

Les ondes mécaniques progressives



1. Les ondes mécaniques Progressives :

1.1. Les ondes mécaniques progressives – transversales et longitudinales

a) Activité

On déplace l'extrémité de la corde tendue au point S	On comprime quelques spires du ressort puis on les libère.	On laisse tomber une goutte à la surface de l'eau.

- Dire ce qui arrive à la corde et au ressort et à la surface de l'eau
- Quelle est la nature du milieu dans chaque expérience
- La propagation de l'onde est-elle accompagnée du transport de matière ?
- Dans les trois expériences, comparer la direction de déformation avec la direction de propagation.

Corrigé :

- Perturbation de la corde, du ressort et de la surface de l'eau s'est produite
- Milieu matériel élastique
- On observe que les points de propagation du milieu se déplacent pendant le passage de la perturbation puis reviennent à sa position initiale, on déduit que la propagation de l'onde n'est pas accompagnée du transport de matière
- Exp 1 : la direction de déformation et la direction de propagation sont perpendiculaires.
Exp 2 : la direction de déformation et la direction de propagation sont parallèles.
Exp 3 : la direction de déformation et la direction de propagation sont perpendiculaires

b) Définitions

- L'onde mécanique progressive : est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel élastique sans transport de matière mais avec transport d'énergie.
- On distingue deux types d'onde :

Onde transversale : est celle dont la direction de la perturbation du milieu est perpendiculaire à la direction de la propagation.	Onde longitudinale : est celle dont la direction de la perturbation du milieu est alignée avec la direction de la propagation.

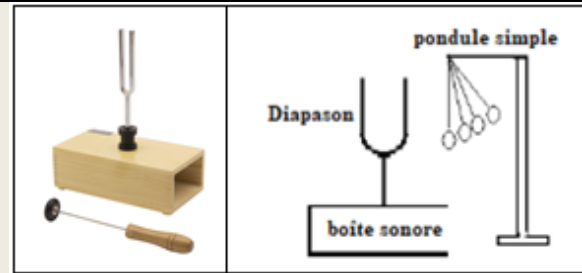
1.2. L'Onde sonore

a) Activité

Exp 1 : on allume la sonnerie de téléphone, puis on vide la cloche de l'air par une pompe



Exp 2 : on frappe le diapason



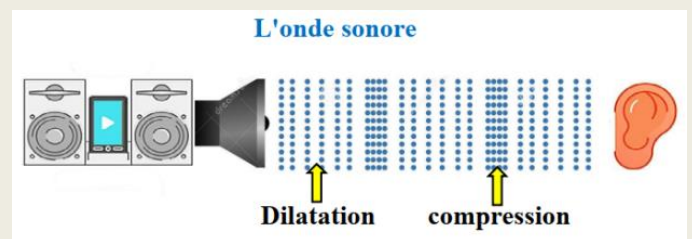
- a- Dire ce qui arrive au son émis par le téléphone lorsqu'on vide de l'air ? Que concluez-vous ?
- b- Dire ce qui arrive à la balle après avoir frappé le diapason ? Conclure la nature de l'onde sonore ?

Corrigé :

- a- On observe l'absence de son. Après le vidage de l'air, on conclut que le son ne se propage pas dans le vide mais il nécessite un milieu matériel pour se propager. Alors le son est une onde mécanique.
- b- Lorsqu'on frappe le diapason, la balle se déplace horizontalement, ce qui indique que la direction de perturbation et celle de propagation sont alignées, donc le son est une onde longitudinale.

b) Conclusion

Le son est une onde mécanique progressive longitudinale se propage dans les milieux matériels (solide et liquide et gaz) et ne se propage pas dans le vide, et il se propage grâce à une compression et une dilatation du milieu de propagation.



c) Remarque :

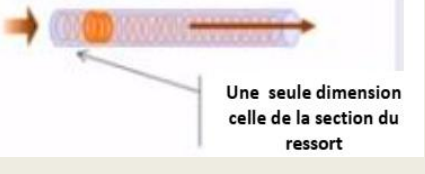
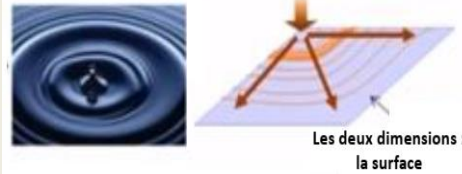
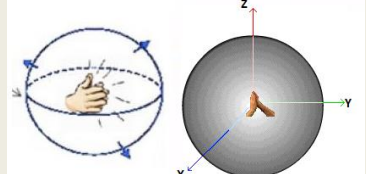
Les ondes sonores se déplacent plus vite dans les liquides et les solides (où les particules se touchent) que dans les gaz (où les particules peuvent être éloignées les unes des autres). En résumé :

$$V_{\text{gaz}} < V_{\text{liquide}} < V_{\text{solide}}$$

2. Les propriétés générales d'une onde mécanique

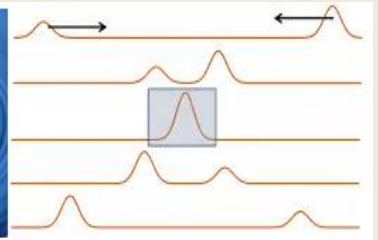
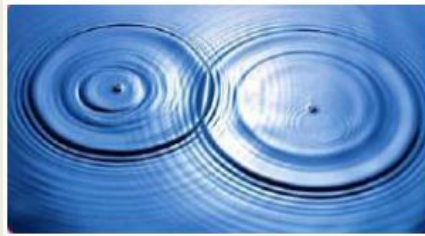
2.1. Direction de propagation d'une onde :

Une onde se propage, à partir de sa source, dans toutes les directions qui lui sont offertes. Nous distinguons les ondes suivantes :

Onde à une dimension	Onde à deux dimensions	Onde à trois dimensions
		
La propagation a lieu dans une seule direction	La propagation a lieu dans un plan (milieu bidimensionnel)	La propagation a lieu dans l'espace à trois dimensions (milieu tridimensionnel)

2.2. La superposition de deux ondes mécaniques :

Lorsque deux ondes mécaniques (d'une perturbation très faible) se croisent, elles se superposent et continuent à se propager après leur rencontre sans se perturber.



3. La vitesse de propagation d'une onde :

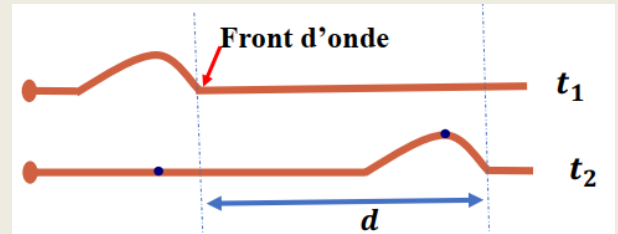
3.1. Définition

On définit la vitesse de propagation d'une onde par la relation suivante :

$$V = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{en (m/s)}$$

avec d : la distance parcourue par l'onde en mètre (m)

Δt : la durée en seconde (s)



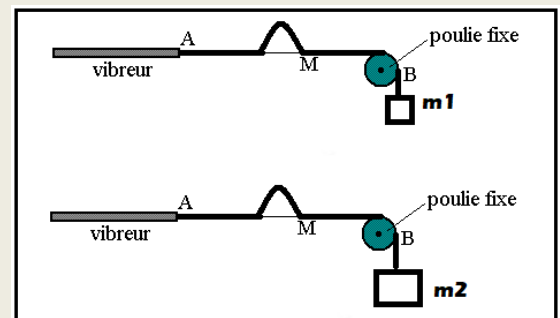
3.2. Facteurs influençant sur la vitesse de propagation

a) Activité :

❖ Effet de la tension de la corde :

Les courbes représentent les variations d'allongement d'un point M où on modifie la tension de la corde. Avec $SM = 5 \text{ m}$.

- 1- Complétez le tableau
- 2- Est-ce que la tension de la corde a un effet sur la vitesse de propagation ?



La tension	$m_1 = 100g$	$m_2 = 200g$
La durée $t_M - t_A$	2s	0.5s
Vitesse de propagation		

Corrigé :

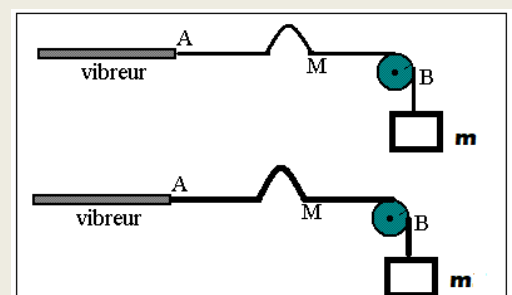
- 1- Voir tableau :

La tension	$m_1 = 100g$	$m_2 = 200g$
La durée $t_M - t_A$	2s	0.5s
Vitesse de propagation	$V = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ m/s}$	$V = \frac{5}{0.5} = 10 \text{ m/s}$

- 2- On remarque que : $V_1 \neq V_2$, donc la tension de la corde a un effet sur la vitesse de propagation. On a $T_2 > T_1$ et $V_2 > V_1$, donc plus la tension de la corde augmente plus la vitesse de propagation augmente

❖ Effet de la masse linéaire :

Les courbes représentent les variations d'allongement d'un point M où on modifie seulement la masse linéaire (deux cordes de matière différente). La masse linéaire μ est définie par la relation : $\mu = \frac{m}{l}$ avec m La masse de la corde. l La longueur de la corde



1- Complétez le tableau

2- Est-ce que la tension de la corde a un effet sur la vitesse de propagation ?

la masse linéaire	$\mu=500\text{g/m}$	$\mu=100\text{g/m}$
La durée $t_M - t_A$	3s	1s
Vitesse de propagation		

Corrigé :

1-

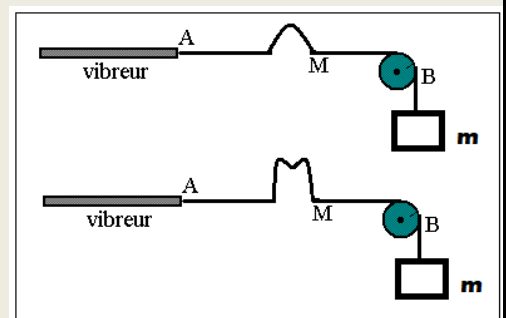
la masse linéaire	$\mu=500\text{g/m}$	$\mu=100\text{g/m}$
La durée $t_M - t_A$	3s	1s
Vitesse de propagation	$V = \frac{5}{3} = 1.67\text{m/s}$	$V = \frac{5}{1} = 5\text{m/s}$

2-On remarque que $V_1 \neq V_2$, donc la masse linéaire a un effet sur la vitesse de propagation.

On a $\mu_1 > \mu_2$ et $V_2 > V_1$, donc plus la masse linéaire augmente la vitesse de propagation diminue.

❖ Effet de la forme de la perturbation :

Les courbes représentent les variations d'allongement d'un point M appartient à une corde, située à une distance de $SM = 5\text{ m}$ de la source S . On considère l'instant de début de vibration de la source comme origine des dates ($t_s = 0$)



1- Complétez le tableau

2- Est-ce que la forme de la corde a un effet sur la vitesse de propagation ?

La masse linéaire	Perturbation 1	Perturbation 2
La durée $t_M - t_A$	3s	3s
Vitesse de propagation		

Corrigé :

1-

La masse linéaire	Perturbation 1	Perturbation 2
La durée $t_M - t_A$	3s	3s
Vitesse de propagation	$V = \frac{5}{3} = 1.67\text{m/s}$	$V = \frac{5}{3} = 1.67\text{m/s}$

2-On remarque que : $V_1 = V_2 = \text{cte}$. Donc la forme de la perturbation n'a pas un effet sur la vitesse de propagation.

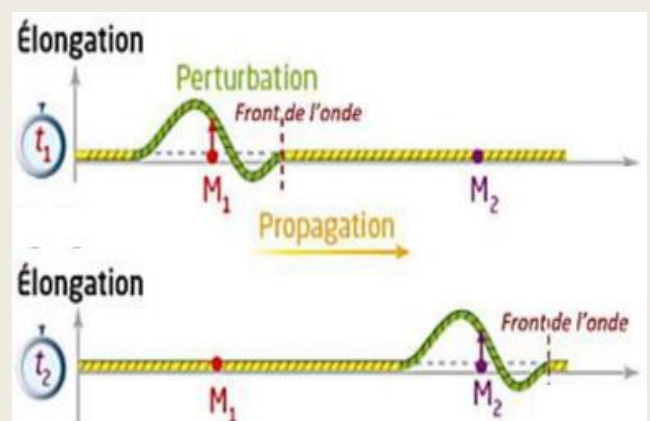
b) Conclusion

Pour un milieu homogène, la célérité d'une onde est constante et indépendante de la forme de la perturbation. Tandis qu'elle dépend de la nature du milieu : son élasticité, son inertie et de sa température

- La célérité d'une onde le long d'une corde est

$$\text{donnée par : } V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Où F est la tension de la corde



$\mu = m.l$ La masse linéique.

1.2. Notion de retard temporelle :

On considère une onde mécanique se propage dans un milieu unidimensionnel sans amortissement, on crée une déformation à S l'une de extrémités d'une corde à l'instant $t_0 = 0$. Cette perturbation se propage avec la vitesse V et atteint un point M_1 à l'instant t_1 , et à l'instant t_2 elle atteint un point M_2 qui répète le même mouvement de M_1 avec un retard τ de sorte que

$$\tau = \frac{M_1 M_2}{v}$$

Remarque :

Si la source S est le siège d'un signal Y_S , à l'instant de date t , un point M d'abscisse x du milieu de propagation reproduira le même signal que la source S avec un retard τ tel que le signal en M est de la forme :

$$Y_M(t) = Y_S(t - \tau)$$

