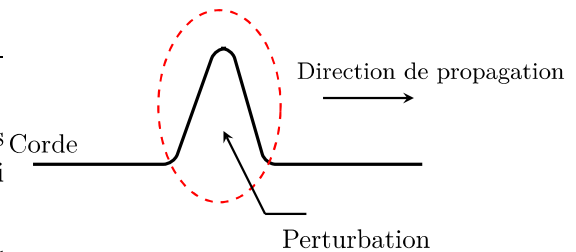


1 Propriétés des ondes mécaniques progressives.

1.1 Définitions.

- **Perturbation** : Changement temporaire d'une propriété physique d'un milieu donné.
- **Onde mécanique** : est le phénomène de propagation d'une perturbation (déformation) à travers un milieu matériel.
- **Onde mécanique progressive** : est une succession entretenue des signaux mécaniques qui se propagent dans un milieu supposé infini avec un transport d'énergie sans transport de matière.
- **Milieu élastique** : est un milieu qui reprend sa forme initiale après le passage d'une onde mécanique.



1.2 Propriétés générales d'une onde.

1.2.1 Direction de propagation.

- **Onde mécanique unidimensionnelle** : Direction de propagation est rectiligne.
 * Exemple : Propagation d'une perturbation le long d'un ressort ou le long d'une corde.
- **Onde mécanique bidimensionnelle** : La propagation s'effectue suivant un plan.
 * Exemple : Propagation d'une perturbation sur une surface d'eau.
- **Onde mécanique tridimensionnelle** : La propagation s'effectue dans toutes les directions.
 * Exemple : Propagation de la voix.

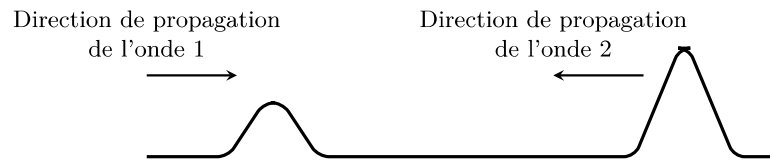


FIGURE I.1 – onde mécanique bidimensionnelle

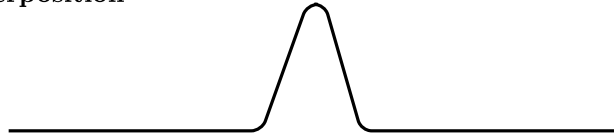
1.2.2 Superposition de deux ondes mécaniques.

Lors du rencontre de deux ondes mécaniques, elles se superposent, puis chaque onde poursuit sa propagation sans modification, telle que chaque onde garde la même forme et la même vitesse de propagation.

★ Avant la superposition



★ Lors de la superposition



★ Après la superposition



Remarque : La propriété de la superposition est vérifiée uniquement pour les ondes de faible perturbation.

1.3 Onde transversale et onde longitudinale.

- **Onde transversale :** C'est une onde dont la direction de perturbation est **orthogonale** à la direction de propagation.

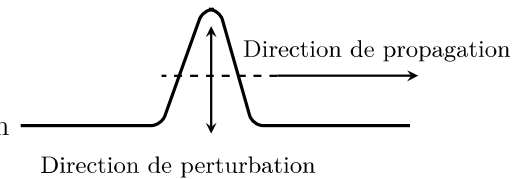


Fig. Onde transversale

★ Exemple : Onde le long d'une corde, onde sur une surface d'eau.

- **Onde longitudinale :** C'est une onde dont la direction de perturbation est **parallèle** à la direction de propagation.

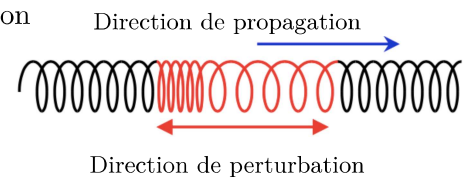


Fig. Onde longitudinale

★ Exemple : Onde le long d'un ressort, onde sonore.

2 Vitesse de propagation et retard temporel.

2.1 Vitesse de propagation d'une onde.

La vitesse de propagation d'une onde dépend du milieu où elle se propage, est donnée par la relation :

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

- **d** : distance parcouru (m).
- **Δt** : durée de parcours (s)
- **V** : vitesse de propagation ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

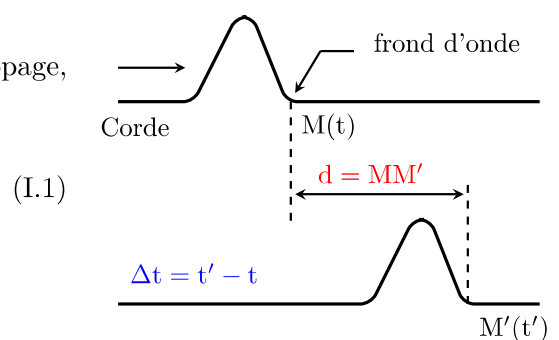


Fig. Aspect de la corde à deux instants différents

2.2 Facteurs influençant la vitesse de propagation.

La vitesse de propagation dépend de la nature du milieu ; son élasticité, sa raideur, sa densité et sa température...

- Exemple 1 : La vitesse de propagation d'une onde le long d'une corde est donnée par : $V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$

★ T : tension de la corde (N)

★ μ : masse linéique de la corde (kg.m^{-1}) telle que : $\mu = \frac{m}{L}$

- Exemple 2 : La vitesse de propagation d'une onde sur une surface d'eau est donnée par : $V = \sqrt{g \cdot h}$

★ g : intensité de pesanteur (m.s^{-2}) ou (N.kg^{-1})

★ h : profondeur d'eau (m)

- Exemple 3 : Le tableau suivant montre que la vitesse du son est plus grande dans un milieu plus dense.

Milieu	vitesse de propagation (m.s^{-1})
Dioxygène	3,7
Air	340
Eau	1500
Fer	5130

2.3 Onde sonore.

- La propagation du son nécessite un milieu matériel (solide, liquide ou gaz). Le **son** est donc une **onde mécanique**.
- Le son est une onde tridimensionnelle qui se propage dans toutes les directions du fait de la compression et la détente du milieu de propagation.
★ Exemple : Le son se propage dans l'air grâce à la détente et la compression des couches d'air.

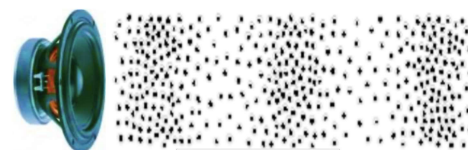


Fig. Propagation d'une onde sonore.

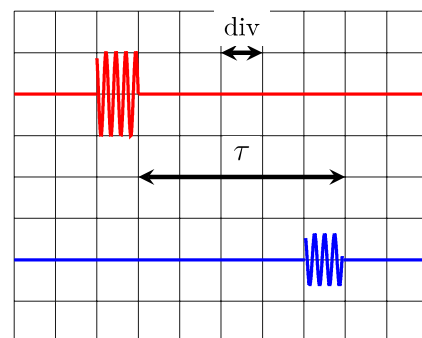
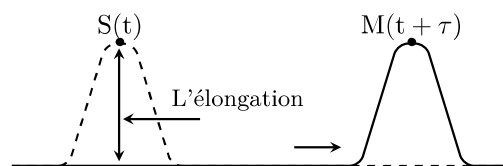
2.4 Retard temporel.

En absence d'atténuation, tous les points du milieu sont soumis à la même déformation (perturbation) produite à la source S. La perturbation arrive au point M après une durée appelée **retard temporel** τ exprimée en (s). On a : $V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{SM}{(t + \tau) - t}$ c'est-à-dire :

$$V = \frac{d}{\tau}$$

- La relation entre l'élongation du point M du milieu de propagation et l'élongation de la source S s'écrit : $y_S(t) = y_M(t + \tau)$ ou

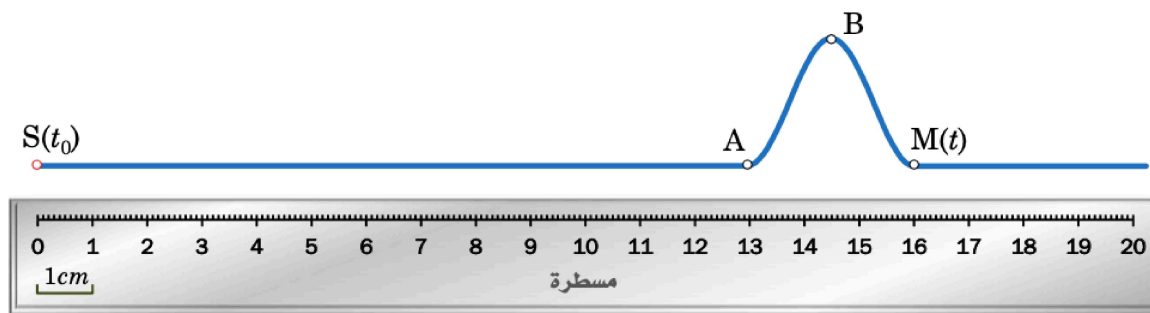
$$y_M(t) = y_S(t - \tau)$$



τ à partir de l'oscilloscope

Application

La figure suivante représente la propagation d'une onde le long d'une corde à l'instant $t = 40$ ms. La perturbation commence de la source S à l'instant $t_0 = 0$.



1. Définir une onde mécanique progressive.
2. Déterminer la nature de l'onde (transversale ou longitudinale). Cette onde est-elle unidimensionnelle, bidimensionnelle ou tridimensionnelle ?
3. Déterminer à l'instant t les points qui vont se déplacer vers le haut et les points qui vont se déplacer vers le bas.
4. Calculer V la vitesse de propagation de l'onde le long de la corde.
5. à quel instant le point M (front d'onde) s'arrête de se déplacer ?
6. Représenter l'aspect de la corde à l'instant $t' = 10$ ms.
7. Déterminer la relation entre l'élongation au point M et l'élongation à la source.

$$\bullet y_S(t) = y_M(t - 0,4) \quad \bullet y_S(t) = y_M(t + 0,04) \quad \bullet y_M(t) = y_S(t - 0,04) \quad \bullet y_M(t) = y_S(t + 0,4)$$