

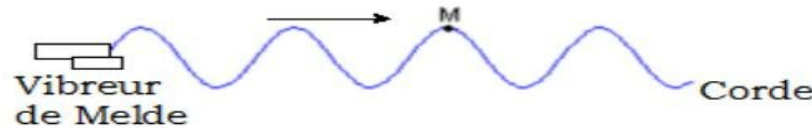
Chap7 : Les ondes progressives (4h)

7.1 Cas d'une corde

7.1.1. Propagation d'une onde le long d'une corde

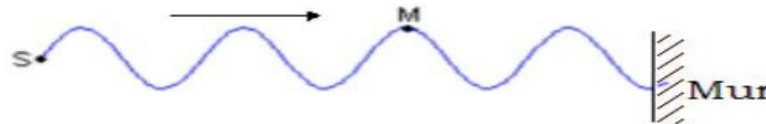
Expérience

Soit une source S imposant une perturbation périodique sinusoïdale au milieu de propagation (échelle de perroquet ou corde). On constate qu'une onde progressive périodique se propage dans le vide. L'onde est un ensemble de signal.



7.1.2 .Périodicité temporelle

Le point M de la corde au passage de l'onde vibre transversalement. L'onde se déplace le long de la corde à la même vitesse qu'un signal isolé.



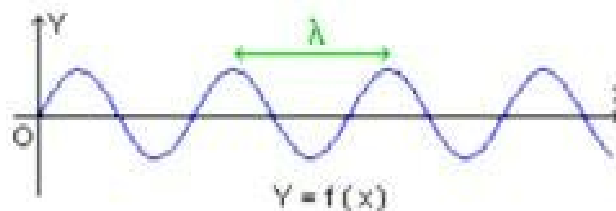
Observations

- Tous les points de la corde sont animés d'un mouvement vibratoire de même période que celle de la source.
- **L'amplitude** sera presque la même que celle de la source si la tension de la corde est faible et l'étalement suffisant au mur.
- **La périodicité temporelle** d'une onde T est celle de la source. Ce qui revient à dire que la fréquence de l'onde est aussi la même que celle de la source.

Remarque : Le mouvement de chaque point de la corde est imposé par la source S.

7.1.3. Périodicité spatiale ou longueur d'onde

L'aspect de la corde à un instant donné est une fonction sinusoïdale de l'abscisse x de chacun des points du milieu.



On appelle longueur d'onde notée λ , la période spatiale de l'onde progressive périodique.

a) Relation entre la périodicité T et la longueur d'onde λ

L'onde présente une double périodicité : temporelle et spatiale

- Une périodicité temporelle de période T (exprimée en seconde) ;

- Une périodicité spatiale de période λ qui est la longueur d'onde (exprimée en mètre) ; $\lambda = c \cdot T$ $\left\{ \begin{array}{l} \lambda : \text{longueur d'onde (m)} \\ c : \text{célérité (m/s)} \\ T : \text{Période (s)} \end{array} \right.$

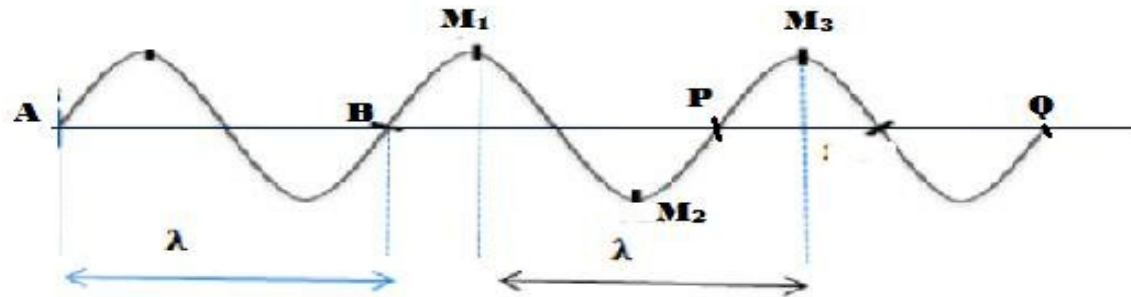
b) Relation entre la périodicité f et la longueur d'onde λ

Une fréquence N ou f est le nombre de fois le mouvement se reproduit pendant l'unité de temps. La relation

$\lambda = c \cdot T$, peut s'écrire donc $\lambda = \frac{c}{N}$; (N en Hz)

7.1.4 .Différence de phase

La corde est traversée par un train d'onde, on observe les ondes comme :AB,M₁M₃, ou PQ...



On imagine que les ondes progressent de $T/4$ chaque fois et donc avancent de $\lambda/4$.

La corde n'a pas bougée (elle est attachée à la source), les points A, ou B ou M n'ont pas avancé ils ont vibré transversalement sur place. Pendant la durée considérée ici ($T/2$), B n'a eu que des élongations **négligables**; M₁ et M₂ ont changé le signe de leur élongation en vibrant en sens inverse; M₁ et M₃ ont eu le même mouvement.

-M₁ et M₃ sont **en phase**, tandis que M₁ et M₂ ou M₂ et M₃ sont **en opposition de phase**.

-P et Q sont en phase ; mais P a un **déphasage**(en quadrature de phase) quelconque avec M₃.

-Pour deux points de la corde le déphasage reste constant.

N.B :Si deux points sont distants de d tel que :

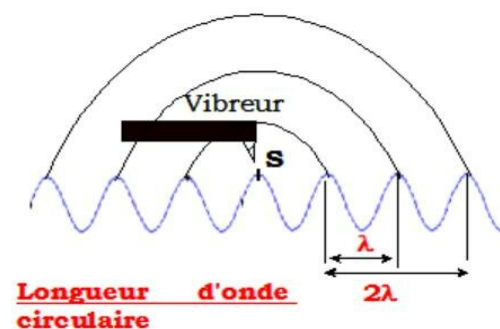
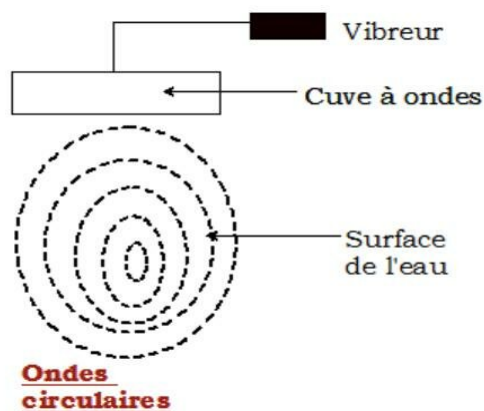
- $d = k \cdot \lambda$, ($k \in \mathbb{N}$) alors ils vibrent en phase. Exemple : M₁M₃ = $1 \cdot \lambda$
- $d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$; alors ils sont en opposition de phase. Exemple : M₂M₃ = $\frac{1}{2} \lambda$
- $d = (2k+1) \frac{\lambda}{4}$; alors ils vibrent en quadrature de phase. Exemple : PM₃ = $\frac{1}{4} \lambda$

7.2 .Cas de la surface d'un liquide

7.2.1 .Propagation à la surface d'un liquide

a)Ondes circulaires

Expérience :On utilise une cuve à ondes. Une pointe animée d'un mouvement périodique de période T frappe la surface libre de l'eau en un point S.



En coupant l'eau verticalement ; le vibreur actionne la source S, qui envoie des ondes transversales. La surface de l'eau se ride d'ondelettes circulaires. La ligne d'ondes est l'ensemble des points atteints au même instant par la déformation. Tous les points d'une ligne d'onde vibrent en phase.

Sur une période T les fronts des ondes avance de λ ; au bout de 2T ils auront avancés de 2λ etc ...

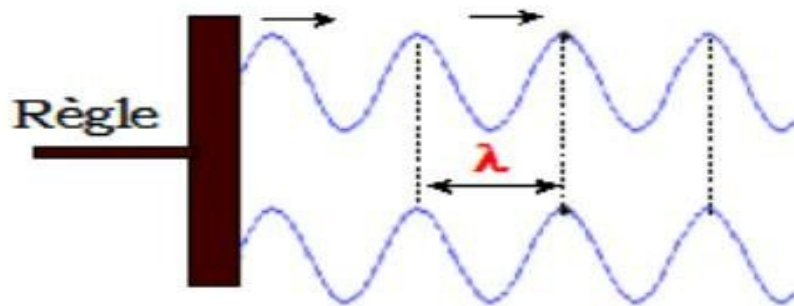
Conclusion : Les ondes transportent de l'énergie sans déplacer le milieu propageur.

Exemple : la distance entre la 1^{ère} et la 5^{ème} crête est de $d=20\text{cm}$. Calculer la longueur d'onde λ .

Réponse : $d=4\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{d}{4}$; AN : $\lambda = \frac{20}{4} = 5\text{cm} = 5.10^{-2}\text{m}$

b) Ondes rectilignes

La pointe est remplacée par une règle parallèle au bord de la cuve .La règle frappe sur toute sa longueur, périodiquement la surface de l'eau.



Des rides équidistantes parallèles à la règle se propagent .La distance entre deux rides est la longueur d'onde λ . Les lignes d'ondes sont des segments parallèles à la règle. Les points qui vibrent en phase appartiennent à des lignes d'ondes distantes de $d=k.\lambda$ ($k \in \mathbb{N}$).

c) Les ondes sonores

Les ondes sonores sont des ondes mécaniques longitudinales de compression-dilatation. Elles ne peuvent se propager que dans le vide et leur propagation nécessite un milieu matériel élastique.

7.2.2. Périodicités

Temporelle : A un point B où flotte le bouton, il monte et descend. Il vibre avec la même période et la même fréquence que celle de la Source.

Spatiale : Si la surface d'eau est assez vaste, dans un train de plusieurs ondes on peut remarquer des points qui vibrent en phase : ils sont distants de $d=k.\lambda$, (par exemple deux creux ou deux sommets quelconques). On remarquera qu'un sommet et un creux vibrent en opposition de phase, ils sont séparés par $\lambda/2$ ou $3\lambda/2$ ou $5\lambda/2$ ou $(2k + 1)\lambda/2$.

7.2.3. Célérité et ligne d'onde.

Les ondes à la surface de l'eau se propagent à la même vitesse qui est constante. Le front d'onde et les rides sont donc circulaires. Les ondes ne se dépassent pas, elles restent donc dans l'ordre de leur émission.

La célérité dépend de facteurs physiques :

- pour une corde ; de sa tension et de sa masse linéaire (μ en g/m);
- pour l'eau ; de la profondeur et de sa masse volumique.

- On appelle célérité c de l'onde la vitesse de propagation de l'onde. C'est le rapport de la distance d parcourue par l'onde par la durée Δt du parcours : $c = \frac{d}{\Delta t}$

Conclusion

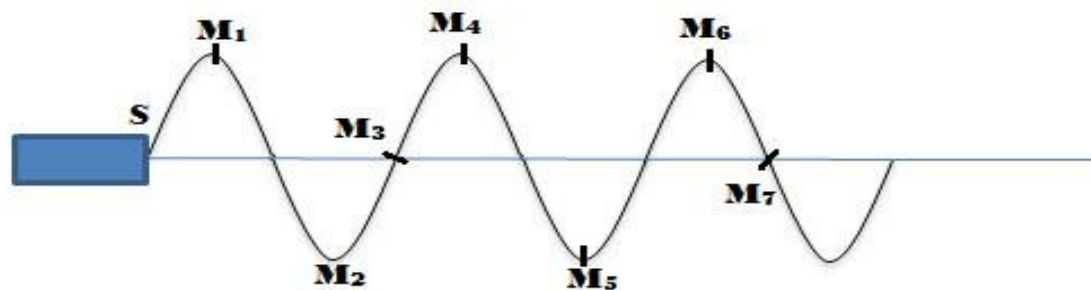
- Une ligne d'onde est une courbe continue dont tous les points vibrent en phase.
- Une source ponctuelle donne des rides circulaires.
- Une lame horizontale peut créer des ondes progressives rectilignes.
- Une onde mécanique est dite progressive si la perturbation qu'elle provoque s'éloigne de plus en plus de la source de l'onde au fur et à mesure que le temps s'écoule.
- Les Ondes progressives sont longitudinales ou transversales.

Exercice d'application

- 1) Qu'est-ce qu'une onde ? quelle est la célérité d'une onde sonore dans le vide ?

Rép : Une onde est un ensemble de signal , sa célérité est la même que celle du signal $c=340\text{m/s}$.

- 2) Soient les points $M_1 ; M_2 ; M_3 ; M_4 ; M_5 ; M_6$ et d la distance entre deux points .



Que peut-on dire des phases de vibrations dans chacun des cas suivants ?

- a) $M_1 M_4 = \lambda$; **Rép** : En phase b) $M_1 M_6 = 2\lambda$; **Rép** : En phase c) $M_2 M_4 = \frac{\lambda}{2}$; **Rép** : En opposition

- d) $M_2 M_3 = \frac{3\lambda}{2}$; **Rép** : En quadrature de phase ou déphasage

- 3) Ecrire la relation de distance de 2) a) b) c) et d) **Rép** : a) $d = k\lambda$; c) $d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ et d) $d = (2k+1)\frac{\lambda}{4}$

- 4) On a relié un vibreur à une règle, il crée des ondes rectilignes de fréquence $N=25\text{Hz}$ à la surface d'une eau calme. La distance entre la crête n et la crête $n+8$ est $d=22\text{cm}$.

- a) Quelle est la longueur d'onde ? **Rép** : $\lambda = \frac{22}{8} = 2,75\text{cm}$

- b) Quelle est la célérité de l'onde ? **Rép** : $c = \lambda \cdot N$, donc $c=0,68\text{m.s}^{-1}$.