



Fiche de synthèse n°9

Ondes mécaniques

1. Les ondes mécaniques

1.1. Définition d'une onde mécanique

Notion de perturbation d'un milieu matériel

Un milieu matériel est un espace contenant de la matière. Le milieu non matériel est le vide.

On dit que l'on crée une perturbation d'un milieu matériel lorsque l'on provoque un mouvement de matière localisé et réversible dans ce milieu.

Onde mécanique

Une onde mécanique est la **propagation** de proche en proche de la perturbation d'un milieu matériel sans transport global de matière.

Le mot « propagation » indique que c'est perturbation qui se déplace mais que le milieu, lui, ne se déplace pas globalement.

Exemples d'ondes mécaniques

- la houle est la propagation de la perturbation de la surface de l'eau ;
- le séisme est la propagation de la perturbation de la croûte terrestre ;
- le son est la propagation de la perturbation de l'air (ou de tout autre milieu autre que le vide).

1.2. Ondes mécaniques longitudinales et transversales

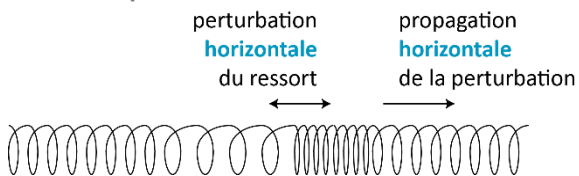
Le caractère longitudinal ou transversal d'une onde mécanique résulte de la comparaison entre la direction dans laquelle la perturbation se propage et la direction dans laquelle le milieu est déformé dans la perturbation.

Onde longitudinale

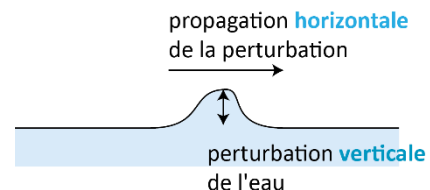
L'onde est dite **longitudinale** lorsque la perturbation est une déformation du milieu **parallèle** à la direction de propagation de l'onde.

L'onde est **transversale** lorsque la perturbation est une déformation du milieu **perpendiculaire** à la direction de propagation de l'onde.

Deux exemples :



Ce ressort est perturbé horizontalement.
La perturbation se propage horizontalement.
Il s'agit donc d'une onde **longitudinale**.



Une vague est une perturbation (ici un soulèvement d'eau) verticale.
Or la vague se propage horizontalement.
Il s'agit donc d'une onde **transversale**.



1.3. Célérité d'une onde mécanique à une dimension

Onde mécanique à une dimension

Une onde est à une dimension si la perturbation se propage dans **une unique direction** dans tout le milieu.

C'est le cas si le milieu est lui-même à une dimension (exemple : une corde, un ressort) ou bien si chaque point de la perturbation se propage dans une direction donnée.

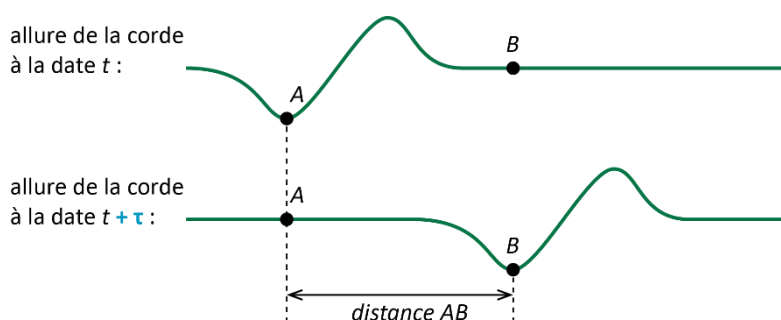
Remarque : s'il existe plusieurs directions de propagation mais que toutes appartiennent à une même surface, l'onde est à deux dimensions ; dans tous les autres cas elle est à trois dimensions.

Notion de retard

Si un point A du milieu est atteint par une perturbation à une date t et un point B est atteint par la même perturbation à une date $t + \tau$: τ est le retard avec lequel la perturbation atteint B. τ

Le retard est le nom donné à la **durée** mise par la perturbation pour se propager entre deux points du milieu.

Exemple dans le cas d'une perturbation le long d'une corde :



le point B est dans le même état de perturbation que le point A après une durée τ : c'est le retard de l'onde

Célérité de l'onde mécanique à une dimension

La **vitesse de propagation** d'une perturbation est appelée **célérité** de l'onde.

Dans le cas d'une onde à une dimension, si un point B est atteint par la même perturbation qu'un point A avec un retard τ , la célérité de l'onde vaut :

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

Unités SI : AB est une distance en m, τ une durée en s donc v est en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. Les ondes mécaniques périodiques

2.1. Rappel sur les phénomènes périodiques

Un phénomène est périodique s'il se reproduit identique à lui-même à intervalles de temps réguliers. Sa période, notée T , est la durée écoulée entre deux reproductions successives du phénomène.

La fréquence

On appelle fréquence le nombre reproductions par unité de temps du phénomène. Fréquence et période sont liées par :

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

Unités SI :

- T : période exprimée en s ;
- f : fréquence exprimée **en hertz** (Hz) ; $1\text{Hz} = 1$ reproduction par s du phénomène périodique.



2.2. Définition des ondes périodiques

Une onde périodique décrit la propagation d'une perturbation périodique du milieu.

La longueur d'onde

Si la perturbation du milieu est périodique, alors, lorsque l'onde a atteint tout le milieu, celui-ci est perturbé identiquement à intervalles de distances réguliers.

Exemple : les vagues à la surface d'une cuve à ondes



On appelle longueur d'onde **la plus petite distance**, à un instant donné, au bout de laquelle le milieu se retrouve dans le même état de perturbation. La longueur d'onde est notée λ et son unité SI est le mètre (puisque c'est une distance).

Relation entre fréquence, célérité et longueur d'onde

La longueur d'onde correspond à la distance parcourue par la perturbation pendant une durée égale à une période. On a donc :

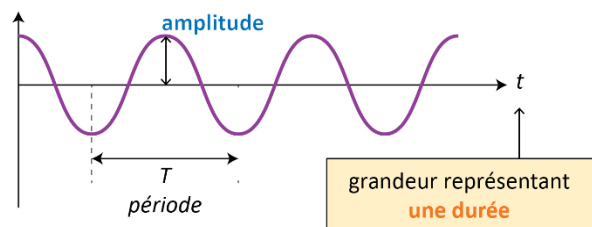
$$\lambda = v \times T = \frac{v}{f}$$

2.3. Cas des ondes mécaniques sinusoïdales

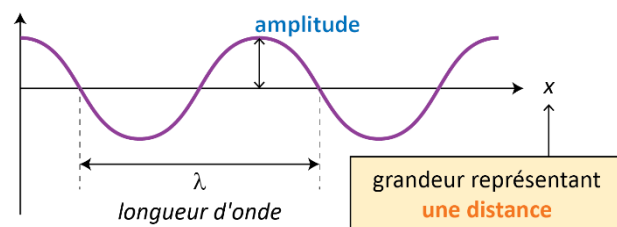
Une fonction sinusoïdale est un cas particulier de fonction périodique.

En physique, on parle d'onde sinusoïdale si la perturbation du milieu évolue, dans le temps et dans l'espace, de manière sinusoïdale. Les graphiques ci-dessous permettent alors de définir la période, la longueur d'onde et l'amplitude d'une onde sinusoïdale :

grandeur étudiée en **un point du milieu**



grandeur étudiée **à un instant donné**



Attention : ces deux graphiques se ressemblent mais ne montrent pas du tout la même chose : le premier montre une évolution temporelle alors que l'autre montre une évolution spatiale !

À propos de l'amplitude de l'onde :

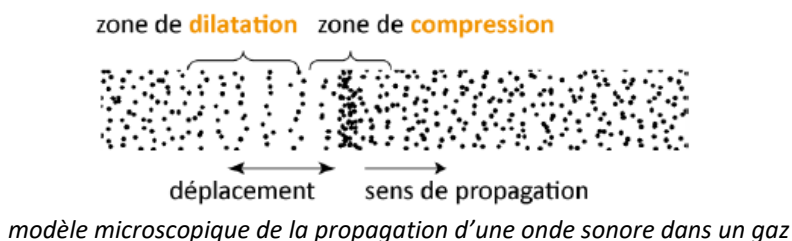
L'amplitude est la valeur maximale de la grandeur étudiée. Son unité dépend de l'onde considérée : l'amplitude est en mètre pour une vague à la surface de l'eau, en Pa pour une onde sonore, etc.



3. Ondes sonores et ultrasonores

3.1. Comment se propage le son ?

Une source sonore crée une surpression dans le milieu, appelée pression acoustique. Cette surpression se propage de proche en proche et constitue l'onde sonore.



L'onde sonore est une onde mécanique longitudinale. La perturbation est une variation de la pression, appelée **pression acoustique**.

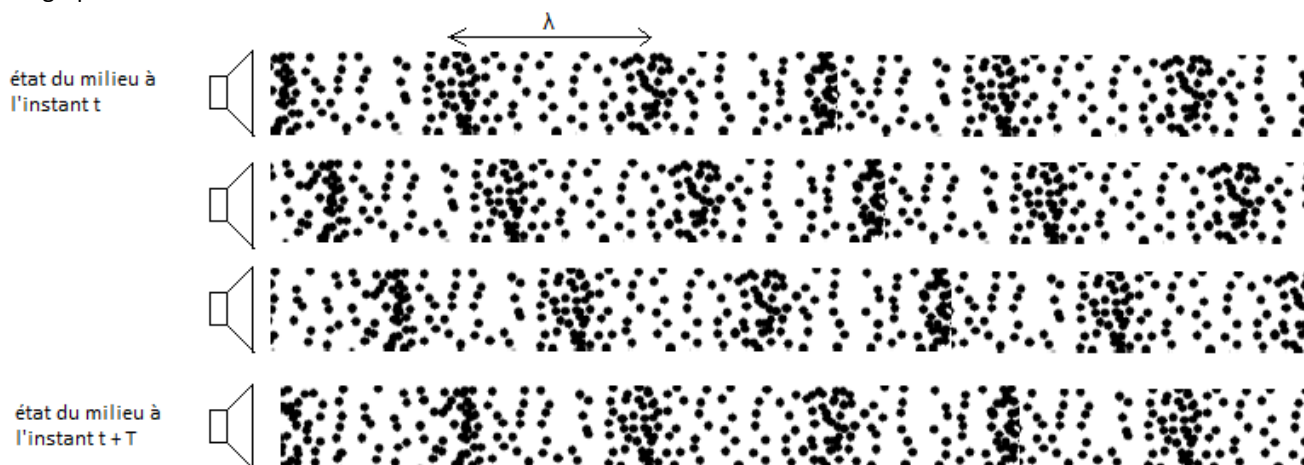
Comme toutes les ondes mécaniques, l'onde sonore ne peut exister que dans un milieu matériel. La célérité des ondes sonores dépend de leur milieu de propagation :

Milieu	Air	Eau douce	Acier
Célérité du son (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	340	1500	5800

Vitesse de propagation des ondes sonores dans différents milieux à la température de 20°C

3.2. L'onde sonore sinusoïdale

L'onde sonore peut être périodique et sinusoïdale. La perturbation est alors une vibration du milieu. L'onde sonore périodique est alors caractérisée par une fréquence et une longueur d'onde, répondant aux définitions énoncées dans le paragraphe 2.



3.3. Lien entre la perception du son et les propriétés physiques de l'onde sonore

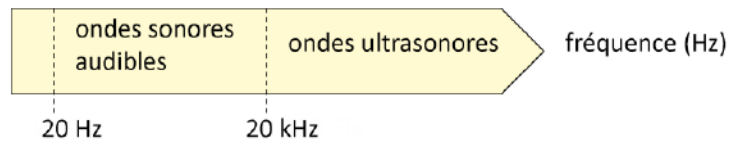
Perception de la hauteur d'un son

Lorsqu'une onde sonore est périodique, on peut lui associer une note de musique.

Plus la fréquence est basse, plus le son est perçu comme grave et plus sa fréquence est élevée, plus le son est perçu comme aigu.



Le domaine audible



Perception du « volume sonore »

Notre perception du « volume sonore » est décrite en physique par une grandeur appelée **niveau sonore**. Elle se note « *L* » (de l'anglais level) et s'exprime en décibels (dB).

Le niveau sonore est la grandeur qui décrit notre perception du volume sonore. *L* s'exprime en décibel (dB) et se mesure à l'aide d'un sonomètre.

