



COURS

Chapitre 13 « Ondes mécaniques »

Les compétences à acquérir...

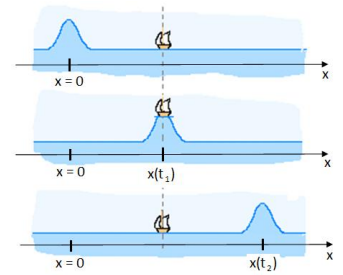
- Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc.
- Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel.
- Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde.
- Distinguer périodicité spatiale et périodicité temporelle.
- Justifier et exploiter la relation entre période, longueur d'onde et célérité.
- Déterminer les caractéristiques d'une onde mécanique périodique à partir de représentations spatiales ou temporelles.



I – Qu'est qu'une onde se propageant dans la matière ?

Définition d'une onde mécanique progressive:

On appelle onde mécanique progressive, le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu élastique..... qui ne s'accompagne pas d'un transport de matière..... mais qui s'accompagne d'un transport d'énergie.....



Les dimensions dans lesquelles les ondes mécaniques progressives se propagent :

<p>Perturbation : Compression... du ressort qui se propage de proche en proche.....</p> <p>Elle se propage le long du ressort dans 1 dimension</p>	<p>Perturbation : Avec la main, la corde est perturbée.....</p> <p>Elle se propage le long de la corde et dans 1 dimension</p>	<p>Perturbation : Sur l'eau, on lance 1 caillou.....</p> <p>Elle se propage à la surface de l'eau et dans 2 dimensions</p>	<p>Perturbation : La vibration de la diapason crée une onde sonore.....</p> <p>Elle se propage dans l'air et dans 3 dimension (s)</p>

Quelques mots clés :

- **Le milieu matériel** : La surface de l'eau, la corde et le ressort constituent des milieux matériels. Un tel milieu est nécessaire à la propagation d'une onde mécanique. L'onde se propage en utilisant la propriété d'élasticité..... du milieu.

- **La perturbation** : Une perturbation correspond à une variation d'une propriété mécanique (vitesse, position, ...) des points d'un milieu. Le milieu retrouve sa position initiale une fois la perturbation passée.

- **La source** : Le point où est créé la perturbation..... est la source de l'onde.

II- Célérité d'une onde v et notion de retard Δt :

1- Célérité de l'onde :

La vitesse de propagation de la perturbation, notée v, est la célérité de l'onde. La célérité correspond donc à la distance d parcourue par l'onde pendant le temps Δt.

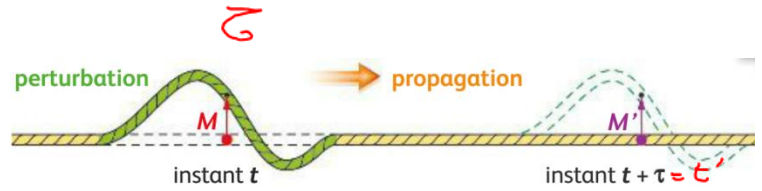
Quelle est la différence entre la vitesse et la célérité ?

$$v = \frac{d}{\Delta t} \begin{cases} d = v \Delta t \\ \Delta t = \frac{d}{v} \end{cases}$$

<p>Vitesse : objet qui se déplace avec déplacement de matière</p>	<p>Célérité ou vitesse de propagation : onde se propage sans déplacement de matière</p>
---	---

2-Notion de retard :

On définit le retard d'onde, entre 2 points, la durée, notée le plus souvent par la lettre grecque tau τ ($= \Delta t$), séparant le passage de la perturbation entre ces 2 points.



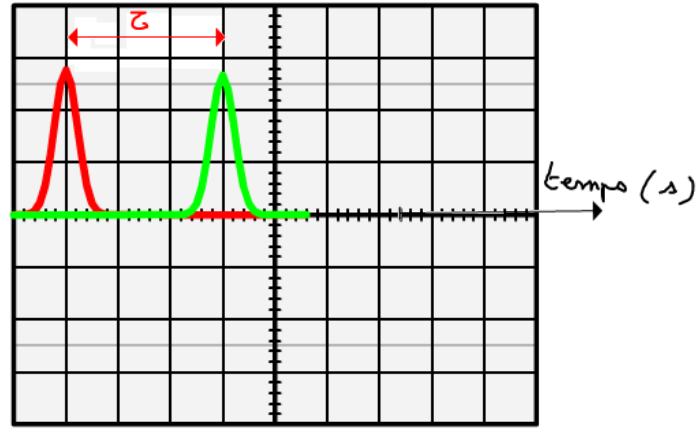
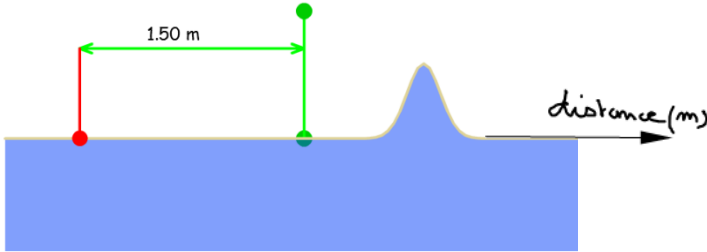
Pour une onde à une dimension, la perturbation qui passe au point M', à l'instant t', est celle qui existait auparavant en un point M, à l'instant t mais avec un retard noté τ tel que :

$$\tau = \Delta t = t' - t$$

$$\text{ou } \tau = \frac{\Delta x}{v}$$

Exercice 1 :

Une perturbation est créée à la surface de l'eau. Son déplacement est étudié à l'aide de 2 capteurs de position reliés à un oscilloscope (Sensibilité horizontale $S_H = 0,20$ s/division). La perturbation se déplace à une vitesse $v = 2,50$ m.s⁻¹.



Exprimer puis calculer, de 2 manières, le retard τ correspondant à la durée que met l'onde pour aller du point M au point M'

Calcul du retard τ

$$v = \frac{\Delta x}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{\Delta x}{v}$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{1,50}{2,50} = 0,600 \text{ s}$$

Calcul de τ

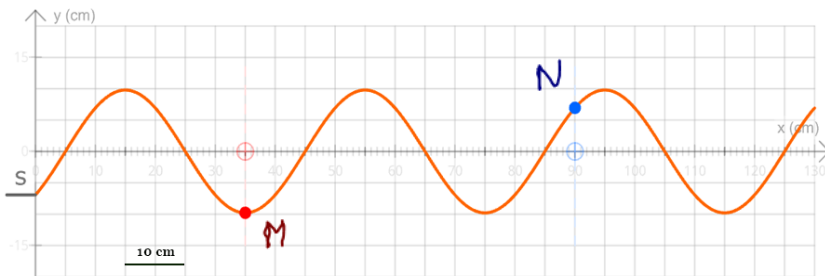
$$\tau = \text{Nombre de Div} \times S_H$$

$$= 3 \times 0,20$$

$$= 0,60 \text{ s}$$

III- Les ondes progressives périodiques

1- Animation d'une onde périodique le long d'une corde :

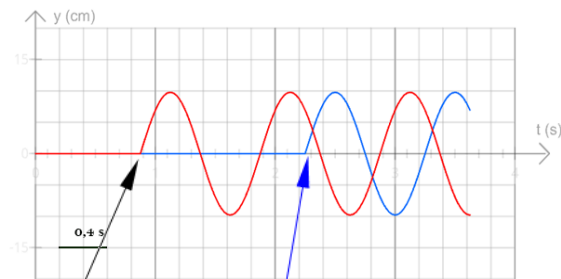


Quelques remarques :

- La perturbation créée à la source S est périodique..... et de forme sinusoïdale.

- Les points M et N ne sont pas dans le même état vibratoire : Ils ne sont pas en phase.....

- Le point N subit la perturbation après un retard τ par rapport au point M.



Exercice 1 : Calculons la vitesse de propagation de cette onde v

Calcul de la durée $\Delta t = t_2 - t_1$

$$\Delta t =$$

de point N commence à subir la perturbation à l'instant t_1

Enregistrement 1 de point M commence à subir la perturbation à l'instant t_2

2- Quelques définitions :

Lorsque la perturbation se reproduit identique à elle-même sur un intervalle de temps égal, appelé **période** Δt , l'onde progressive mécanique est dite **périodique** .
Si cette perturbation est décrite par une fonction **sinusoïdale** du temps alors l'onde progressive est dite **sinusoïdale** .

Remarque : qu'appelle-t-on un phénomène périodique ? Un phénomène périodique est un phénomène qui se répète identique à lui-même sur une même durée (T).

Définition de la période temporelle T

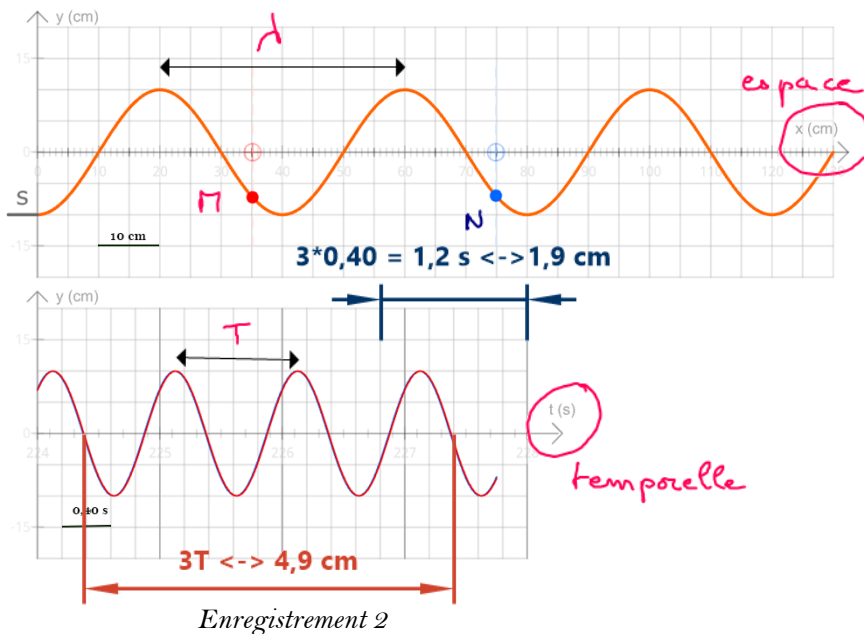
De façon générale un phénomène est périodique lorsqu'il se reproduit identique à lui-même au bout d'un intervalle de temps T, appelé période. Elle s'exprime en **seconde** .
T est donc la plus petite durée d'un motif (ou phénomène) qui se répète identique à lui-même.

Définition de la fréquence f

La fréquence f d'un phénomène périodique est le nombre de fois que se répète un phénomène en une seconde.

La relation entre T et f est :
$$Hz \rightarrow f = \frac{1}{T} \leftarrow s$$

3- Double périodicité :



Recherchons une distance particulière pour laquelle les points M et N sont en **phase** , c'est-à-dire dans **le même état vibratoire** .

- Les courbes rouge et bleue se **superposent** .

- Notons cette distance particulière par la lettre lambda **.. d.. (cm)** .

- Les courbes y(M) et y(N) en fonction du temps sont-elles périodiques ? **oui** .

- Notons cette durée par la lettre **..T** .

Nous observons donc une **double** périodicité :

- Dans l'espace, λ est appelée **longueur d'onde** mais aussi période **spatiale** .
- Dans le temps, T est appelée **période** mais aussi période **temporelle** .

Exercice 2: Déterminer les 2 périodes à partir de l'enregistrement 2

Période spatiale λ
Ici la lecture est simple, pas besoin d'utiliser une échelle
$$\lambda = \text{Nbce_Division} \times SH$$

$$= 8 \times \frac{0,4}{2} = 1,6 \text{ cm}$$

Période temporelle T.

Echelle
$$\begin{cases} 1,2 \text{ s} \leftrightarrow 1,9 \text{ cm} \\ 3T \leftrightarrow 4,9 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow 3T = \frac{1,2 \times 4,9}{1,9}$$

$$\Rightarrow T = \frac{1,2 \times 4,9}{3 \times 1,9} = 1,0 \text{ s}$$

4- Quelle est la relation entre la période spatiale λ et la période temporelle T ?

La longueur d'onde λ période spatiale est la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle T avec une vitesse de propagation (ou célérité) v

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \left(\frac{\text{distance}}{\text{durée}} \right)$$

$$\Rightarrow v = \lambda \times f$$

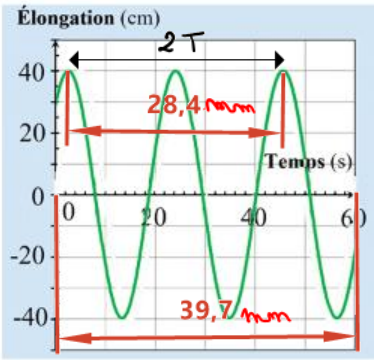
Exercice 3: Calculer la vitesse de propagation v de cette onde.

Calcul de v

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1,6 \cdot 10^{-2}}{1,0} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

On peut aussi calculer f
 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,0} = 1,0 \text{ Hz}$

Exercice 4: Calculez λ , T et v de l'onde



d'axe des abscisses en le temps : on mesure T

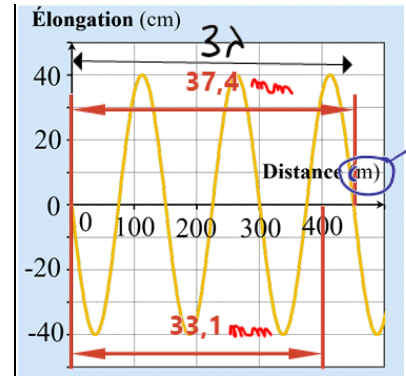
Echelle des temps
 $60 \text{ ms} \leftrightarrow 4,0 \text{ cm}$
 $2T \leftrightarrow 2,85 \text{ cm}$

Calcul de la période T

$$2T = \frac{60 \times 2,85}{4,0} = 42,8 \text{ ms}$$

$$\Rightarrow T = \frac{42,8}{2} = 21,4 \text{ ms}$$

Echelle des distances
 $400 \text{ cm} \leftrightarrow 3,3 \text{ cm}$
 $3\lambda \leftrightarrow 3,75 \text{ cm}$



d'axe des abscisses en une distance : on mesure λ

Donc $3\lambda = \frac{400 \times 3,75}{3,3} = 455 \text{ cm}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{455}{3} = 152 \text{ cm}$$

On peut calculer la fréquence f

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{21,4 \cdot 10^{-3}} = 46,7 \text{ Hz}$$

On en déduit la vitesse v

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{152 \cdot 10^{-2}}{21,4 \cdot 10^{-3}} = 71,0 \text{ m/s}$$