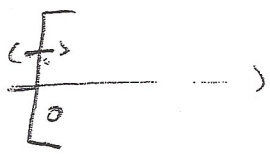


Question de Cours Ondes progressives.

Q1 : la membrane du haut-parleur possède un mouvement vibratoire autour de la position d'équilibre $x=0$.

* lorsque qu'elle se déplace vers les x croissants. 

Elle comprime la tranche d'air placée à sa droite, qui va se détendre en comprimant la tranche voisine sur sa droite et ainsi de suite. La surpression se répand le long de l'axe x comme sur un ressort à spires non jointives au quel on aurait donné une impulsion vers la droite.

* lorsque la membrane se déplace vers les x décroissants elle détend la tranche d'air à sa droite qui se comprime en détendant la tranche à sa droite : la dépression se répand le long de l'axe x comme sur un ressort au quel on aurait donné une impulsion vers la gauche.

La perturbation sonore engendrée de l'air de proche en proche (qui va provoquer l'oscillation de l'ensemble)

est représentée par la surpression $p(x,t) = \underbrace{P(x,t)}_{\text{Pression atmosphérique}} - P_0$.
 $\rightarrow$ Pression atmosphérique qui est à l'équilibre

Q2 : l'air de la membrane du haut-parleur.

est harmonique $x(t) = a \cos \omega t$. $f = \frac{\omega}{2\pi}$ la fréquence f du signal P sonore est la fréquence à laquelle vibre la tranche d'air (nb d'allers-retours / seconde) π

fréquence faible $\rightarrow$ son grave.

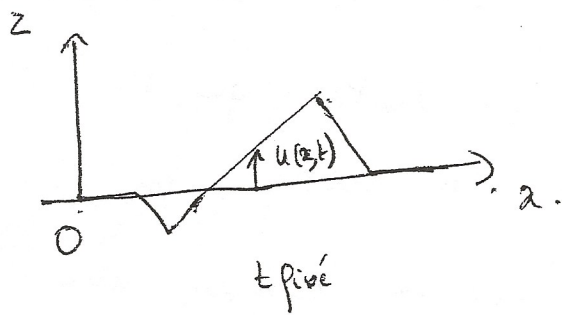
fréquence élevée $\rightarrow$ son aigu.

$16\text{Hz} < f < 20\text{kHz}$ gamme audible par l'oreille humaine.

$f = 440\text{Hz}$ la du diapason.

$0\text{Hz} < f < 3\text{kHz}$ gamme de fréquence de la parole.

[Q3] Pour une corde vibrante $u(x,t)$ est l'élongation, c'est à dire l'écart que présente la corde par rapport à l'axe Ox .



Corde vibrante tendue et excitée. par un operateur en $x=0$ suivant un mouvement de forme quelconque selon l'axe Oz .

$u(x,t)$ est algebrique et depend de 2 variables x et t .

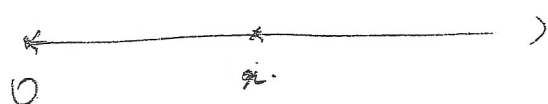
$u(x,t_0)$ represente l'allure de la corde à t_0 fixée (photographie).

$u(x_0,t)$ represente l'évolution d'un point choisi de la

corde au cours du temps.

	presence d'un nœud naturel	
ondes mécaniques sur une corde	oui	ondes transversales
ondes sonores	oui	ondes longitudinales

Q4. $u(x, t) = g\left(t - \frac{x}{c}\right) = u\left(0, t - \frac{x}{c}\right)$

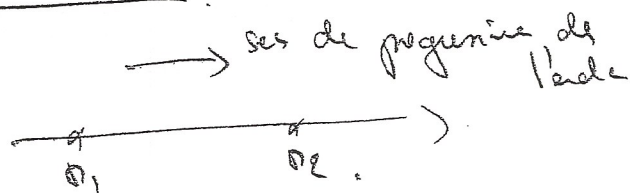


Temps de propagation $\theta = \frac{x}{c}$

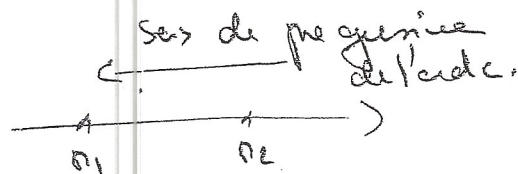
Le signal en x à l'instant t est le même que celui qu'il y avait en 0 à l'instant antérieur $t - \frac{x}{c}$ ($x > 0$). Le signal s'est propagé sans se déformer dans le sens des x croissants. C'est la célérité de l'onde.

$u(x, t) = g\left(t + \frac{x}{c}\right) \rightarrow$ le signal en x à l'instant t est le même que celui en 0 à l'instant ultérieur $t + \frac{x}{c}$.
 $\Rightarrow$ onde se propageant vers x décroissant.

Généralisation :



$$u(x_2, t) = u\left(x_1, t - \frac{x_2 - x_1}{c}\right)$$

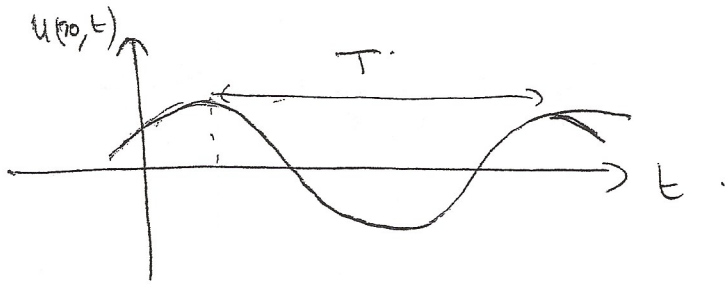


$$u(x_2, t) = u\left(x_1, t + \frac{x_2 - x_1}{c}\right)$$

Q5. $u(0, t) = u_0 \cos \omega t$

$$u(x, t) = u_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{c}\right) = u_0 \cos \left(\omega t - \frac{\omega x}{c}\right) = u_0 \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

$u(x_0, t)$ Équation en $x=x_0$ et fonction du temps

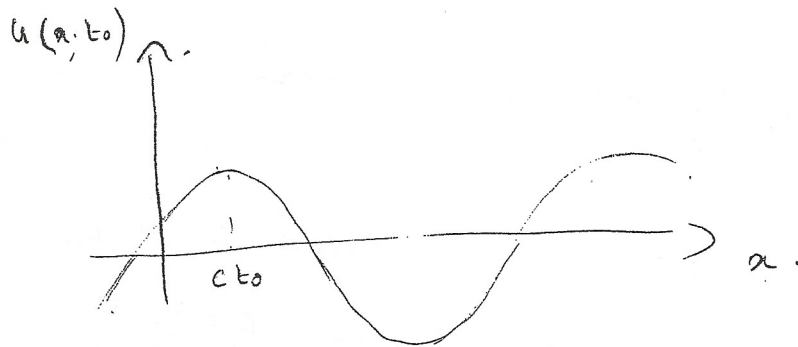


$$u(x_0, t) = u_0 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x_0}{\lambda}\right)$$

$$= u_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x_0}{c}\right)\right)$$

$u(x, t_0)$ Appare de la corde à t_0 .

$$u(x, t_0) = u_0 \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \omega t_0\right) = u_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T} \left(\frac{x}{c} - t_0\right)\right)$$



$u(x_0, t)$ est périodique de période T .

$$u(x_0, t+T) = u(x_0, t)$$

$$u_0 \cos\left(\omega(t+T) - \frac{2\pi x_0}{\lambda}\right) = u_0 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi x_0}{\lambda}\right) \Rightarrow \boxed{\omega T = 2\pi}$$

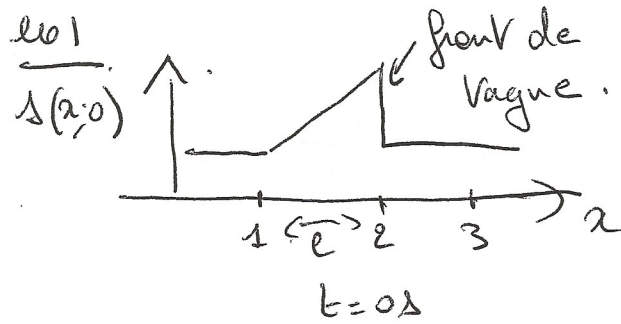
$u(x, t_0)$ est périodique de période λ .

$$u(x+\lambda, t_0) = u(x, t_0)$$

$$u_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} (x+\lambda) - \omega t_0\right) = u_0 \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \omega t_0\right) \Rightarrow \frac{\omega \lambda}{c} = 2\pi \Rightarrow \boxed{\omega = 2\pi \frac{c}{\lambda}}$$

d'où $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \boxed{\lambda = cT}$ La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant 1 période.

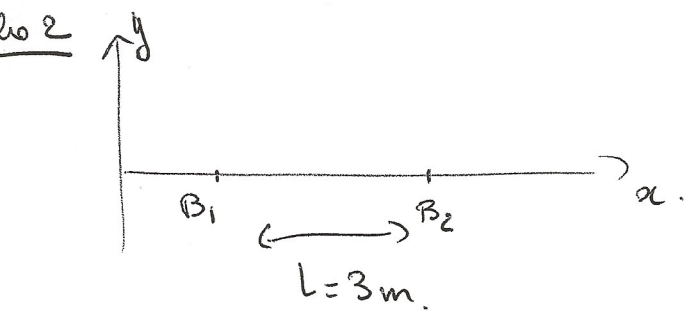
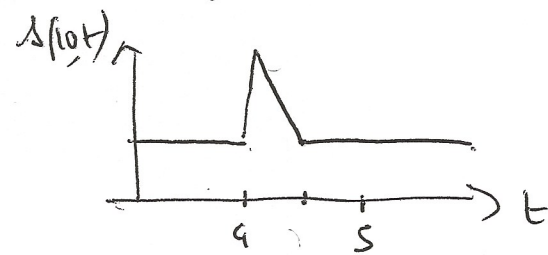
Concours 15 Propagation d'une onde



$t=0$; front de vague en $x_1=2m$
la vague a une longueur l

2] $s(x=10m; t)$

Le front de vague arrive en $x_2=10m$ au bout d'un temps $T = \frac{x_2 - x_1}{c}$.
 $T=4s$, toute la vague franchit $x=10m$ en une durée $\Delta t = \frac{l}{c} = \frac{2}{2} = 1s$
 $\Delta t = \frac{1}{2} = 0,5s$



1) Pour la branche B1 $T=4s$

$$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$2A = 1m$$

$$y_1(t) = A \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$\text{à } t=0 \quad y=A \Rightarrow \cos \varphi_1 = 1 \rightarrow \varphi_1 = 0$$

$$y_1(t) = A \cos(\omega t)$$

2) Le sommet de la vague parcourt $L=3m$ en $\Delta t=2s$
 $c = \frac{L}{\Delta t} = \frac{3}{2} = 1,5 m/s$

$$y_2(t) = y_1(t - \frac{L}{c}) = A \cos \omega (t - \frac{L}{c}) = A \cos(\omega t - \frac{\omega L}{c}) = A \cos(\omega t + \varphi_2)$$

$$\text{et } \varphi_2 = -\frac{\omega L}{c} = -\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{L}{c} = -\frac{2\pi}{4} \cdot \frac{3}{1,5} = -2\pi$$

$$y_2(t, x) = A \cos(\omega t - \frac{\omega x}{c})$$

$$\text{AN } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2} \text{ rad/s}$$

$$\frac{\omega}{c} = \frac{\pi/2}{2 \times 3} = \frac{\pi}{12} m^{-1}$$

(5)

$$u(x, t) = u_0 \cos\left(2\pi t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) = u_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$u(0, t) = u_0 \cos \omega t$$

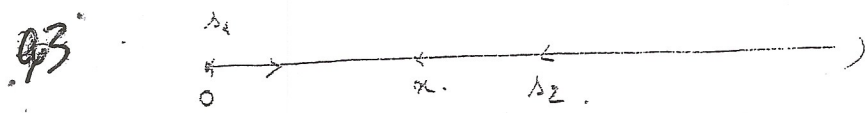
$u(x, t)$ est en retard de phase sur $u(0, t)$ de $\frac{2\pi x}{\lambda}$.

$$x = \frac{\lambda}{4} \quad \varphi_1 = -\frac{\pi}{2}$$

$$x = \frac{\lambda}{2} \quad \varphi = -\pi \quad \text{opposée de phase.}$$

$$x = \frac{3\lambda}{4} \quad \varphi = -\frac{3\pi}{2} = +\frac{\pi}{2}$$

$$x = \lambda \quad \varphi = 2\pi \quad \text{en phase.}$$



$$\Delta_1(0,t) = a \cos(\omega t) \Rightarrow \Delta_1(x,t) = a \cos \omega \left(t - \frac{x}{c} \right) = \text{onde qui existe à l'instant } t' = t - \frac{x}{c}$$

$$\Delta_1(x,t) = a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{c \cdot T} \right) = a \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$$

$$\Delta_2(0,t) = a \cos(\omega t + \varphi)$$

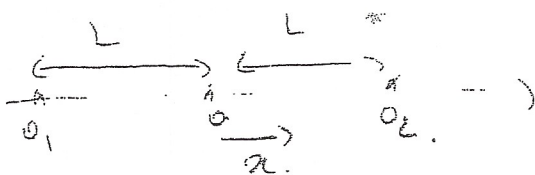
$$\Delta_2(x,t) = a \cos \left(\omega \left(t + \frac{x}{c} \right) + \varphi \right)$$

onde en x à l'instant t'

onde qui existe en 0 à l'instant $t' = t + \frac{x}{c}$

$$\Delta_2(x,t) = a \cos \left(\omega t + \frac{x \cdot 2\pi}{c \cdot T} + \varphi \right)$$

Q5



$$O_1 \text{ et } O_2 \text{ en phase: } u(t) = u \cos 2\pi f t$$

$$u_1(t) = u \cos 2\pi f \left(t - \frac{(L+x)}{c} \right) = u \cos \left(2\pi f t - 2\pi f \frac{x}{c} - 2\pi f \frac{L}{c} \right)$$

$$u_1(t) = u \cos \left(2\pi f t - \underbrace{R x - R L}_{\varphi_1} \right) \text{ avec } R = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{c \cdot T}$$

$$u_2(t) = u \cos 2\pi f \left(t - \frac{(L-x)}{c} \right) = u \cos \left(2\pi f t + \underbrace{R x - R L}_{\varphi_2} \right) = u_2(t)$$

$$2) \varphi_2 - \varphi_1 = R x - R L - (-R x - R L) = \boxed{2 R x = \varphi_2 - \varphi_1}$$

des ondes sont en phase pour $2 R x = 2 n \pi \Rightarrow \lambda = \frac{n \pi}{R} = \frac{n \pi}{2\pi} \lambda$

$$\Rightarrow \boxed{\lambda_N = n \cdot \frac{\lambda}{2}}$$

Q6

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} = 2\pi \cdot \frac{1}{8} = \frac{\pi}{4} \text{ rad.} \quad A_1 \text{ en avance de phase sur } A_2$$

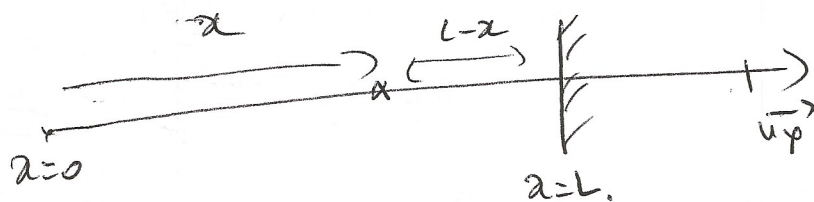
$$u_1(t) = u_1 \cos 2\pi g t$$

$$u_2(t) = u_2 \cos 2\pi g \left(t - \frac{d}{c}\right) = u_2 \cos \left(2\pi g t - \frac{d 2\pi}{\lambda}\right) \quad \text{Pour que } \Delta\varphi = 2\pi \cdot \frac{d}{\lambda} = 2\pi k \Rightarrow d = k\lambda \text{ les signaux sont en phase.}$$

$$|d_2 - d_1| = \lambda = 22 \text{ cm.}$$

$$\lambda = cT = \frac{c}{g} \Rightarrow c = \lambda \cdot g = 22 \cdot 10^{-2} \cdot 1500 = 330 \text{ m s}^{-1}$$

Ex 4 Reflexion d'une onde lumineuse.



$$1) \Delta(x=0) = A \cos \omega t \quad 2) \Delta_+(x, t) = \Delta(x=0, t - \frac{x}{c}) = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{c}\right)$$

$$\Delta_+(x, t) = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{T \cdot c}\right) = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad \vec{k} = k \vec{u}_p = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{u}_p$$

$$3) \Delta_+(L, t) = A \cos(\omega t - kL) \quad \Delta_-(L, t) = A \cos(\omega t - kL + \pi)$$

$$\Delta_-(x, t) = A \cos \omega \left(t - \left(\frac{L-x}{c}\right) - \frac{kL}{\omega}\right) = A \cos(\omega t + kx - 2kL + \pi)$$

$$\varphi_{-/+} = kx - 2kL + \pi - (-kx) = 2k(x-L) + \pi$$