) Comment produire un signal périodique quelconque ?

III-3 décomposition de Fourier d'un signal périodique quelconque

A compléter avec les mots : fondamental, signaux sinusoïdaux, multiples, f , harmoniques, même, somme

En 1822 Joseph Fourier montre que tout signal périodique de fréquence f est égale à la _____ de

_____ de fréquence _____ de f : $f_1 = f$, $f_2 = 2f_1$, $f_3 = 3.f_1$

Les signaux sinusoïdaux sont appelés les _____. L'harmonique de rang 1, appelé également le _____, à la _____ fréquence que le signal : $f_1 =$ _____

Exercice : à l'aide de l'animation, déterminer les fréquences et amplitude des harmoniques permettant de créer un signal triangulaire de fréquence 1000 Hz.

Noter vos résultats sous la forme : $f_1 =$ _____ ; $A_1 =$ _____ ; $f_2 =$ _____ ; $A_2 =$

III-4 analyse spectrale d'un son

Etude expérimentale : 1) cliquer sur l'animation [analyse spectrale d'un son](#) puis sur l'icône [piano](#). Figer le spectre

lors de la première note de musique. A l'aide du curseur rouge déterminer les fréquences des 4 premiers harmoniques. Quelle est la fréquence du fondamental ? En déduire la fréquence de la première note jouée.

2) Même question pour la note 2.

3) Clique sur l'icône représentant la sinusoïde. Règle le curseur de fréquence à 200 Hz. Le son produit est qualifié de son pur. De combien d'harmonique est-il composé ? Que vaut sa fréquence ?

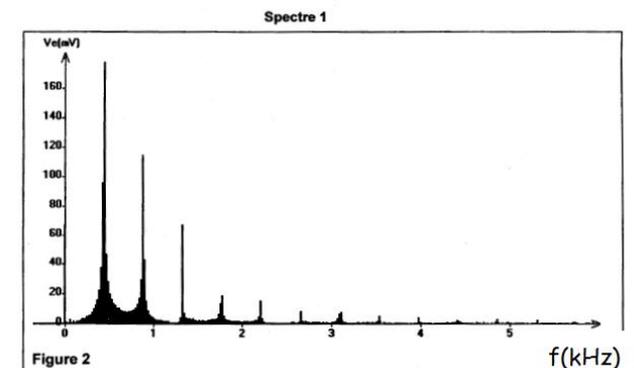
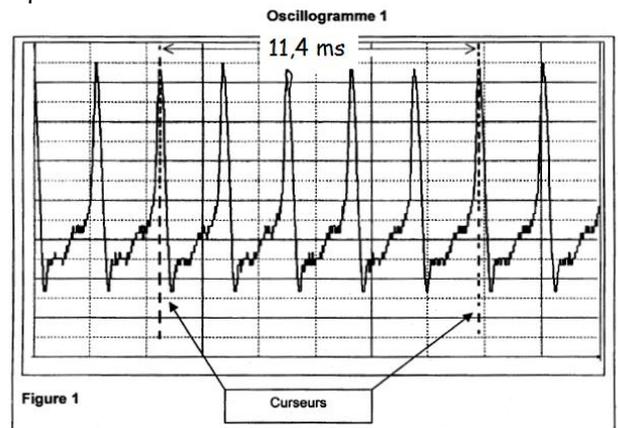
4) Augmente la fréquence du son jusqu'à 300 Hz. Le son est-il plus aigu ou plus grave ?

A compléter avec les mots : même, périodique, harmoniques, sinusoïdale (2 fois), somme, l'amplitude, fondamental (2 fois), fréquence, hauteur.

Le son produit par un instrument de musique est _____ mais pas forcément de forme _____. Il peut être décomposé en une _____ de signaux sinusoïdaux appelés harmoniques. Le spectre en fréquence d'un son est la représentation graphique de _____ en fonction de la _____ des différents harmoniques. L'harmonique de rang 1, appelée également _____, possède la _____ fréquence f_1 que le son. Les fréquences f_n des autres harmoniques sont des multiples de la fréquence f du fondamental $f_n = n.f$. La fréquence d'un son est appelé sa _____.

Un son pur, comme celui produit par un diapason est de forme _____. Il ne possède qu'un seul harmonique, le _____.

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



Exercice : déterminer la fréquence de la note par 2 méthodes que vous expliquerez.

III-4 le timbre d'un instrument de musique

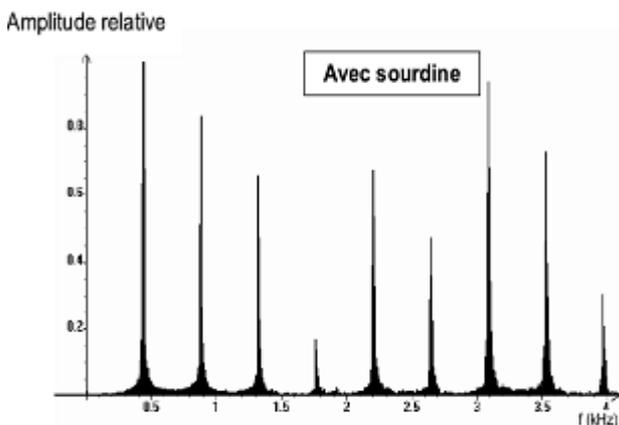
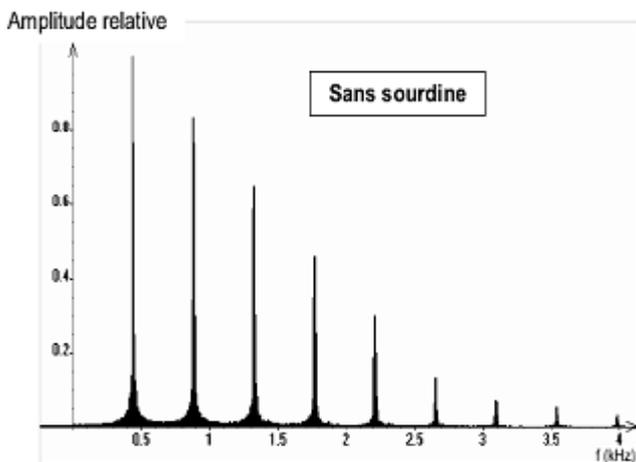
Cliquer sur l'animation [synthèse d'un son musical](#).

- 1) Clique sur la note Fa correspondant à la fréquence $f = 174$ Hz. Joue cette note avec les instruments proposés.
- 2) Quel est le point commun de toutes ses notes ? Qu'est-ce qui les différencie ?
- 3) Chaque instrument de musique possède son propre timbre. Définir ce qu'est le timbre d'une note.

A compléter avec les mots : différentes, timbres, harmoniques, amplitude.

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

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



III-5 Le niveau d'intensité sonore L (dB)

Vidéo

Clique sur [l'animation niveau sonore](#)

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

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

I : intensité sonore au point considéré

$I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$, intensité sonore correspondant au

seuil d'audibilité

Unité: le décibel (dB)

La fonction log permet d'afficher sur une courbe des grandeurs très différentes.

Effectuer sur votre machine à calculer les opérations suivantes :

opération	résultat
Log (10^0)	
log (10^1)	
log(10^2)	
log(10^{-12})	
log (10^n)	

Exercice :

- 1) Le seuil d'audibilité correspond à $I = I_0$. Calculer le niveau sonore correspondant.
- 2) Le seuil de douleur correspond à une intensité sonore $I = 25 \text{ W.m}^{-2}$. Le niveau sonore L correspondant est égale à ?

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 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.

Préparer le DS

- 1) Donner la définition d'une onde progressive.
- 2) Quelle est la relation entre le retard à la perturbation, la distance parcourue par l'onde et sa célérité ?
- 3) Définir, pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence et la longueur d'onde.
- 4) Quelle est la relation entre la période ou la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale ?
- 5) En quoi peut être décomposé un signal périodique quelconque ?
- 6) Qu'appelle-t-on le fondamental ?
- 7) Qu'est-ce que le spectre d'un signal périodique ?
- 8) Qu'appelle-t-on un son pur ?
- 9) A quelle fréquence correspond la fréquence du fondamental ?
- 10) Pourquoi 2 mêmes notes jouées avec 2 instruments différents n'a pas le même timbre ?