



Chapitre 1 : Ondes mécaniques progressives

Différents types d'ondes mécaniques progressives

Une **perturbation** est une modification locale et temporaire d'une propriété d'un milieu : forme, pression, température, quantité de matière, etc.

Une **onde mécanique progressive** est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel élastique, **sans transport de matière**.

Onde transversale

Une onde est **transversale** lorsque la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

Onde le long d'une corde.

Chaque point de la corde reproduit le mouvement du point précédent.
La perturbation se déplace, mais la matière ne se déplace pas avec elle.

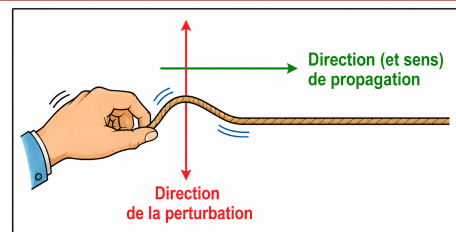


Figure – Onde transversale le long d'une corde

Onde à la surface de l'eau.

Des rides circulaires naissent autour du point d'impact. Chaque point d'eau monte puis redescend, tandis que les rides se propagent horizontalement.



Figure – Rides circulaires à la surface de l'eau

Onde longitudinale

Une onde est **longitudinale** lorsque les points du milieu se déplacent dans la même direction que celle de la propagation.

Onde le long d'un ressort.

Quelques spires sont comprimées puis libérées. Chacune se détend et comprime la suivante : la zone de compression se propage.

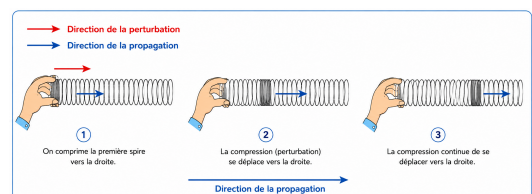


Figure – compression le long d'un ressort

Onde sonore.

Une onde sonore est une onde longitudinale constituée d'une succession de compressions et de dilatations. Elle se propage dans les solides, les liquides et les gaz.

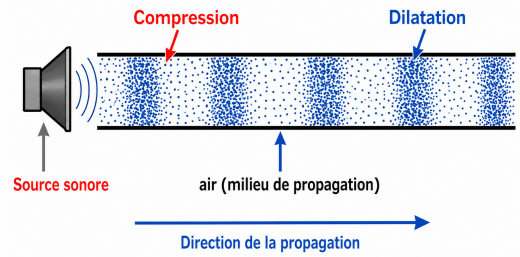


Figure – Rides circulaires à la surface de l'eau

Propriétés générales des ondes mécaniques progressives

Direction de propagation

À partir de la source, l'onde se propage dans toutes les directions permises par le milieu.

Dimension	Direction de propagation	Exemple
Une dimension	Dans une seule direction	Onde le long d'une corde
Deux dimensions	Dans un plan	Onde à la surface de l'eau
Trois dimensions	Dans l'espace	Onde sonore dans l'air

Célérité de l'onde

La **célérité** v est la vitesse de propagation de l'onde. Si l'onde parcourt une distance d pendant une durée Δt , alors

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

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

Dans un milieu donné et dans des conditions fixées, la célérité est constante. Elle dépend des propriétés du milieu de propagation.

On emploie le mot *célérité* pour éviter de l'associer à un déplacement de matière, contrairement à la vitesse d'un objet ou d'une particule.

Milieu ou situation	Expression / Valeur
Son dans l'air	$v = 20,05\sqrt{T}$
Onde sur une corde tendue	$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$
Fer	$\approx 6000 \text{ m s}^{-1}$
Eau	$\approx 1500 \text{ m s}^{-1}$
Air	$\approx 340 \text{ m s}^{-1}$

Croisement de deux ondes

Deux ondes peuvent se croiser dans un même milieu sans se modifier durablement. Après le croisement, chacune poursuit sa propagation avec sa forme et sa célérité initiales.

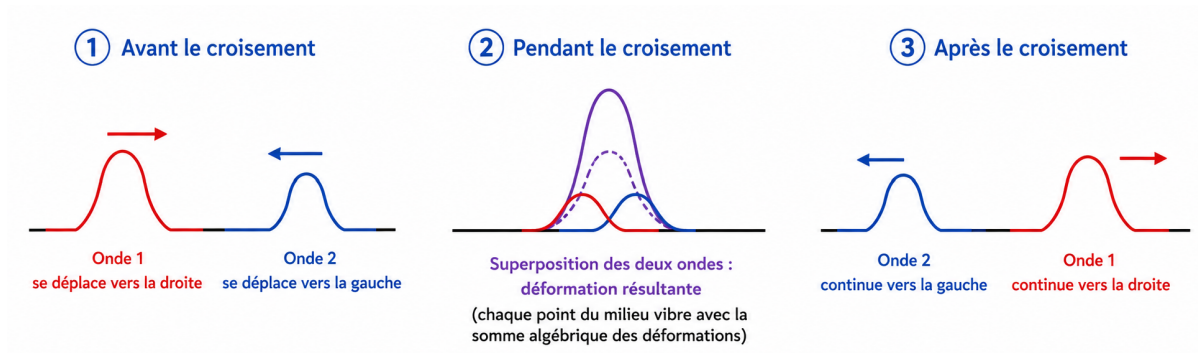


Figure 1 – Avant, pendant et après le croisement de deux ondes

Retard de l'onde

Une onde émise en S se propage à la célérité finie v . Tout point M reproduit donc le mouvement de S avec un retard τ :

$$y_M(t) = y_S(t - \tau).$$

Si M_2 reçoit la perturbation après M_1 , les elongations vérifient

$$y_{M_1}(t) = y_{M_2}(t + \tau) \quad \text{ou} \quad y_{M_2}(t) = y_{M_1}(t - \tau).$$

Comme la perturbation parcourt la distance M_1M_2 pendant la durée τ :

$$v = \frac{M_1M_2}{\tau} \quad \Rightarrow \quad \tau = \frac{M_1M_2}{v}.$$

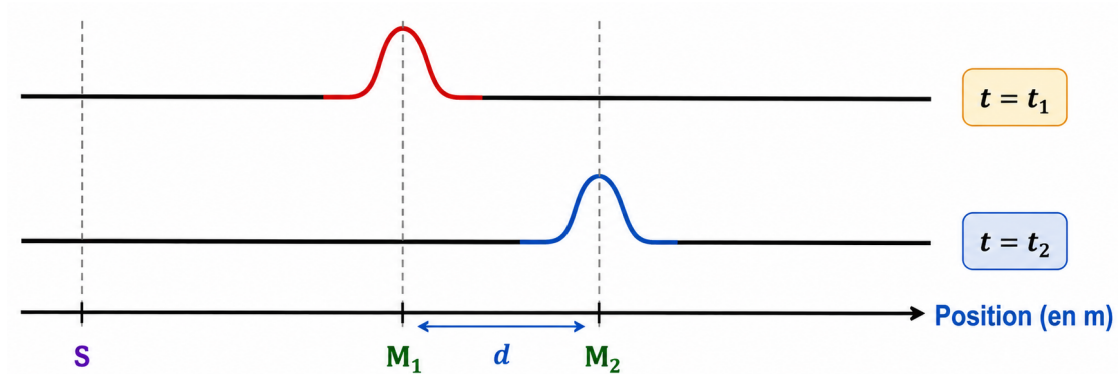


Figure 2 – Propagation de la perturbation de M_1 vers M_2

Aspect du milieu de propagation

La courbe $y(x)$ représente l'aspect du milieu à un instant donné. Pour passer de l'instant t_1 à l'instant t_2 , on translate la perturbation dans le sens de propagation d'une distance

$$d = v(t_2 - t_1) = v\Delta t, \quad \Delta t = t_2 - t_1.$$

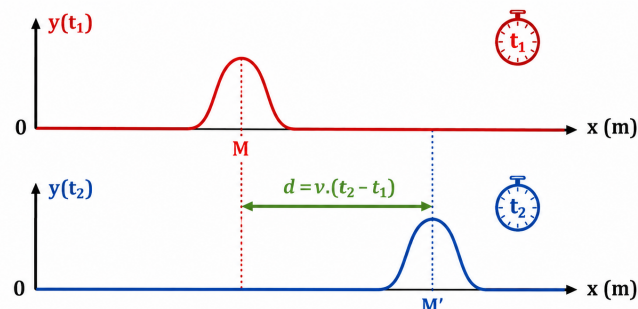


Figure 3 – Translation de la perturbation entre t_1 et t_2