Corrigé 9
Ondes stationnaires

Exercices

$\boxed{9.1}$ Corde de banjo

a. Masse linéïque de la corde :

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3}}{54 \cdot 10^{-2}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^{-1}$$

Célérité de l'onde :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{71}{2,0 \cdot 10^{-3}}} = 187 \text{ m.s}^{-1}$$

b. Le son fondamental correspond à l'apparition d'un seul fuseau de longueur $\lambda_1/2$ sur la corde. Donc :

$$L = \frac{\lambda_1}{2} \quad \text{et} \quad \lambda_1 = \frac{v}{f_1}$$

$$\Rightarrow \quad L = \frac{v}{2f_1} \quad \Leftrightarrow \quad f_1 = \frac{v}{2L}$$

Application numérique :

$$f_1 = \frac{187}{2 \times 0,54} = 173 \text{ Hz}$$

$\boxed{9.2}$ N°3 p. 55 : Tuyau sonore

Solution à la fin de votre livre.

$\boxed{9.3}$ Onde stationnaire dans un tuyau

a. La fréquence du fondamental est la plus petite valeur de f pour laquelle le tuyau émet un son audible. Il s'agit donc de $f_1 = 142$ Hz.

b. La fréquence de 425 Hz correspond à $f_3 = 3f_1$. Sachant qu'à chaque extrémité du tuyau, il y a un ventre de vibration, et que la longueur du tuyau vaut $3\lambda_n/2$, il y a trois nœuds de vibration dans la colonne d'air (et aussi quatre ventres).

c. La longueur du tuyau et la longueur d'onde sont reliées par :

$$L = n\frac{\lambda_n}{2}$$

avec $n = 3$. La célérité v de l'onde étant connue, on en déduit :

$$L = 3\frac{\lambda_3}{2} \quad \text{et} \quad \lambda_3 = \frac{v}{f_3}$$

$$\Rightarrow \quad L = \frac{3v}{2f_3} = \frac{3v}{2 \times 3f_1} = \frac{v}{2f_1} = \frac{340}{2 \times 142} = 1,20 \text{ m}$$

d. En chauffant l'air, T augmente. La célérité étant une fonction croissante de la température T, elle augmente aussi. À la longueur L constante, on peut écrire d'après la question **c** :

$$L = \frac{v}{2f_1} \quad \text{donc} \quad f_1 = \frac{v}{2L}$$

f_1 est une fonction croissante de v donc de T. La fréquence f_1 et par conséquence toutes les fréquences $f_n = nf_1$ augmentent avec la température.

e. À $T' = 330$ K, la célérité v' de l'onde vérifie :

$$v = k\sqrt{T} \quad \text{et} \quad v' = k\sqrt{T'} \quad \Rightarrow \quad \frac{v'}{\sqrt{T'}} = \frac{v}{\sqrt{T}}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{T'}{T}}$$

La longueur L reste inchangée donc :

$$L = \frac{v}{2f_1} = \frac{v'}{2f'_1}$$

et donc la fréquence f'_1 du mode fondamental vérifie :

$$\frac{f'_1}{f_1} = \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{T'}{T}} \quad \Rightarrow \quad f'_1 = f_1\sqrt{\frac{T'}{T}}$$

Application numérique :

$$f'_1 = 142 \times \sqrt{\frac{330}{298}} = 149 \text{ Hz}$$

$\boxed{9.4}$ N°6 p. 55 et 56 : Résonance

$\boxed{9.5}$ N°13 p. 47 : Diapason

$\boxed{9.6}$ Tube de Kundt

a. Les tas correspondent à des nœuds de vibration, la poudre se regroupant là où les vibrations sont les plus faibles.

b. La distance entre tas donne la taille d'un fuseau :

$$\frac{\lambda}{2} = 11,0 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \lambda = 22,0 \text{ cm}$$

La fréquence est donnée par :

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \Leftrightarrow \quad f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0,22} = 1\,545 \text{ Hz}$$

$\boxed{9.7}$ N°5 p. 55 : Tube de Kundt