

® Propagation d'un ébranlement

Un ébranlement est une déformation de courte durée imposée localement à un milieu élastique continu, appelé **milieu propagateur**.

L'origine de la naissance de l'ébranlement, est appelée la **source** de propagation.

Le milieu propagateur, peut être unidimensionnel (corde élastique), bidimensionnel (surface d'un liquide) ou tridimensionnel (l'air ou tout autre fluide). Selon sa direction de propagation et celle du mouvement des points matériels du milieu propagateur, un ébranlement peut être **transversal** (la direction de la déformation est perpendiculaire à celle de la propagation) ou bien **longitudinal** (la direction de la déformation est parallèle à celle de la propagation).

La propagation d'un ébranlement est due à une **transmission d'énergie** d'un point du milieu propagateur vers d'autres **sans transport de matière**.

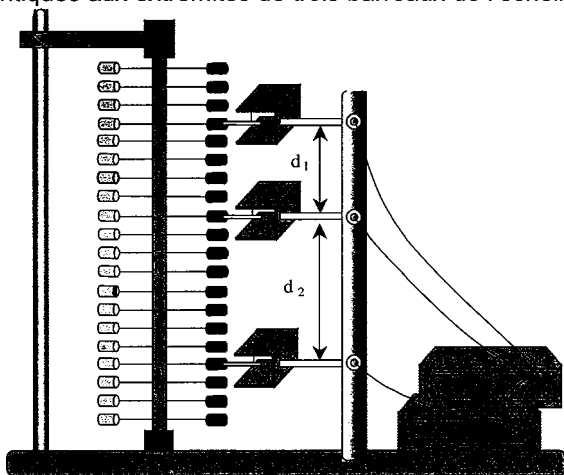
® Célérité de propagation d'un ébranlement

Fixons trois cartons identiques aux extrémités de trois barreaux de l'échelle de perroquet ; devant les trois cartons on

installe trois capteurs branchés à deux chronomètres à affichage digital.

Faisons maintenant écarter le premier barreau de sa position d'équilibre pour provoquer un ébranlement transversal se propageant tout le long du ruban. Au cours de la propagation les deux

chronomètres affichent alors les temps mis par l'ébranlement pour se propager de la distance d_1 entre le premier et le second carton et de la distance d_2 entre le second et le troisième carton.



Résultats

$d \text{ (m)}$	0,3	0,5
$\Delta t \text{ (s)}$	1,223	2,036
$c = \frac{d}{\Delta t} \text{ (m.s}^{-1}\text{)}$	0,245	0,245

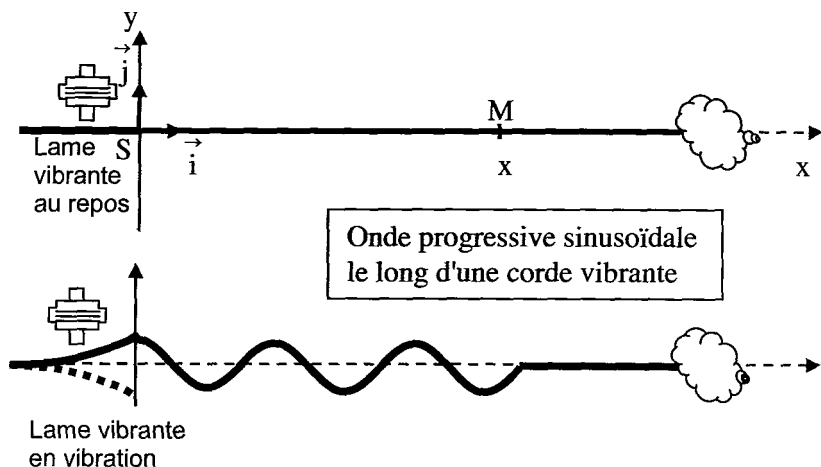
Conclusion : la célérité de propagation d'un ébranlement dans un milieu propagateur homogène est constante .Nous venons de vérifier expérimentalement que la célérité de propagation d'un ébranlement dans un milieu élastique homogène est constante ; si on désigne par t le temps mis par l'ébranlement pour progresser de la distance x , alors sa vitesse ou

célérité de propagation est : $v = \frac{x}{t}$.

Cette célérité constante ne dépend ni de la forme de l'ébranlement , ni de son amplitude , ni de sens de propagation . Elle dépend seulement de la nature et des caractéristiques du milieu de propagation (tension , inertie , élasticité , dimension , ...) .

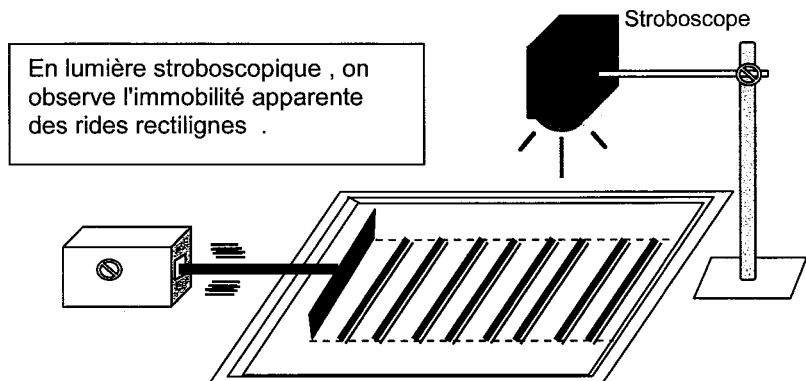
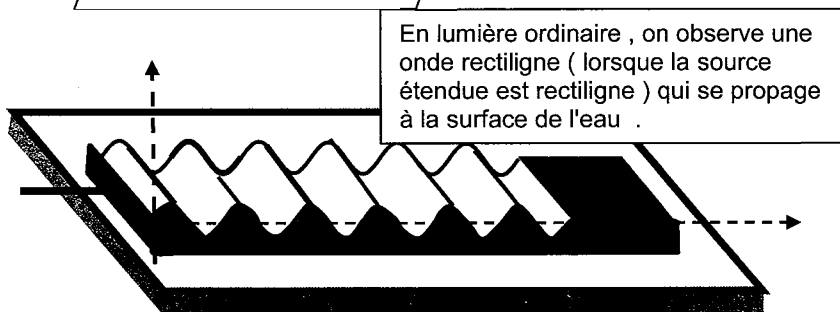
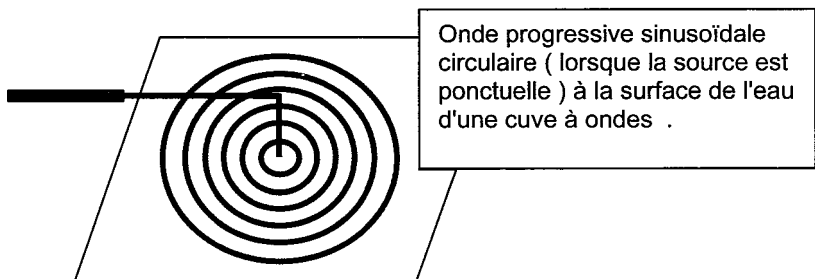
® Propagation d'une onde sinusoïdale

Les vibrations verticales imposées à l'extrémité d'une corde élastique tendue horizontalement , sont transmises aux différents points de celle-ci . Le phénomène de propagation des vibrations , constitue une onde progressive transversale .



® L'onde est dite sinusoïdale car la source S de vibration effectue un mouvement vibratoire rectiligne sinusoïdal ; son équation horaire de vibration s'écrit alors : $y_s(t) = Y_m \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi_s \right)$

Au cours de la propagation d'une onde transversale sinusoïdale le long d'une corde élastique , chacun des points de cette corde (à part l'extrémité fixe) vibre verticalement et sinusoïdalement avec la même amplitude que la source (en négligeant l'amortissement) .



® **La double périodicité de l'onde**

La propagation d'une onde est caractérisée par deux périodicités à la fois : Une périodicité dans le temps , appelée période temporelle , c'est la période de vibration de la source .

Une périodicité dans l'espace , appelée période spatiale notée λ et appelée **la longueur d'onde** , qui dépend de la source de vibrations et du milieu propagateur : c'est la distance parcourue par l'onde pendant une durée de temps égale à la période temporelle T .

$$\lambda = v.T = \frac{v}{N} \text{ où } N \text{ est la fréquence de vibration de la source .}$$

® **Principe de propagation**

Au cours de la propagation d'une onde sinusoïdale entretenue le long d'une corde élastique , tout point M de la corde , d'abscisse x par rapport à la source , vibre sinusoïdalement avec une période T égale à celle de la source S , mais après un certain retard horaire $\theta = x / v$, ce qui en résulte une phase initiale dont la valeur dépend de l'abscisse x de M par rapport à la source S . Ceci , constitue le principe de propagation , que l'on traduit par l'équation : $y_M(t) = y_s(t - \theta)$,

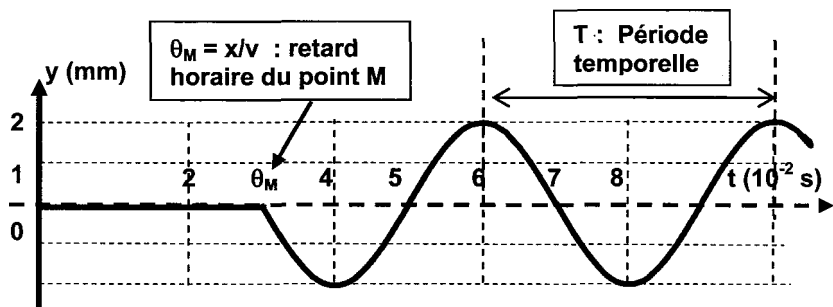
® **Equation horaire de vibration d'un point M quelconque**

L'équation horaire de vibration du point M s'écrit :

$$y_M(t) = Y_m \sin \left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi_s - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) .$$

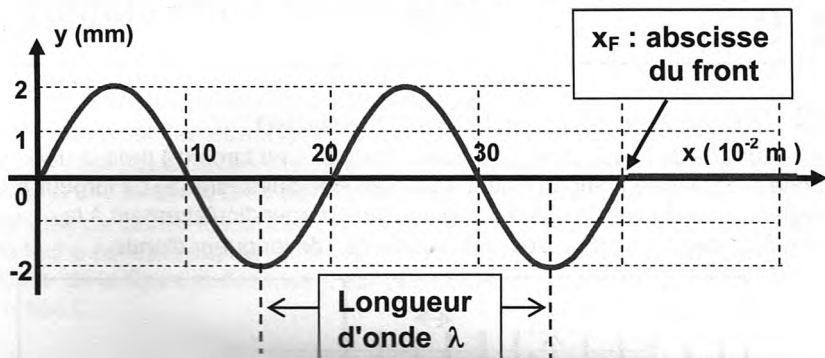
® **Sinusoïde des temps ou diagramme du mouvement d'un point M du milieu propagateur .**

C'est la courbe représentative de $y_M(t)$ pour un point M d'abscisse x fixée .



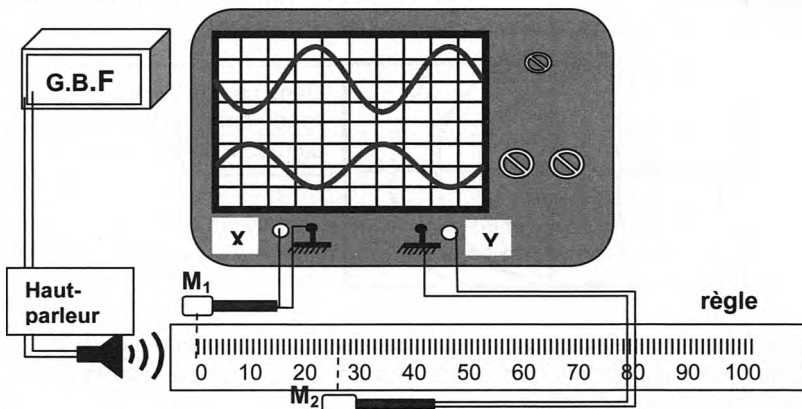
® **Sinusoïde des espaces ou image du milieu propagateur à une date t fixée .**

C'est la courbe représentative de la fonction $y_{t_0}(x)$ à une date t_0 fixée .



- Deux points M et N vibrent en phase ($\Delta\varphi = 2k\pi$) $\Rightarrow |x_M - x_N| = k\lambda$
- Deux points M et N vibrent en opposition de phase :
($\Delta\varphi = (2k+1)\pi$) $\Rightarrow |x_M - x_N| = (k + 1/2)\lambda$
- Deux points M et N vibrent en quadrature de phase :
($\Delta\varphi = (k + 1/2)\pi$) $\Rightarrow |x_M - x_N| = (k + 1/4)\lambda$

® **Le son** est de nature vibratoire . C'est une onde mécanique , appelée onde sonore et plus particulièrement acoustique , lorsqu'elle est susceptible d'être perçue par l'oreille de l'être humain . L'onde sonore émise par une source ponctuelle (approximation du haut-parleur) est une onde progressive longitudinale et sphérique mais qui s'atténue en s'éloignant de la source à cause de la dilution de l'énergie dans l'espace.



La célérité du son dans l'air dans les conditions normales est constante de valeur environ : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$.