(23). $f_1 = 400\ Hz$ (fréquence fondamentale)

(a). $f_n = n\left(\frac{v}{2L}\right)$ $(n \in \mathbb{N})$ pour la fondamentale, $n=1$ $\Rightarrow f_1 = \frac{v}{2L} = 400\ Hz$

$f_2 = 2\cdot\frac{v}{2L} = 2\cdot 400 = \underline{\underline{800\ Hz}}$ $f_3 = 3\cdot\frac{v}{2L} = 3\cdot 400 = \underline{\underline{1200\ Hz}}$ $f_4 = 4\cdot\frac{v}{2L} = 4\cdot 400 = \underline{\underline{1600\ Hz}}$

(b). tuyau cylindrique ouvert aux deux extrémités $f_n = n\cdot\left(\frac{v}{2L}\right)$ $(n \in \mathbb{N})$

On a exactement les mêmes solutions que pour la corde fixée aux deux extrémités !

(c). tuyau cylindrique ouvert à une seule extrémité $f_n = n\cdot\left(\frac{v}{4L}\right)$ (n impair)

$f_1 = \frac{v}{4L} = 400\ Hz$ $f_3 = 3\cdot\frac{v}{4L} = 3\cdot 400 = \underline{\underline{1200\ Hz}}$ $f_5 = 5\cdot\frac{v}{4L} = 5\cdot 400 = \underline{\underline{2000\ Hz}}$

$f_7 = 7\cdot\frac{v}{4L} = 7\cdot 400 = \underline{\underline{2800\ Hz}}$

---

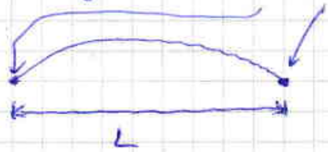
(25). tuyau d'orgue ouvert $\Rightarrow f_n = n\cdot\left(\frac{v}{2L}\right)$, n entier $\begin{cases}\text{fondamental, } n=1 \\ 1^{er} \text{ harmonique } n=2\end{cases}$

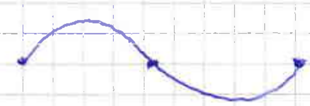
$\Rightarrow 2^{ème}$ partiel, $n=3$ $f_3 = 3\cdot\frac{v}{2L} = 262\ Hz$

$\Rightarrow L = \frac{3v}{2\cdot 262} = \frac{3\cdot 343}{2\cdot 262} \cong \underline{\underline{1{,}96\ m}}$

---

(28). Tube fermé aux deux extrémités : les extrémités sont des noeuds de déplacement.

1).  1er harmonique (fondamental) (2 noeuds) $L = \frac{\lambda_1}{2} = v\cdot\frac{1}{f_1}\cdot\frac{1}{2} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2L}$ $\left(\lambda = \frac{v}{f}\right)$

2).  2ème harmonique (3 noeuds) $L = \lambda_2 = v\cdot\frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{v}{L} = 2\cdot\left(\frac{v}{2L}\right)$

3).  3ème harmonique (4 noeuds) $L = 3\frac{\lambda_3}{2} = v\cdot\frac{1}{f_3}\cdot\frac{3}{2} \Rightarrow f_3 = \frac{3}{2}\frac{v}{L} = 3\cdot\left(\frac{v}{2L}\right)$

on voit que $f_n = n\cdot\left(\frac{v}{2L}\right)$ $n = 1, 2, 3, \ldots$

c'est la même relation que pour une corde fixée aux 2 extrémités !

---

(29). Un tunnel est comme un tuyau ouvert à ses 2 extrémités.

les harmoniques sont données par $f_n = n\cdot\left(\frac{v}{2L}\right)$

la différence des fréquences doit donc être un multiple entier de $\frac{v}{2L}$; en effet :

$165 - 135 = 30 = \Delta f = f_m - f_n = (m-n)\frac{v}{2L}$, $(m, n \in \mathbb{N}^*)$

1) Si $m-n=1 \Rightarrow \frac{v}{2L} = 30 \Rightarrow L = \frac{v}{60} \cong 5{,}71\ m$

2) Si $m-n=2 \Rightarrow \frac{v}{2L} = 15 \Rightarrow L = \frac{v}{30} \cong 11{,}42\ m$

3) Si $m-n=3 \Rightarrow \frac{v}{2L} = 10 \Rightarrow L = \frac{v}{10} \cong 22{,}84\ m$

Quel L choisir ? On essaye ! on applique $f_n = n\cdot\left(\frac{v}{2L}\right)$

Si :

①. $L = 5{,}71\ m \Rightarrow 165 = n\cdot\frac{v}{2L} = n\cdot\frac{343}{2L}$

$\Rightarrow n = \frac{2L\cdot 165}{343} \cong 5{,}5 \notin \mathbb{N}$

②. $L = 11{,}42\ m \Rightarrow n = \frac{2L\cdot 165}{343} \cong 11$ ok

et $n = \frac{2L\cdot 135}{343} \cong 9$ ok donc $\underline{\underline{L = 11{,}4\ m}}$