

## Corrigé: Position des noeuds et des ventres

IV.1 ★ Position des noeuds : on cherche  $y(x_N, t) = 0$  pour tout  $t$  soit :

$$\sin kx_N = 0$$

$$kx_N = m\pi$$

$$x_N = \frac{m\pi}{k} = m \frac{\lambda}{2}$$

★ Position des ventres : on cherche  $y(x_N, t)$  maximal pour tout  $t$  soit :

$$\sin kx_N = 1$$

$$kx_N = m\pi + \frac{\pi}{2}$$

$$x_N = \frac{(2m+1)\pi}{2k} = m \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$$

## IV.1

## Corrigé: Superposition d'ondes

Paramétrons les deux ondes :

$$y_+(x, t) = y_0 \cos(\omega t - kx)$$

$$y_-(x, t) = y_0 \cos(\omega t + kx + \psi)$$

L'onde résultante devient :

$$\begin{aligned} y(x, t) &= y_0 (\cos(\omega t - kx) + \cos(\omega t + kx + \psi)) \\ &= 2y_0 \cos(\omega t + \psi/2) \cos(kx + \psi/2) \end{aligned}$$

## Corrigé: Utiliser une condition aux limites

IV.1 Q1. Une onde transporte de l'énergie sans perte. Or en  $x = 0$ , la corde ne bouge pas, donc il ne peut y avoir d'énergie fournie vers  $x = 0^+$ . Par conservation de l'énergie, il faut nécessairement qu'une onde réfléchie naisse.

Q2. On pose  $y_+(x, t) = y_{0+} \cos(\omega_1 t + k_1 x + \psi)$ . La condition aux limites impose<sup>a</sup> :

$$y(x = 0, t) = 0$$

$$y_0 \cos(\omega t) + y_{0+} \cos(\omega_1 t + \psi) = 0$$

Cette relation devant être vraie pour tout  $t$ , il est nécessaire que  $\omega_1 = \omega$  (il vient aussi que  $k_1 = k$ ). Soit :

$$y_0 \cos(\omega t) + y_{0+} \cos(\omega t + \psi) = 0$$

$$(y_0 + y_{0+} \cos \psi) \cos \omega t - y_{0+} \sin \psi \sin \omega t = 0$$

A tout nouveau, pour que la relation soit vraie pour tout  $t$ , il faut que les coefficients devant les sinus et cosinus soient nuls donc <sup>b</sup> :

$$\begin{cases} y_0 + y_{0+} \cos \psi &= 0 \\ y_{0+} \sin \psi &= 0 \end{cases} \implies \begin{cases} y_{0+} &= -y_0 \\ \psi &= 0 \end{cases} \quad (1)$$

donc :

$$\begin{aligned} y(x, t) &= y_0 \cos(\omega t - kx) - y_0 \cos(\omega t + kx) \\ &= 2y_0 \sin \omega t \sin kx \end{aligned}$$

a. On choisit l'origine des phases pour l'onde incidente.

b. On pourra vérifier que le cas  $\psi = \pi$  conduit à la même expression pour l'onde réfléchie.

Pensez à vérifier dans l'expression finale que la condition aux limites est bien vérifiée. Ici le sinus s'annule en  $x = 0$  donc  $y(x = 0, t) = 0$ .

## Corrigé: Corde de Melde

**IV.1 Q1.** La méthode est la même que précédemment. En utilisant le fait que la condition est valable pour tout  $t$ , il vient :

$$\begin{cases} y_{0-} + y_{0+} \cos \psi &= 0 \\ y_{0+} \sin \psi &= 0 \end{cases} \implies \begin{cases} y_{0+} &= -y_{0-} \\ \psi &= 0 \end{cases} \quad (2)$$

soit :

$$\begin{aligned} y(x, t) &= y_{0-} \cos(\omega t - kx) - y_{0-} \cos(\omega t + kx) \\ &= 2y_{0-} \sin \omega t \sin kx \end{aligned}$$

**Q2.** On impose un noeud aux chaque extrémités de la corde. Il vient que les modes propres possibles doivent avoir une longueur d'onde compatibles (Figure 1).

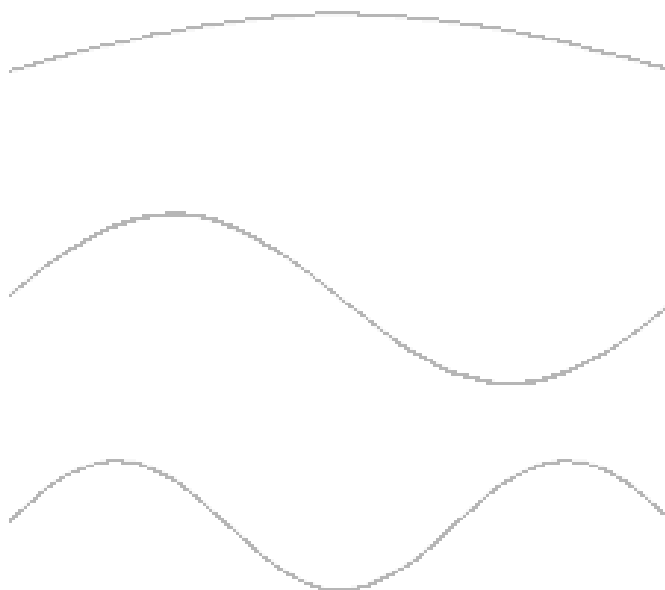


FIGURE 1 – Modes propres possibles

On a vu que les noeuds sont séparés de  $\lambda/2$ . Il vient que la longueur d'onde la plus grande possible est donc telle que :  $\lambda/2 = L \implies \lambda = 2L$  (courbe du haut sur la Figure 1). Ce sera le **fondamental**. De manière général, il faut que  $L = n\frac{\lambda}{2}$  avec  $n \in \mathbb{N}$ . Les longueurs d'onde sont bien quantifiées :

$$\begin{cases} \lambda_n &= \frac{2L}{n} \\ f_n &= \frac{nc}{2L} \end{cases} \quad (3)$$

avec  $c$  la célérité des ondes sur la corde.

**Q3.** On a :  $y(x, t) = 2y_{0-} \sin \omega t \sin kx$  et  $y(L, t) = 0$  pour tout  $t$  soit :  $\sin kL = 0 \implies kL = n\pi$ . Il vient donc :

$$\begin{cases} k_n &= \frac{n\pi}{L} \\ \lambda_n &= \frac{2L}{n} \\ f_n &= \frac{nc}{2L} \end{cases} \quad (4)$$