

Série 1 : Ondes mécaniques progressives

Exercice 1 : Étude des ondes sonores

1. Quelques caractéristiques des ondes sonores :

1.1. Pourquoi peut-on dire que les ondes sonores sont des ondes mécaniques ?

1.2. Choisir la (ou les) bonne(s) caractéristique(s) qui qualifie(nt) une onde sonore, en expliquant la signification des caractéristiques choisies :

- a) progressive b) tridimensionnelle c) transversale d) longitudinale

1.3. Choisir dans la liste le (ou les) «milieu(x)» dans lequel le son ne se propage pas :

- a) acier b) béton c) vide d) eau

2. Ondes sonores produites par un avion :

Un avion vole à la vitesse $v_{\text{avion}} = 800 \text{ km.h}^{-1}$. On veut savoir s'il se déplace à une vitesse supérieure à la célérité du son sachant que cette dernière dépend de la température.

2.1. La célérité du son peut se calculer en première approximation par la relation $v_{\text{son}}(\theta) = v_{\text{son}}(0^\circ\text{C}) \times \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}}$ avec θ la température en degré Celsius et $v_{\text{son}}(0^\circ\text{C}) = 3,3 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$.

Calculer la célérité des ondes sonores à l'altitude de 10 km en considérant que la température θ de l'air vaut -50°C .

2.2. Comparer cette valeur avec la vitesse de l'avion. Conclure.

EXERCICE 2 : Le claquement d'un coup de fouet

Un artiste de cirque veut faire claquer son fouet ; pour ce faire, il génère, d'un mouvement de poignet, un ébranlement qui se déplace à la célérité v le long de la lanière en cuir du fouet.

1. Cette célérité v dépend de la tension F de la lanière et de sa masse linéique μ (masse par unité de longueur) suivant la relation $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

Montrer, par une analyse dimensionnelle, l'homogénéité de cette relation.

2. On simule à l'aide d'un logiciel la propagation de la perturbation le long de la lanière et on obtient la position de l'ébranlement à différentes dates séparées d'un intervalle de temps $\Delta t = 3,5 \times 10^{-2} \text{ s}$ (voir figure 1).

La lanière du fouet a une longueur $L = 3,0 \text{ m}$.

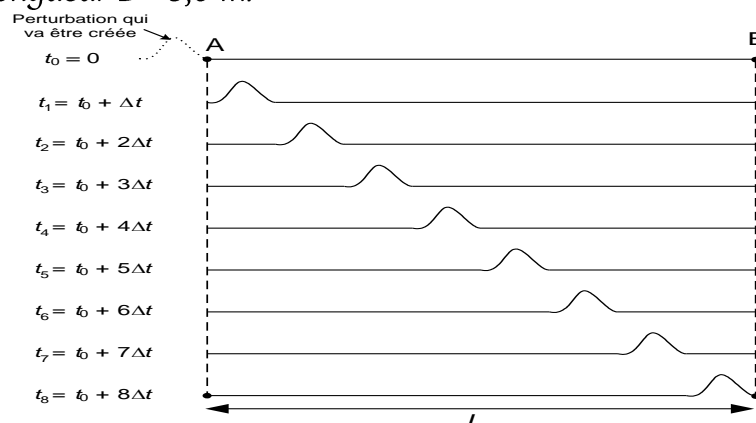


Figure 1. Propagation de la perturbation le long de la lanière

2.1. Calculer la durée τ mise par l'onde pour parcourir toute la lanière.

2.2. En déduire la valeur de la célérité v de l'onde.

2.3. En réalité, la section de la lanière du fouet diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la poignée ; la masse linéique μ diminue donc. Si on suppose que la tension F est constante, comment évolue la célérité de l'onde le long de la lanière, de la poignée à son extrémité ?

3. On s'intéresse maintenant à la vitesse de déplacement transversal de la mèche qui correspond à l'extrémité du fouet.

On enregistre son mouvement avec une caméra ultra-rapide. La fréquence de prise de vue est de 4000 images par seconde. Entre deux images successives, la mèche, du fait de la propagation de la vibration, se déplace d'une distance $d = 11 \text{ cm}$ (voir figure 2).

En déduire la vitesse v' de déplacement de la mèche. Dans ces conditions, le mur du son a-t-il été passé par la mèche ?

Donnée : célérité du son dans l'air à 20°C : $v_{\text{son}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$

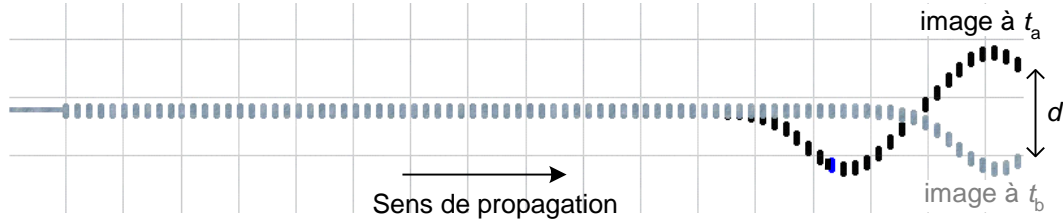


Figure 2. Positions de la mèche du fouet à deux instants t_a et t_b