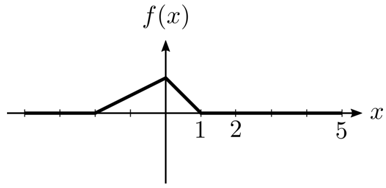
1 Translation de graphe

On considère la fonction f, dont le graphe est représenté ci-contre.

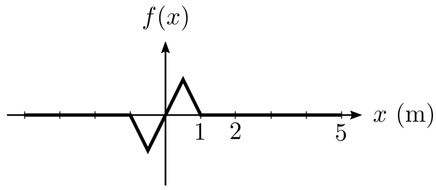


1. Représenter le graphe de la fonction $x \mapsto f(x+1)$.
2. Représenter le graphe de la fonction $x \mapsto f(x-2)$.
3. Représenter le graphe de la fonction $x \mapsto f(3-x)$.

2 Forme d'un signal à différents instants

On considère une corde tendue selon un axe (Ox). Une onde $y(x,t)$ se propage le long de la corde, à la célérité $c = 1$ m.s^{-1}. L'allure initiale de la corde est donnée par la fonction $f(x) = y(x,0)$, représentée ci-dessous.

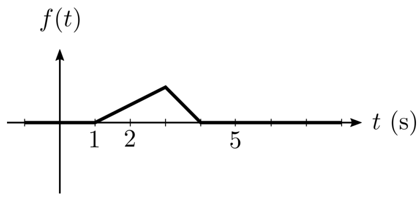
1. L'onde se propage vers la droite.
   (a) Donner l'expression de $y(x,t)$, à l'aide de la fonction f.
   (b) Représenter l'allure de la corde à $t = 1$ s.
   (c) Représenter le mouvement de la corde en $x = 3$ m.
2. L'onde se propage vers la gauche.
   (a) Donner l'expression de $y(x,t)$, à l'aide de la fonction f.
   (b) Représenter l'allure de la corde à $t = 2$ s.
   (c) Représenter le mouvement de la corde en $x = -4$ m.



3 Évolution temporelle à différentes positions

On considère une corde tendue selon un axe (Ox). Une onde $y(x,t)$ se propage le long de la corde, à la célérité $c = 1$ m.s^{-1}. Le mouvement de la corde en $x = 0$ est donné par la fonction $f(t) = y(0,t)$, représenté ci-dessous.

1. L'onde se propage vers la droite.
   (a) Donner l'expression de $y(x,t)$, à l'aide de la fonction f.
   (b) Représenter le mouvement de la corde en $x = 1$ m.
   (c) Représenter l'allure de la corde à $t = 2s$.
2. L'onde se propage vers la gauche.
   (a) Donner l'expression de $y(x,t)$, à l'aide de la fonction f.
   (b) Représenter le mouvement de la corde en $x = -3$ m.
   (c) Représenter l'allure de la corde à $t = 4s$.



4 Réflexion d'une onde triangulaire

Un corde très longue, fixée en un point O, est tendue le long d'un axe (Ox) dans le demi-espace $x > 0$. Une onde $y(x,t)$ se propage initialement vers la gauche, à la célérité c. La forme de la corde à l'instant $t = 0$ est donnée par la fonction :

$$f(x) = y(x,0) = \begin{cases} x - a + b & \text{si } x \in [a-b, a] \\ a + b - x & \text{si } x \in [a, a+b] \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

où a et b sont deux réels strictement positifs tels que $a > b$.

1. Représenter l'allure de la corde à l'instant $t = 0$.
2. Donner l'expression de l'onde $y(x,t)$ avant que la déformation n'atteigne le point O, en utilisant la fonction f.

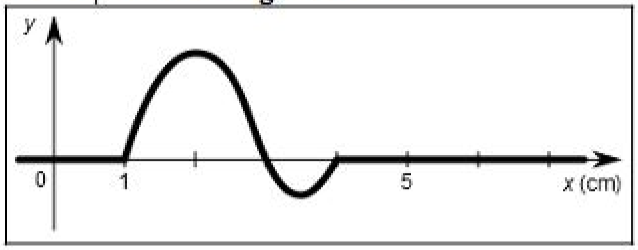
On cherche une onde de la forme $y(x,t) = f(x+ct) + g(x-ct)$.

3. Que représente le terme $g(x-ct)$?
4. Quelle est la signification physique de la condition : $\forall t, y(0,t) = 0$?
5. Montrer que $\forall X, g(X) = -f(-X)$.
6. En déduire l'expression de l'onde $y(x,t)$ en utilisant la fonction f.
7. Représenter l'allure de la corde aux instants $t = a/c$ et $t = 2a/c$.

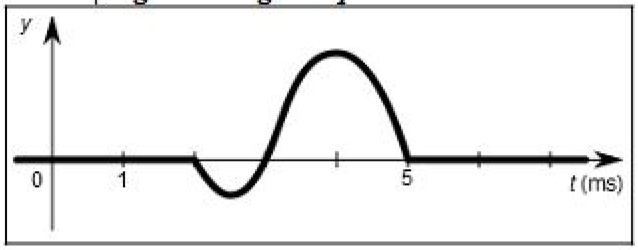
5 Position d'un détecteur

Une onde se propage dans la direction de l'axe (Ox). Un détecteur, placé en $x = a$, enregistre le signal recu.

Doc 1 | *Allure du signal à $t = 0$*



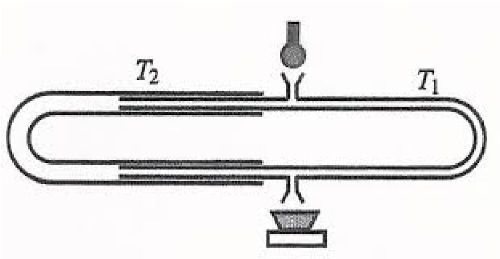
Doc 2 | *Signal enregistré par le détecteur*



Déterminer la position a du détecteur.

6 Mesure de la vitesse du son

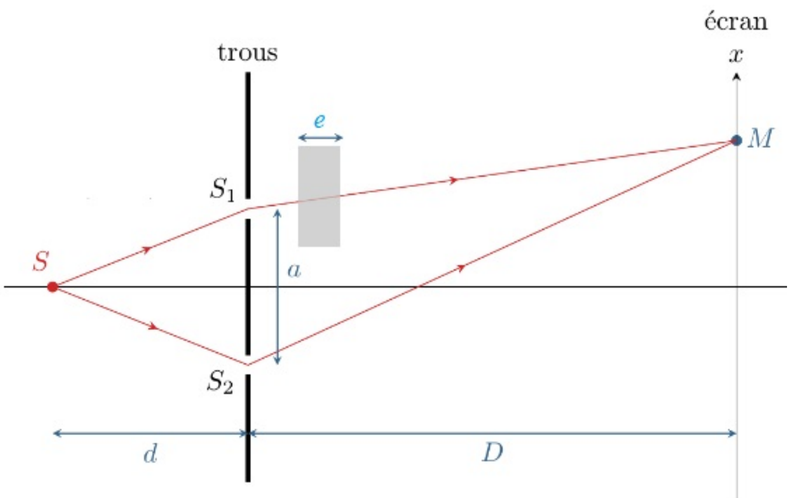
Le trombone de Koenig est un dispositif de laboratoire permettant de faire interférer deux ondes acoustiques. Un haut-parleur émet un signal sonore à 1500 Hz à l'entrée. On mesure le signal à la sortie du trombone avec un microphone branché sur un oscilloscope. L'amplitude du signal observé passe par deux minima successifs lorsqu'on déplace la partie mobile T_2 de 11,5 cm.



En déduire la vitesse du son dans l'air dans les conditions de l'expérience

7 Expérience des trous d'Young : ajout d'une lame à faces parallèles

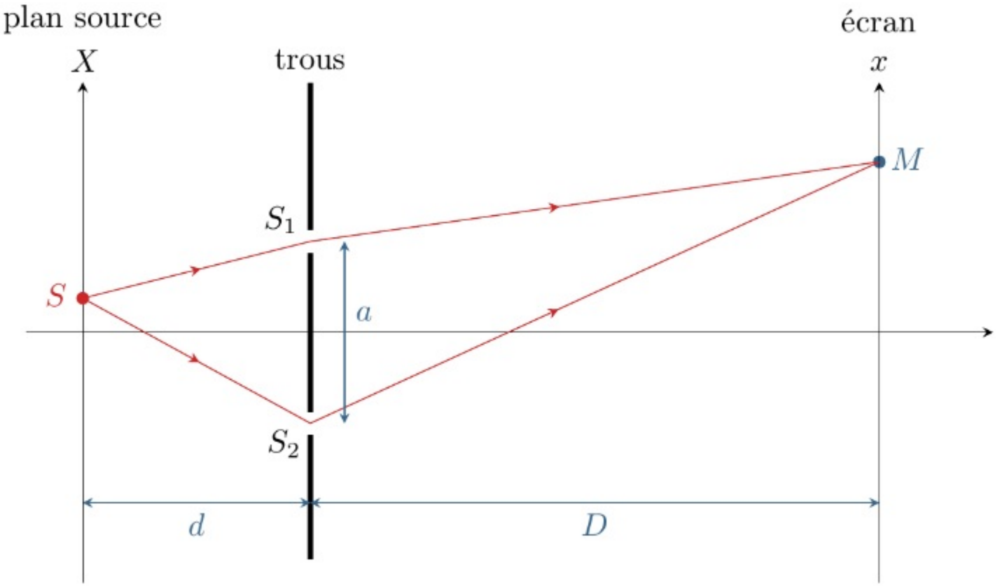
On considère l'expérience des trous d'Young dans l'air d'indice 1,0. On intercale une lame à faces parallèles en verre d'indice n, devant le trou S_1. On suppose $D \gg a$ et $D \gg x$. Dans ces conditions les rayons arrivent pratiquement en incidence normale sur la lame.



1. Établir l'expression de la différence de chemin optique $\delta = (S_2M) - (S_1M)$.
2. En déduire l'interfrange i et la position de la frange centrale x_0 correspondant à $\delta = 0$.

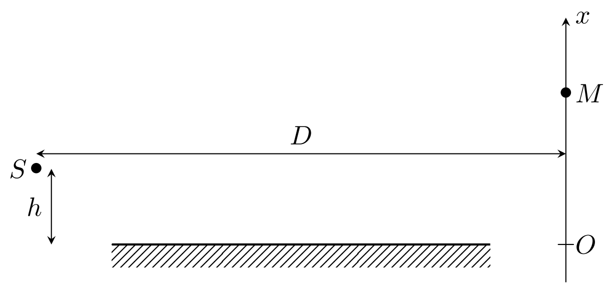
8 Expérience des trous d'Young : déplacement de la source primaire

On considère l'expérience des trous d'Young dans l'air d'indice 1,0. La source primaire, située à la distance d des trous est déplacée de X dans la direction des trous. On suppose $d \gg a$ et $d \gg X$, ainsi que $D \gg a$ et $D \gg x$.



1. Établir l'expression de la différence de chemin optique $\delta = (SS_2M) - (SS_1M)$.
2. En déduire l'interfrange i et la position de la frange centrale x_0 correspondant à $\delta = 0$.

9 Miroir de Lloyd

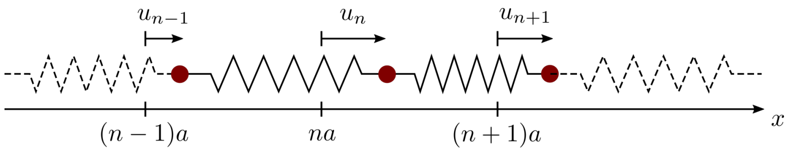


Une source ponctuelle monochromatique S éclaire un miroir plan, en incidence rasante ($h \ll D$). On observe la figure d'interférence sur un écran situé à la distance D de la source. On admet que la réflexion sur le miroir entraîne un déphasage supplémentaire de π, ou de facon équivalente augmente le chemin optique de $\lambda/2$.

1. Sur le schéma, représenter la marche des 2 rayons interférant au point M. En considérant l'image S' de S par le miroir, montrer que le dispositif est équivalent à des trous d'Young.
2. Établir l'expression de l'intensité $I(x)$ à l'écran.
3. Déterminer l'interfrange i en fonction de λ, D et h. La frange en O est-elle brillante ou sombre ?

10 Chaîne d'atomes

Afin d'étudier la propagation d'ondes sonores dans les solides, on utilise le modèle suivant. Le solide est constitué d'une chaîne infinie d'atomes ponctuels, de masse m, reliés entre eux par des ressorts de raideur K et de longueur à vide a (correspondant à la distance inter-atome à l'équilibre). On repère le n-ième atome par sa position $x_n = na + u_n$, où u_n est le déplacement de l'atome par rapport à sa position d'équilibre na.



1. Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_n(t)$ et la mettre sous la forme

$$\ddot{u}_n + \omega_0^2 u_n = \frac{\omega_0^2}{2}(u_{n+1} + u_{n-1})$$

On cherche une solution en onde progressive sinusoïdal de la forme

$$u_n(t) = A\cos(\omega t - kna)$$

2. Dans quel sens et à quelle vitesse cette onde se propage-t-elle ? On distinguera deux cas selon le signe de k.
3. En utilisant la méthode des complexes, établir la relation de dispersion

$$\omega = \sqrt{2}\omega_0 \left|\sin\frac{ka}{2}\right|$$

4. Dans la limite $a \ll \lambda$, établir l'expression de la vitesse de propagation c des ondes dans la chaîne.

Dans un solide, la constante de raideur K de la liaison entre deux atomes est caractérisée par le module d'Young $E \simeq \frac{K}{a}$. Le module d'Young E de la plupart des solides est de l'ordre de 100 GPa.

5. Établir l'expression de la vitesse du son dans un solide en fonction du module d'Young E et de la masse volumique ρ. Estimer sa valeur.