

# Ondes progressives périodiques

## exercice1 Onde le long d'un ressort :

Un piston provoque des ondes de compression et de dilatation à l'extrémité d'un ressort de longueur 1 m. La position du piston évolue de façon sinusoïdale, avec une période  $T=0,1s$  et une amplitude de 1cm. La célérité des ondes le long du ressort est de 2 m/s.

1. Au bout de combien de temps la spire située au milieu du ressort commence t-elle à osciller ? Quelle est l'amplitude des oscillations de cette spire ?
2. Représenter sur un graphe l'évolution de la position de spire située au milieu du ressort et celle du piston, pour  $t$  variant de 0 à 0,45s. Comparer l'état vibratoire de cette spire et du piston. L'onde est elle longitudinale ou transversale ?
3. Quelle est la plus petite distance séparant deux spires en phase ? Pour quelle fréquence cette distance vaut elle 5 cm

## exercice2 Onde ultrasonore dans l'air et dans l'eau :

Un émetteur ultrasonore est placé au point E. Le récepteur R est connecté à millivomètre particulier, qui mesure une tension proportionnelle à l'amplitude de l'onde détectée. La fréquence du générateur qui alimente l'émetteur est de 40 kHz.

1. Quelle est période  $T$  des ondes ultrasonores ? Quelle est la longueur d'onde  $\lambda$  des ondes ultrasonores dans l'air dans ces conditions (la célérité des ultrasons est de 340 m/s) ?
2. On dispose juste derrière l'émetteur une plaque percée d'une fente de centre F, de largeur  $a=1$  cm et de grande longueur. F et E sont sur la même horizontale. E et R sont reliés par une ficelle de longueur 0,5 m. On déplace R dans un plan horizontal passant par F. La tension relevée par le récepteur reste-t-elle constante ? Pourquoi ?
3. On appelle  $\alpha$  l'angle que fait la perpendiculaire à l'écran et la ficelle qui caractérise la direction FR. On constate que la tension lue sur le voltmètre est nulle pour un angle  $\alpha_0 = 48^\circ$ . Calculer le rapport  $\lambda/a$  et comparer cette valeur à celle de l'angle (en radian) qui correspond à une amplitude nulle.
4. On reprend cette même expérience dans l'eau : quels résultats sont modifiés ? En admettant que la conclusion de la question précédente reste valable, quelle est la valeur de l'angle correspondant à une amplitude reçue nulle ? la célérité du son dans l'eau est de 1500 m/s.

retrouvez ces exercices au : [www.ibnalkhatib2.canalblog.com](http://www.ibnalkhatib2.canalblog.com)

### exercice3 onde progressive sinusoïdale sur une corde :

Un vibreur impose à une corde une perturbation sinusoïdale de période  $T$ . On appelle  $v$  la célérité des ondes mécaniques le long de la corde. On néglige dans tout l'exercice l'effet de la pesanteur. L'altitude (en mètres) d'un point  $M$  d'abscisse  $x$  est donnée par la relation :  $y_M(x,t)=0,04\sin(2\pi t/0,01 - 2\pi x/0,02)$

1. Quelle est la période temporelle de l'onde qui on propage le long de la corde ? Quelle est sa longueur d'onde ?
2. Quelle est la célérité de l'onde qui se propage le long de la corde ? L'onde est elle transversale ou longitudinale ?
3. Quelle est l'amplitude des vibrations de la corde ?
4. A quelle distance de la source se situe le point  $M$  ? Si une perturbation est émise à l'instant  $t=0$  au niveau de la source, à quel instant  $t$  cette perturbation atteint-elle le point  $M$  ? Comment appelle-t-on cette durée ?
5. Si  $S$  est l'extrémité du vibreur, exprimer  $y_S$  en fonction du temps.

La lame métallique d'un vibreur, fixée en un point  $O$  à une corde tendue, est animée d'un mouvement sinusoïdal de fréquence  $100$  Hz. Un ébranlement d'amplitude  $a=1,0$  mm se propage le long de la corde avec une célérité de  $40,0$  cm/s. A l'autre extrémité de la corde, on a installé un dispositif anti-réflexion.

1. Calculer la période  $T$  et la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde.
2. Ecrire l'équation horaire du mouvement du point  $O$  en prenant comme origine des temps le début de l'ébranlement, le déplacement se faisant dans le sens positif ascendant.
3. En déduire l'équation horaire du mouvement d'un point  $M$  situé à  $3,30$  cm de  $O$ .
4. Représenter l'aspect de la corde aux instants  $t_1=0,01$  s et  $t=0,0125$  s.

Un point  $O$  de la surface de l'eau est animé d'un mouvement sinusoïdal de fréquence  $18$  Hz d'amplitude  $3,0$  mm. Les ondes qui se propagent à la surface de l'eau ont une célérité de  $2,7$  m/s. A l'instant  $t=0$ , le mouvement de  $O$  commence dans le sens positif ascendant.

1. Donner l'équation horaire du mouvement de  $O$ .
2. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde.
3. Quelle est la différence de phase entre deux points  $A$  et  $B$  situés respectivement à  $14,7$  cm et  $7,2$  cm du point  $O$  ?

La houle est une onde caractérisée par sa période (intervalle de temps séparant le passage de deux crêtes successives devant un obstacle fixe) ; sa longueur d'onde (distance entre deux crêtes successives) , sa vitesse de propagation , sa hauteur (dimension entre la crête et le creux) et sa cambrure (rapport entre la hauteur et la longueur d'onde).

La houle est un système de vagues à faible cambrure se propageant en dehors du domaine, appelé fetch, où elle naît sous l'influence du vent.

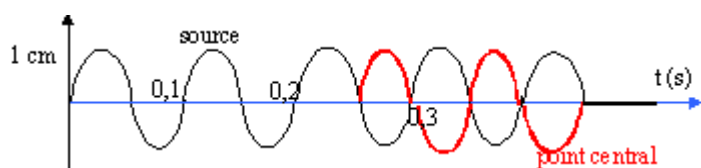
1. schématiser l'onde.
2. Représenter l'amplitude et la hauteur de la houle.
3. L'amplitude de la houle est-elle égale à la hauteur des vagues ?
4. Ecrire la relation entre l'amplitude et la hauteur.
5. Quelle est la nature de cette onde ?
6. Une houle haute de 7 m a une période de 15 s et se propage à la vitesse de 85 km/h. Quelle est sa cambrure ?

### corrigé du Onde le long d'un ressort

La spire centrale est à 0,5 m de la source.

Elle reproduit le mouvement de la source avec un retard  $t = d/v = 0,5 / 2 = 0,25$  s.

c'est à dire un nombre impaire de demi période : la source et la spire centrale sont donc en opposition de phase.



son amplitude sera celle de la source soit 0,01 m.

l'onde est longitudinale.

la longueur d'onde  $\lambda$  est la plus petite distance séparant deux spires consécutives en phase :

$$\lambda = v / f \quad \text{soit } f = \lambda / 0,05 = 40 \text{ Hz.}$$

### corrigé : Onde ultrasonore dans l'air et dans l'eau

$$\text{période} = \text{inverse de la fréquence en hertz} = 1 / 4 \cdot 10^4 = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ s.}$$

$$\text{longueur d'onde } \lambda = \text{célérité (m/s)} / \text{fréquence (Hz)} = 340 / 4 \cdot 10^4 = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 8,5 \text{ mm.}$$

la longueur d'onde et la largeur de la fente sont du même ordre de grandeur : don on observe un phénomène de diffraction de l'onde ultrasonore au passage de la fente F.

l'amplitude de l'onde diffractée passe par un maximum pour  $a = 0$ , puis diminue régulièrement, et s'annule pour un angle  $a_0 = 48^\circ$ : la tension relevée par le récepteur n'est pas constante.

$$\lambda/a = 8,5 \cdot 10^{-3} / 0,01 = 0,85 \text{ rad ;}$$

$$48^\circ = 48/180 \cdot \pi = 0,84 \text{ rad.}$$

dans l'eau la vitesse de propagation, donc la longueur d'onde sont modifiées ; la fréquence ne change pas.

$$l_{\text{eau}} = 1500 / 40\,000 = 3,75 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$l_{\text{eau}} / \lambda = 3,75 \cdot 10^{-2} / 0,01 = 3,75 \text{ rad ;}$$

### Corrigé : onde progressive sinusoïdale sur une corde

$$(x,t) = 0,04 \sin(2\pi/0,01 (t - x/2))$$

$$\omega = 2\pi/0,01 = 2\pi/T \text{ d'où } T = 0,01 \text{ s et } f = 100 \text{ Hz.}$$

M reproduit le mouvement de la source avec un retard  $t = x/v = x/2$  d'où célérité de l'onde :  $v = 2 \text{ m/s}$

$$\text{longueur d'onde } \lambda = v/f = 2 / 100 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

ondes transversales d'amplitude  $0,04 \text{ m} = 4 \text{ cm}$ .

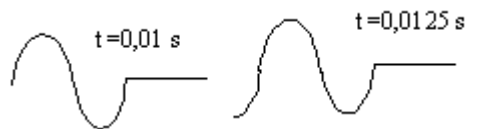
$$y_s(x,t) = 0,04 \sin(2\pi/0,01 t)$$

période  $T = 1/100 = 0,01 \text{ s}$  ; longueur d'onde (m) = célérité (m/s) / fréquence (Hz) =  $0,4 / 100 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ .

$$y_o(x,t) = 0,01 \sin(2\pi/0,01 t)$$

M reproduit le mouvement de la source avec un retard  $t = x/v = 0,033/0,4 = 8,25 \cdot 10^{-2} \text{ s}$ .

$$y_M(x,t) = 0,01 \sin(2\pi/0,01 (t - 0,0825))$$

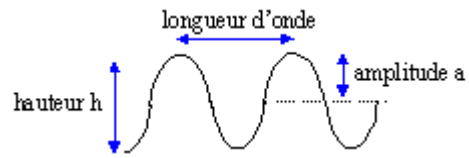


$$y_o(x,t) = 0,003 \sin(2\pi \cdot 18 t) = 0,003 \sin(36\pi t)$$

$$\text{longueur d'onde (m)} = \text{célérité (m/s)} / \text{fréquence (Hz)} = 2,7 / 18 = 0,15 \text{ m.}$$

$14,7 - 7,2 = 7,5 \text{ cm}$  soit une demi-longueur d'onde.

en conséquence A et B, séparés par un nombre impair de demi-longueur d'onde sont en opposition de phase.



**amplitude =  $\frac{1}{2}$  hauteur**

**onde progressive transversale.**

**vitesse en m/s :  $85 / 3,6 = 23,61$  m/s**

**longueur d'onde(m) = célérité (m/s) \* période (s) =  $23,61 * 15 = 354$  m.**

**cambrure = hauteur / longueur d'onde =  $7 / 354 = 0,02$**