4. Déphasage ☺☺

Une corde vibrante est excitée de manière sinusoïdale par un vibreur placé en x=0 qui lui impose un mouvement transversal : $u(0,t)=u_0\cos(\omega t)$ de pulsation ω. Une onde se propage dans le sens des *x* croissants.

1. Quel est le signal *u(x,t)* ?

2. Représenter les courbes *u(x₀,t) dans les 4 cas suivants :* $x_0=\frac{\lambda}{4}$, $x_0=\frac{\lambda}{2}$, $x_0=\frac{3\lambda}{4}$ *et* $x_0=\lambda$ *comment appelle-t-on ce type de représentation ? Déterminer dans chaque cas le déphasage de u(x₀,t)par rapport à u(0,t).*

Solution :

1. $u(0,t)=u_0\cos(\omega t)=f(t)$ d'où $u(x,t)=f(t-\frac{x}{c})$ d'où

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

1er cas : $x_0=\frac{\lambda}{4}$ $u(\frac{\lambda}{4},t)=u_0\cos(2\pi\frac{t}{T}-2\pi\frac{\lambda}{4}\times\frac{1}{\lambda})$ d'où $\boxed{u(\frac{\lambda}{4},t)=u_0\cos(2\pi\frac{t}{T}-\frac{\pi}{2})}$.

$u(\frac{\lambda}{4},t)$ est en retard de $\frac{\pi}{2}$ par rapport au signal $u(0,t)$.

2ème cas : $x_0=\frac{\lambda}{2}$ $u(\frac{\lambda}{2},t)=u_0\cos(2\pi\frac{t}{T}-2\pi\frac{\lambda}{2}\times\frac{1}{\lambda})$ d'où $\boxed{u(\frac{\lambda}{2},t)=u_0\cos(2\pi\frac{t}{T}-\pi)}$.

$u(\frac{\lambda}{2},t)$ est en opposition de phase par rapport à $u(0,t)$

3ème cas : 1er cas : $x_0=\frac{3\lambda}{4}$ $u(\frac{3\lambda}{4},t)=u_0\cos(2\pi\frac{t}{T}-2\pi\frac{3\lambda}{4}\times\frac{1}{\lambda})$ d'où

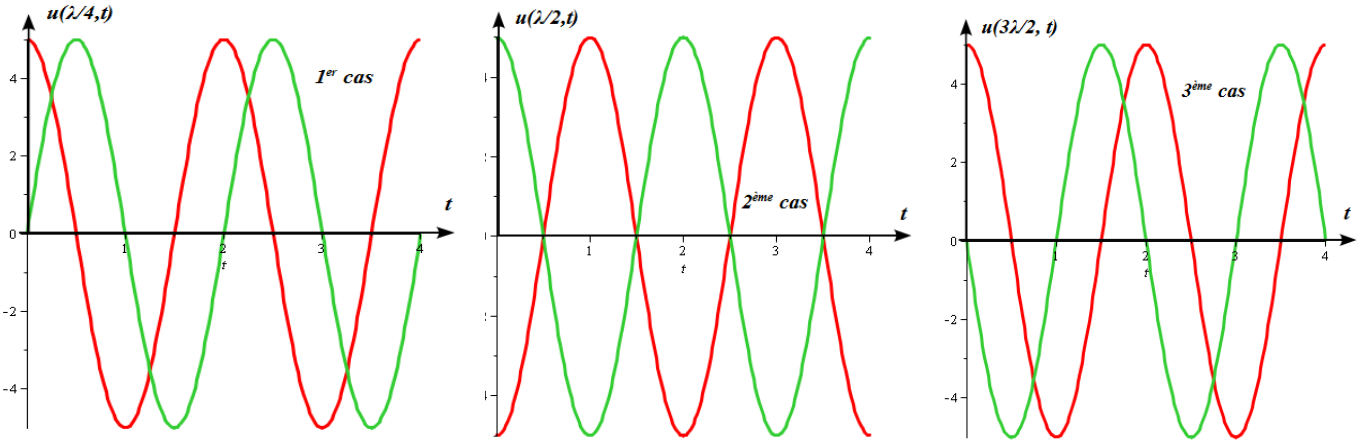
$$\boxed{u(\frac{3\lambda}{4},t)=u_0\cos(2\pi\frac{t}{T}-\frac{3\pi}{2})=u_0\cos(2\pi\frac{t}{T}+\frac{\pi}{2})}.$$

$u(\frac{3\lambda}{4},t)$ est en avance de $\frac{\pi}{2}$ ou en retard de $\frac{3\pi}{2}$ par rapport au signal $u(0,t)$.

4ème cas : $x_0=\lambda$ $\boxed{u(\lambda,t)=u_0\cos(2\pi\frac{t}{T}-2\pi)}$.

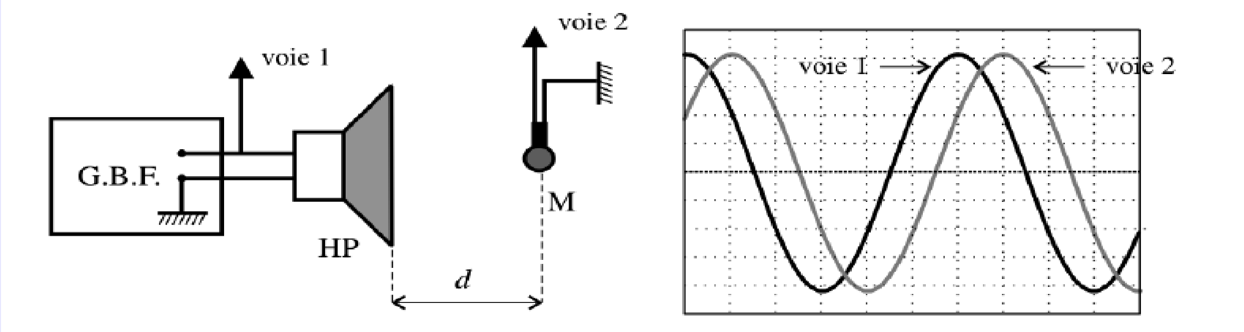
$u(\lambda,t)$ est en phase avec $u(0,t)$.

Le mode de représentation correspond au **mode temporel**.



5. Étude expérimentale d'une onde progressive sinusoïdale ☺☺

Un haut-parleur (HP) est mis en vibration à l'aide d'un générateur de basses fréquences GBF réglé sur la fréquence f = 1500Hz. L'onde sonore ainsi créée se propage dans l'air à la célérité v = 342 m.s^{-1}. Un microphone M placé à distance d du haut-parleur reçoit le signal sonore et le transforme en un signal électrique. Les signaux du GBF et du microphone sont envoyés respectivement sur les voies 1 et 2 d'un oscilloscope.



1. Pour une certaine position de M et un réglage adéquat de l'oscilloscope, l'écran a l'aspect représenté sur la figure ci-dessus. Quel est le déphasage des signaux visualisés ?
2. L'oscilloscope étant synchronisé sur la voie 1, comment évolue la courbe de la voie 2 lorsqu'on éloigne M du HP?
3. De combien doit-on augmenter d pour voir les deux signaux en phase ? Quel est le meilleur moyen pour savoir si deux signaux sont en phase ?

Solution

1. Le signal de la voie 1 est en avance sur celui de la voie 2 car il s'annule en premier. La période représente 6 carreaux, et le déphasage 1 carreau . On en déduit : $\boxed{\Delta\phi_{2/1} = \frac{2\pi\times 1}{6} = -\frac{\pi}{3} = -1{,}05\,rad}$.

2. Au fur et à mesure que l'on éloigne le micro, le signal correspondant (voie 2) est de plus en plus en retard sur le signal du GBF. La courbe 2 se décale progressivement vers la droite.

3. Pour avoir les 2 signaux en phase il faut augmenter le retard de phase de $\varphi = (2\pi - \frac{\pi}{3}) = \frac{5\pi}{3}$, la distance correspondante est $\boxed{d = \frac{\varphi\times\lambda}{2\pi} = \frac{5\pi}{3}\times\frac{c}{f\times 2\pi} = \frac{5\pi}{3}\times\frac{342}{1500\times 2\pi} = 0{,}19\,m}$.

Pour constater expérimentalement que 2 signaux sont en phase, la meilleure méthode consiste à passer en mode XY. On voit un segment de droite de pente positive lorsque les deux signaux sont en phase.