Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

LES ONDES MECANIQUES PROGRESSIVES

1- L'onde mécanique progressive

1-1 Définitions.

- Nous appelons une *onde mécanique* le phénomène de la propagation d'une *perturbation* dans un milieu matériel élastique, sans transport de la matière.
- L'onde mécanique produit une modification temporaire des propriétés mécaniques du milieu.
- Nous appelons le milieu dans lequel l'onde se propage: *milieu de propagation* comme: la corde, le ressort, l'eau.



Quant on jette une pierre dans l'eau, on voit des rides circulaires qui se propagent

- Nous appelons le lieu émettant l'onde: *la source de l'onde*. En général nous le symbolisons par la lettre *S*.

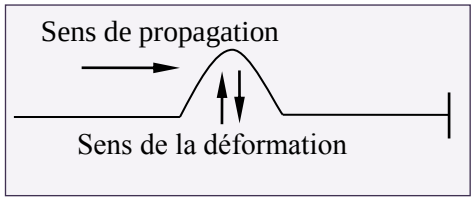
1-2 L'onde mécanique progressive.

L'onde mécanique progressive est une succession entretenue des signaux mécaniques qui se propagent dans un milieu supposé infini.

Nous pouvons générer une onde mécanique progressive par la vibration entretenue d'une source.

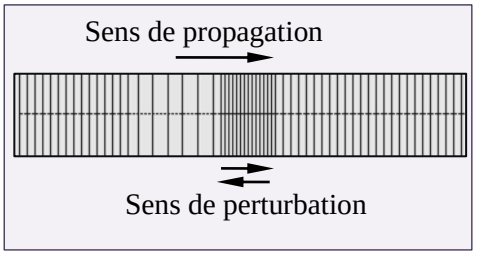
1-3 Onde transversale- Onde longitudinale.

a- Une onde est *transversale* lorsque la direction de la déformation (ou perturbation) et la direction de la propagation de l'onde sont perpendiculaires.



Exemple: l'onde qui se propage le long d'une corde élastique.

b- Une onde est *longitudinale* lorsque la direction de la déformation (ou perturbation) et la direction de la propagation de l'onde ont la même direction.



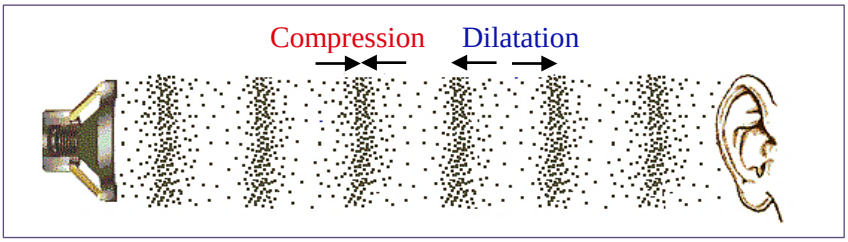
Exemple: l'onde qui se propage le long d'un ressort lorsque nous comprimons quelques spires à son extrémité.

1-4 L'onde sonore

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

Le son est une onde mécanique (il ne se propage pas dans le vide), sa propagation nécessite la présence d'un milieu matériel élastique (les gaz, les liquides et les corps solides).



Les ondes sonores sont des ondes longitudinales caractérisées par des fluctuations de densité et de pression.

L'onde sonore se propage grâce à une compression immédiatement suivie d'une dilatation des couches du milieu de propagation (par exemple les couches de l'air).

2- Propriétés générales des ondes

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 ainsi les ondes à une, deux ou trois dimensions:

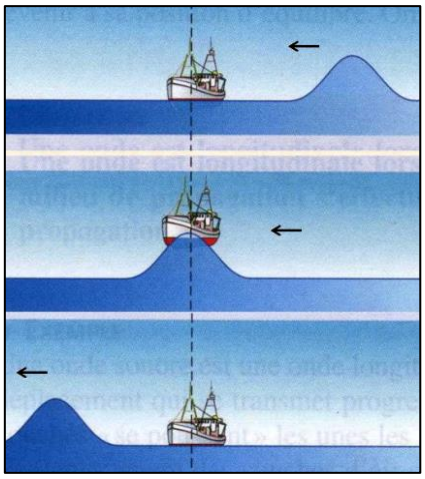
a- Onde à une dimension: La propagation a lieu dans une seule direction (mais éventuellement dans les deux sens). C'est le cas, par exemple, de l'onde se propageant le long d'une corde.

b- Onde à deux dimensions: La propagation a lieu dans un plan (milieu bidimensionnel). C'est le cas de l'onde engendrée à la surface de l'eau lorsqu'on y jette une pierre.

c- Onde à trois dimensions: La propagation a lieu dans l'espace à trois dimensions. C'est le cas d'une onde sonore.

2-2 Transfert d'énergie sans transport de matière

La propagation d'une onde mécanique progressive dans un milieu quelconque est accompagnée par le transfert de l'énergie sans transport de la matière. L'exemple ci-contre illustre ces propriétés. Au passage de l'onde le bateau s'élève son énergie potentielle augmente mais le bateau reste à la même abscisse.



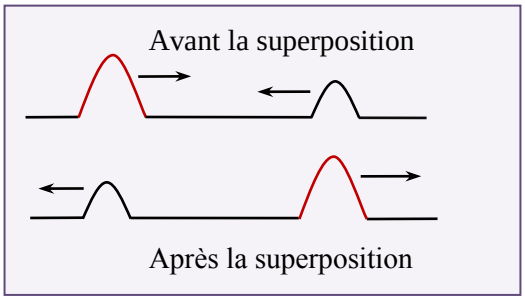
Remarque: à cause de frottements divers, l'énergie transportée diminue au cours de la propagation de l'onde, cela se traduit par une diminution de l'amplitude dans la direction de la propagation.

2-3 Superposition de deux ondes mécaniques

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

Deux ondes se propageant dans le même milieu peuvent se croiser sans se perturber mutuellement. Elles se superposent dans la zone où elles se rencontrent et continuent de se propager.



3- Célérité de propagation d'une onde

3-1 Définition

La Célérité d'une onde dans un milieu est la vitesse de déplacement de la perturbation. Elle est donné par la relation suivante: $v = \frac{d}{\Delta t}$ telles que:

- v est la célérité de l'onde $(m.s^{-1})$.
- d est la distance parcourue (m).
- Δt est la durée du parcours (s).

3-2 facteurs influençant la célérité de propagation

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.

a- Influence de l'élasticité du milieu:

La célérité d'une onde augmente avec l'élasticité du milieu de propagation.

Exemple: La célérité d'une onde le long d'une corde augmente avec l'augmentation de sa tension.

b- Influence de l'inertie du milieu:

- L'inertie d'un milieu ou d'un système représente la résistance que ce milieu ou ce système oppose lorsqu'on cherche à le mettre en mouvement.

Par exemple, l'inertie d'une corde est représentée par sa masse linéique (masse par unité de longueur).

- La célérité d'une onde dans un milieu dépend de son inertie. Plus l'inertie du milieu est grande et plus la célérité de l'onde se propageant dans ce milieu est faible.

- La célérité d'une onde le long d'une corde est donnée par: $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

où F est la tension de la corde et $\mu = \frac{m}{l}$ sa masse linéique.

N.B.:

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

* Pour l'onde sonore, la célérité augmente avec la densité du milieu de propagation. $v_{gaz} < v_{liquide} < v_{solide}$

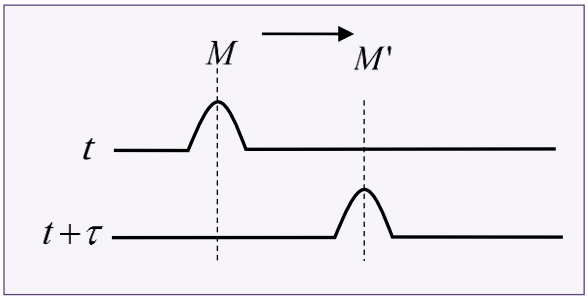
Milieu de propagation	*L'air*	*L'eau*	*L'acier*
Célérité du son $(m.s^{-1})$	340	1500	5940

* Pour les gaz, la célérité du son augmente avec la température du milieu.

* La célérité d'une onde sur la surface de l'eau est : $\boxed{v = \sqrt{g\,h}}$, telles que g est l'intensité de pesanteur et h est la profondeur de l'eau.

3-3 Notion de retard

Au cours de la propagation d'une onde mécanique non amortie, tous les points du milieu de propagation subissent la même perturbation que la source S mais avec *un retard* τ_M tel que: $\boxed{\tau_M = \frac{SM}{v}}$



En général: Le retard d'un point M' par rapport un point M est donné par: $\tau = \frac{M'M}{v}$

N.B: $y_M(t) = y_S(t-\tau)$ tel que y représente l'allongement.

Exercice d'application 1:
Une onde mécanique est engendrée à la date $t = 0s$, à l'extrémité d'une corde, elle se propage à une célérité $v = 5m.s^{-1}$.
Nous considérons les points M, N et P de la corde telles que: $SM = 10m$; $SN = 12m$; $SP = 15m$.
Sachant que la durée de perturbation est $\Delta t = 0,2s$, décrire l'état de ces points à l'instant $t = 2,5s$.

Solution:

- Le retard du point M par rapport à la source S est: $\tau_M = \frac{SM}{v} = 2s$

L'onde arrive au point M à l'instant $t_M = 2s$ et en considérant la durée de perturbation, elle aura dépassé ce point à l'instant $t'_M = \tau_M + \Delta t = 2,2s$ donc à l'instant $t = 2,5s$ le point M est au repos.

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

- Le retard du point N par rapport à la source S est: $\tau_N = \dfrac{SN}{v} = 2,4s$

Et en considérant la durée de perturbation l'onde arrive au point N à l'instant $t_N = 2,4s$ pour qu'elle le dépasse à l'instant $t'_N = 2,6s$ donc à l'instant $t = 2,5s$ le point N est en vibration.

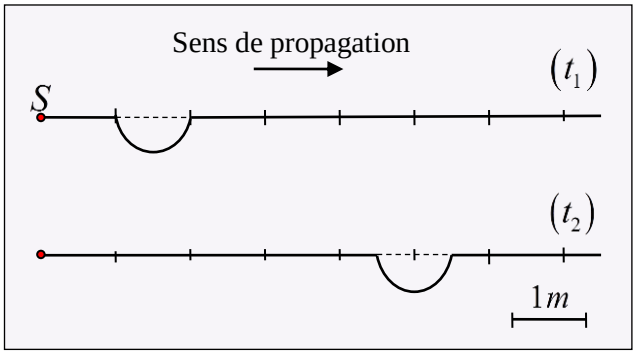
- Le retard du point P par rapport à la source S est : $\tau_P = \dfrac{SP}{v} = 3s$

Donc à l'instant $t = 2,5s$ le point P est encore immobile.

Exercice d'application 2:

La figure ci-dessous représente l'aspect d'une corde tendue à deux instants différents $t_1 = 3s$ et $t_2 = 6,5s$.

1- Calculer la célérité de l'onde le long de la corde.
2- Déduire la durée de déformation.
3- à quel instant la perturbation a-t-elle commencé sa course à partir de la source?
4- Représenter l'aspect de la corde à l'instant $t_3 = 8,5s$.



Solution:

1- La célérité de l'onde est: $v = \dfrac{d}{\Delta t} = \dfrac{d}{t_2 - t_1}$ A.N: $v = 1m.s^{-1}$

2- La durée de déformation θ: à partir de la figure, nous déterminons la longueur de déformation $l = 1m$, et en considérant la relation $\theta = \dfrac{l}{v}$ nous trouvons: $\theta = 1s$

3- Déterminons t_0: à l'instant t_1 la perturbation (l'ébranlement) a parcouru la distance $d_1 = 2m$ et nous écrivons: $v = \dfrac{d_1}{t_1 - t_0}$. d'où: $\boxed{t_0 = t_1 - \dfrac{d_1}{v}}$ A.N: $t_0 = 1s$

4- L'aspect de la corde: à l'instant t_3: l'onde parcoure la distance d_3.

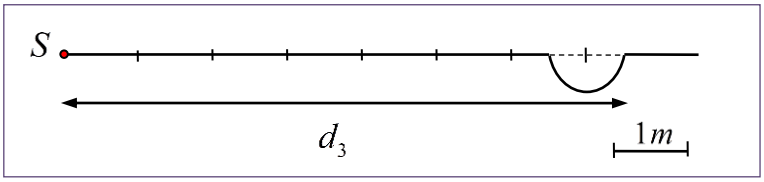
Et comme: $v = \dfrac{d_3}{t_3 - t_0}$ on trouve : $\boxed{d_3 = v.(t_3 - t_0)}$

A.N: $d_3 = 7,5m$

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

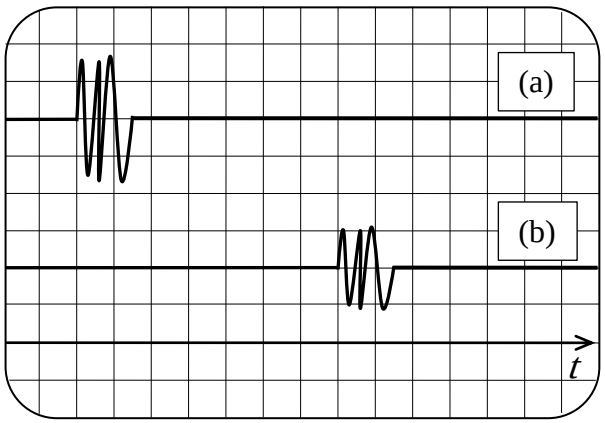
Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

D'où l'aspect de la corde est donné ci-contre:



Exercice d'application 3: Ondes ultrasonores

Devant un émetteur d'ondes ultrasonores, nous plaçons deux récepteurs R_1 et R_2 séparés par une distance $d = 23{,}8\ cm$. Le récepteur R_1 est le plus proche de la source. Les deux récepteurs R_1 et R_2 sont liés respectivement aux entrées Y_1 et Y_2 d'un oscilloscope. La figure ci-contre représente l'enregistrement obtenu, la sensibilité horizontale choisie vaut $100\,\mu s / div$



1- Assigner chaque courbe à l'entrée qui lui correspond.
2- Déterminer la durée de la perturbation.
3- Calculer v_1 la célérité de l'onde ultrasonore dans l'air.
4- En médecine, les ondes ultrasonores sont utilisées pour faire des écographies. Nous donnons la célérité v_2 de l'onde ultrasonore dans le corps humain: $v_2 = 1500\ m.s^{-1}$.

4-1- Comparer v_1 et v_2. Interpréter.

4-2- Au cours de l'échographie du cœur d'un patient, nous mesurons la durée Δt_2 entre l'émission et la réception de l'onde ultrasonore, nous trouvons: $\Delta t_2 = 20\,\mu s$

Calculer la distance l entre le capteur (source) et le cœur du patient.

Solution:

1- La courbe (a) correspond à l'entrée Y_1 et la courbe (b) correspond à l'entrée Y_2.

2- Graphiquement, la durée de la perturbation est: $\theta = 1{,}5 \times 100.10^{-6} s = 1{,}5.10^{-4} s$

3- La célérité de l'onde est: $v_1 = \dfrac{d}{t_2 - t_1}$

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع

Talamid.ma : هذا الملف تم تحميله من موقع

Graphiquement, nous trouvons: $t_2 - t_1 = 7.10^{-4} s$, d'où : $v_1 = 340\ m.s^{-1}$

4-

4-1 $v_2 > v_1$ car le corps humain est plus dense que l'air.

4-2 La distance l : nous avons $v_2 = \dfrac{2l}{\Delta t_2}$ d'où: $\boxed{l = \dfrac{v_2 \times \Delta t_2}{2}}$

A.N: $l = 0{,}015 m = 1{,}5 cm$

Talamid.ma : للمزيد من الملفات قم بزيارة الموقع