

I. les ondes mécanique progressives

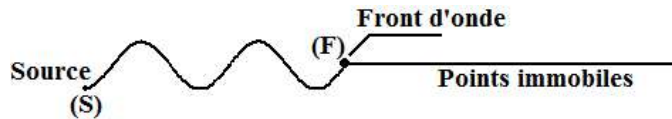
1. Quelles définitions :

- Le signal est une **perturbation** (modification locale et temporaire) qui se propage dans un milieu matériel élastique
- Une **onde progressive correspond** à la propagation dans l'espace et au cours du temps d'une perturbation.
- Une **onde mécanique correspond** à la propagation d'une perturbation **dans un milieu matériel sans transport de matière**. L'onde ne transporte que de l'énergie
- On appelle **onde mécanique progressive**, Onde résultant de la perturbation d'un milieu par une source.
- Un **milieu élastique est** un milieu qui reprend sa forme initiale après le passage de l'onde mécanique
- L'onde se propage **dans** toutes les directions qui lui sont offertes.

2. Mouvement d'un point M du milieu matériel.

- La perturbation crée au point S de la corde au temps t_0 (Souvent $t_0=0$) se propage de proche en proche à une vitesse précise.
- Toute onde est caractérisé par une source (S), une durée d'onde (durée nécessaire de passage de l'onde par un point), une amplitude et une longueur d'onde
- Chaque point du milieu matériel reproduit la perturbation de la source S.
- La perturbation au point M reproduit la perturbation de la source S avec un retard τ , car la perturbation met un certain temps pour progresser de S à M

3. Front d'onde et mouvement d'un point du milieu de propagation



- L'onde débute de la source (S)
- La Source (S)
 - Le premier point qui se met en mouvement
 - Débute souvent son mouvement à l'instant $t_0=0s$ (les autres points sont immobiles à t_0)

- Le Front d'onde (F)
 - Le point le plus lointain de la source (S) suivis, et dans le sens du mouvement, d'un trait horizontal (indiquant les points immobiles)
 - Informe sur le premier mouvement :
 - De la source (S) à l'instant t_0
 - Réaliser par un point lors de la réception de l'onde à un instant t
 - Que réaliseras un point une fois l'onde y parviens

NB :

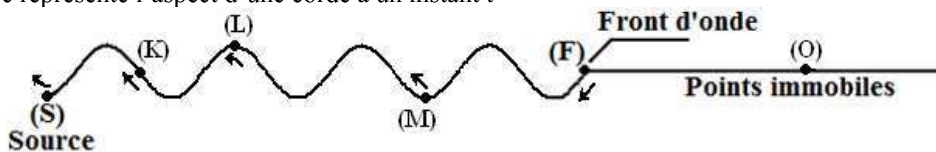
Tous les points (quand la perturbation y parviens à l'instant t) reproduisent la même perturbation que la source (S) (perturbation crée à l'instant t_0)

4. Sens de mouvement d'un point

Du point on suit légèrement l'allure de l'onde vers la source (S) on peut déterminer :

- Le sens du mouvement d'un point
- Le sens de mouvement du front (F) et en déduire le premier mouvement de chaque point et en particulier celui de la source (S)

Exemple : La figure représente l'aspect d'une corde à un instant t

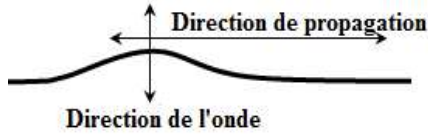


Le point	(S)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)
Mouvement à $t_0=0$	Vers le bas	----- immobile -----				
Mouvement à t	Vers le haut	Vers le haut	Vers le bas	Vers le haut	Vers le bas	Immuable
Le premier mouvement	----- C'est le mouvement du front et c'est vers la bas -----					

5. Les types d'ondes :

Ondes transversales :

Une onde est transversale lorsque la déformation du milieu de matériel a lieu perpendiculairement à la direction de propagation de la perturbation.

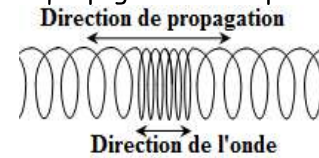


Exemples :

- Une onde se propageant :
 - À la surface de l'eau
 - Le long d'une corde.

Ondes longitudinales :

Une onde est longitudinale si la déformation du milieu matériel a lieu parallèlement à la direction de propagation de la perturbation.



Exemples :

- Une onde se propageant dans un ressort.
- L'onde sonore.

- La direction dans laquelle se propage la perturbation est la direction de propagation de l'onde.

6. Définition de la célérité (vitesse).

La célérité v d'une onde progressive est égale au quotient de la distance d séparant deux points M_1 et M_2 du milieu par la durée Δt qui sépare les dates t_1 et t_2 de passage de l'onde en ces deux points.

$$v = \frac{M_1 M_2}{t_2 - t_1} = \frac{d}{\Delta t}$$

7. Facteurs influençant la célérité.

- La vitesse de propagation de l'onde est une propriété du milieu. Elle dépend en effet des qualités d'élasticité du milieu et de son inertie (c'est-à-dire de la difficulté plus ou moins grande à le mettre en mouvement : plus l'inertie du milieu est grande, la vitesse est faible).
- Dans un milieu linéaire, la célérité est indépendante de la forme et de l'amplitude du signal.
- Pour un même milieu, la célérité dépend du type d'onde considéré ($v_{\text{transversale}} \neq v_{\text{longitudinale}}$)
- La célérité d'une onde progressive est plus grande dans un solide, que dans un liquide, que dans un gaz. Elle dépend de la compressibilité du fluide. ($v_{\text{cuivre}} = 3600 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{\text{eau}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$).

Remarques :

- t : temps ou instant ou date et caractérise un point qui est souvent le front de l'onde
- $\Delta t = \theta = \tau = t_2 - t_1$: durée (ou retard) entre deux points M_1 et M_2
- Aspect ou image ou forme de l'onde des mots souvent lié à la position du front de l'onde à un instant t

** Exploitation de la relation

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

Une phrase

On précise la distance d et la durée de parcours Δt

Exemple :

L'onde parcourt 15cm pendant 10 seconde
 $d = 15 \text{ cm}$
 $\Delta t = 10 \text{ s}$

Graphiquement

et avec une indication sur la source (S)

L'onde est émise de la source à l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$



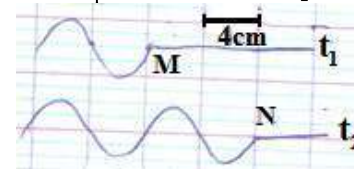
$$d = SM = 4 \times 4 = 16 \text{ cm}$$

$$\Delta t = t_1 - t_0 = t_1$$

Graphiquement

et sans aucune indication sur la source (S)

L'onde passe par le point M à l'instant t_1 et par le point N à l'instant t_2

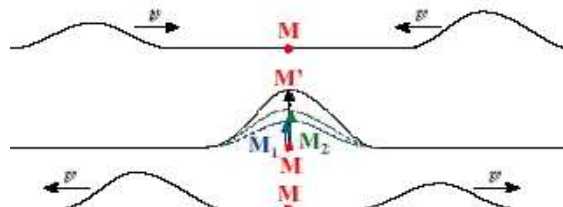


$$d = MN = 2 \times 4 = 8 \text{ cm}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

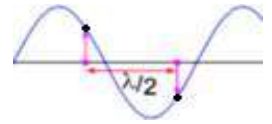
8. Superposition de deux ondes.

- Deux ondes mécaniques peuvent se superposer sans se perturber.
- Lorsque les deux perturbations se croisent, leurs amplitudes s'ajoutent algébriquement.
- Après le croisement, chaque perturbation reprend sa forme propre.



Deux points, M_1 et M_2 d'un milieu à 1 dimension, vibrent en opposition de phase si

- Elles vibrent en opposition de phase $Y(M_1) = -Y(M_2)$
- Leur distance d est égale à un nombre entier impair de demi-longueurs d'onde λ : $d = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$



Comment Vibrent deux points ?????

$\frac{M_1 M_2}{\lambda} = \frac{d}{\lambda} = \frac{SM_2 - SM_1}{\lambda} = k$ Ou bien $\frac{\Delta t}{T} = \Delta t \cdot N = k$

Si k

$k = \dots,00$
Un nombre entier naturel
alors les points vibrent en phase

$K = \dots,50$
Un nombre décimal (... ,50 = ... virgule 50)
alors les points vibrent en opposition de phase

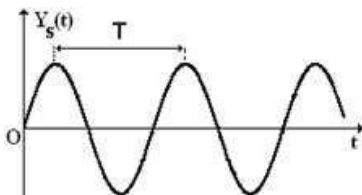
NB :

Pour comparer la source (S) avec un point M du milieu de propagation on calcul $\frac{SM}{\lambda}$

Equation horaire d'un point du milieu de propagation ?????

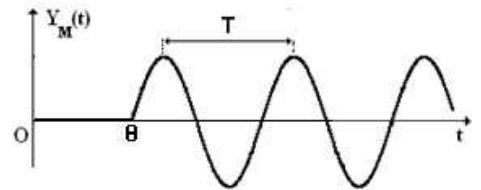
$Y_M(t) = Y_S(t - \theta)$

- On détermine la durée θ soit directement $\theta = \dots$ ou on calcule sa valeur $\theta = \frac{SM}{v}$
- La perturbation au point M reproduit la perturbation de la source (S) avec un retard θ , car la perturbation met un certain temps pour progresser de S à M



$Y_S(t)$: Elongation de la source (S)

Une translation de $Y_S(t)$ d'une durée θ et on obtient $Y_M(t)$



$Y_M(t)$: Elongation de la source (M)

III. Phénomène de diffraction

1. Phénomène de diffraction:

Une onde plane périodique rencontre un obstacle ou une ouverture ou une fente d'épaisseur a :

$a \gg \lambda$

Onde diaphragmée

Onde Incidente

$a \gg \lambda$

L'onde traverse la fente sans changer ni de forme ni de fréquence ni de vitesse et ni de longueur d'onde juste une partie est bloquée

$a \leq \lambda$: Phénomène de diffraction

$a < \lambda$: Phénomène de diffraction

- L'onde change de forme et devient circulaire
- La fente d'épaisseur a se comporte comme une source ponctuelle d'onde circulaire
- L'onde diffractée et l'onde incidente ont la même période, la même célérité et, par conséquent, la même longueur d'onde

Onde diaphragmée :

Onde mécanique progressive périodique se propageant sans modification à travers une ouverture.

Onde diffractée :

Onde mécanique progressive périodique se propageant avec étalement spatial à travers une ouverture

NB :

- $a \leq \lambda$: l'onde est limitée dans une portion angulaire circulaire d'angle θ (angle de diffraction) $\sin(\theta) \approx \theta = \frac{\lambda}{a}$
- Pour une longueur d'onde donnée, la diffraction est d'autant plus importante que la dimension l'ouverture a est faible

1. Milieu dispersif

Un milieu est dispersif si la vitesse (célérité) de l'onde dans le milieu dépend de la fréquence de la source

