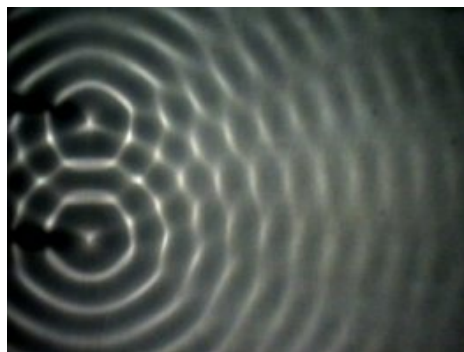


TD12 – Interférences

EXERCICE 1 : Cuve à ondes (★)

On produit des ondes progressives circulaires à la surface de l'eau en utilisant une cuve à ondes (plan Oxy). La célérité c de l'onde est mesurée et vaut $c = 0,40 \text{ m.s}^{-1}$. Deux points sources synchrones S_1 et S_2 , vibrant en phase à la fréquence $f = 20 \text{ Hz}$ et ayant la même amplitude $a = 2 \text{ mm}$, émettent des ondes progressives. On s'intéresse à la zone où les deux ondes interfèrent.

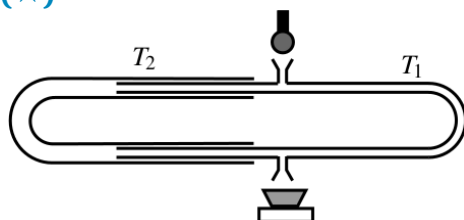
On note (Oz) l'axe vertical (vers le haut).



1. Déterminer la longueur d'onde λ des ondes émises.
2. On considère un point M tel que $S_1M = 8 \text{ cm}$ et $S_2M = 17 \text{ cm}$. Quelle est la nature des interférences en ce point? Avec quelle amplitude le point M vibre-t-il?
3. On considère que $S_1S_2 = 11 \text{ cm}$. On note O le milieu de $[S_1S_2]$. Déterminer les expressions de S_1M et S_2M en fonction de x la coordonnée du point $M \in [S_1, S_2]$.
4. Après avoir établi l'expression de la superposition des deux ondes sur ce segment, représenter graphiquement $z(x, t)$ à un instant t donné.

EXERCICE 2 : Mesure de la vitesse du son (★)

Le trombone de Kœnig est un dispositif de laboratoire permettant de faire interférer deux ondes sonores ayant suivi des chemins différents. Le haut-parleur, alimenté par un générateur de basses fréquences, émet un son de fréquence $f = 1500 \text{ Hz}$.

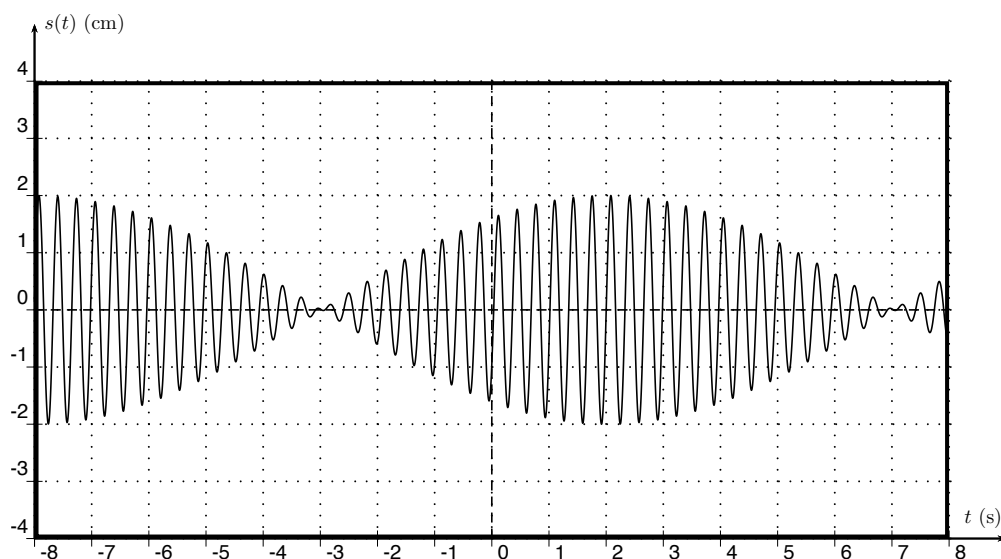


On mesure le signal à la sortie avec un microphone branché sur un oscilloscope. En déplaçant la partie mobile T_2 , on fait varier l'amplitude du signal observé. Elle passe deux fois de suite par une valeur minimale lorsqu'on déplace T_2 de $d = 11,5 \pm 0,2 \text{ cm}$.

Déterminer la valeur de la célérité du son dans l'air à 20°C , température de l'expérience. Commenter.

EXERCICE 3 : Battements (★)

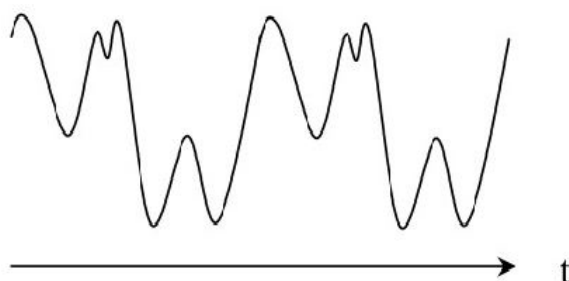
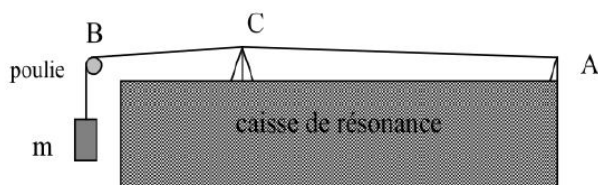
On superpose deux signaux de fréquences proches et l'on obtient l'enregistrement de la figure ci-dessous. Déterminer la fréquence et l'amplitude des deux signaux.



EXERCICE 4 : Modéliser un violon (★)

On donne la relation entre la célérité c d'une onde sur une corde tendue, la tension T de la corde et sa masse linéique μ (masse par unité de longueur) : $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$.

On dispose d'une corde en acier. Cette corde est tendue entre deux points A et B et s'appuie sur un chevalet mobile. On frotte avec un archet la partie AC de la corde. Un microphone, disposé à proximité, est relié à un système d'acquisition. L'allure de la courbe obtenue durant une durée d'acquisition de $t = 8,4$ ms est représentée ci-dessous.



1. Quelle est la fréquence du mode fondamental de la corde?
2. Pourquoi la vibration sonore émise n'est-elle pas sinusoïdale?
3. La masse m vaut 5 kg. De plus, 1 m de corde a une masse de 3,92 g. À quel endroit a-t-on placé le chevalet pour obtenir le son analysé ci-dessus?

EXERCICE 5 : Fréquence propre d'une clarinette (★)

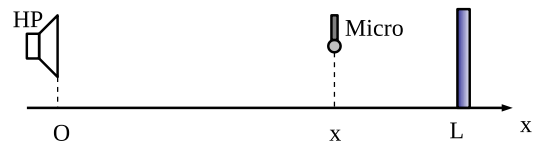
Dans un instrument à vent, la colonne d'air contenue vibre selon des modes propres correspondant à des conditions aux limites données. Si l'extrémité du tuyau est ouverte, la surpression acoustique est nulle à cette extrémité. Si l'extrémité est fermée, l'amplitude de variation de la surpression acoustique est maximale à cette extrémité.

On considère une clarinette, qui peut être modélisée par un tuyau de longueur L fermé au niveau de l'embouchure et ouvert à l'autre extrémité.

1. Représenter schématiquement les trois premiers modes de la surpression dans le tuyau.
2. Déterminer les fréquences des modes propres du tuyau de clarinette. Montrer que le son produit par la clarinette ne contient que des harmoniques impaires.

EXERCICE 6 : Superposition d'ondes incidente et réfléchie (★★)

On considère le montage expérimental de la figure ci-contre permettant d'étudier la réflexion d'une onde sonore sur le matériau placé à l'abscisse $x = L$. Un haut-parleur, sur lequel un GBF envoie un signal sinusoïdal de fréquence f , crée une onde sonore incidente $a_i(x, t)$, sinusoïdale et de même fréquence f . On visualise le signal du GBF sur la voie 1 d'un oscilloscope. Ce dernier est synchronisé sur cette voie. On prend comme origine O d'un axe (Ox) la position du haut-parleur.

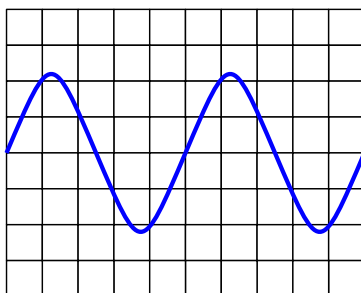


Un microphone situé à l'abscisse x est relié à la voie 2 du même oscilloscope, ce qui permet de visualiser une tension directement proportionnelle à la surpression sonore (ou signal sonore associé à l'onde en x). On prend comme origine des phases celle de l'onde émise par le haut-parleur en O , de sorte que l'on puisse écrire $a_i(x = 0, t) = A_0 \cos(\omega t)$.

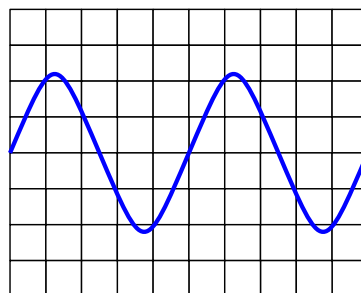
1. Donner l'expression de l'onde sonore incidente $a_i(x, t)$.
2. On considère que l'obstacle, situé en $x = L$, est parfaitement réfléchissant : pour une onde incidente dont la surpression en $x = L$ est $a_i(L, t)$, l'onde réfléchie $a_r(x, t)$ est telle que $a_r(L, t) = a_i(L, t)$ à tout instant. En déduire l'expression de l'onde réfléchie $a_r(x, t)$.
3. Exprimer l'onde résultante $a(x, t) = a_i(x, t) + a_r(x, t)$ sous la forme d'un produit de deux fonctions sinusoïdales. De quel type d'onde s'agit-il ? Donner la position x_n des ventres en fonction de L , λ et d'un entier n .

Lorsque le micro est à une abscisse $x_0 = L - \lambda/2$, les oscilloscopes 1, 2, et 3 présentent ce que l'on observe lorsque seule la voie 2 est affichée.

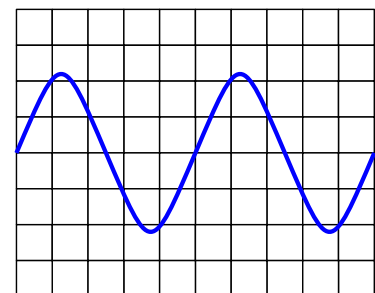
4. Représenter sur l'oscilloscope 1 ce que l'on observe si on déplace le micro d'une distance $d < \frac{\lambda}{4}$ dans le sens des x croissants. Que peut-on dire des signaux $a(x_0, t)$ et $a(x_0 + d, t)$ dans ce cas ? Qu'aurait-on observé si on avait déplacé le micro de la même distance d dans le sens des x décroissants.
5. Représenter sur l'oscilloscope 2 ce que l'on observe si on déplace le micro d'un quart de longueur d'onde dans le sens des x croissants.
6. Représenter sur l'oscilloscope 3 ce que l'on observe si on place le micro en $x'_0 = L$.



Oscilloscope 1



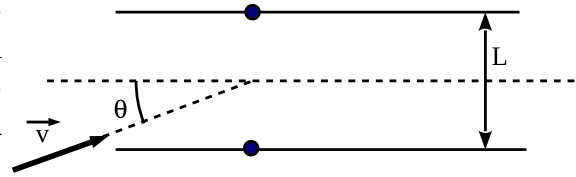
Oscilloscope 2



Oscilloscope 3

EXERCICE 7 : Guidage d'un avion par interférence (★ ★ ★)

Sur une piste d'atterrissage, deux antennes de guidage sont séparées de $L = 100\text{ m}$. Elles émettent deux signaux radio, en phase, de fréquence $f_0 = 12\text{ MHz}$. Un avion se dirige vers la piste, vise le milieu des deux antennes, avec une vitesse $\vec{v}$ faisant un angle θ avec la piste.

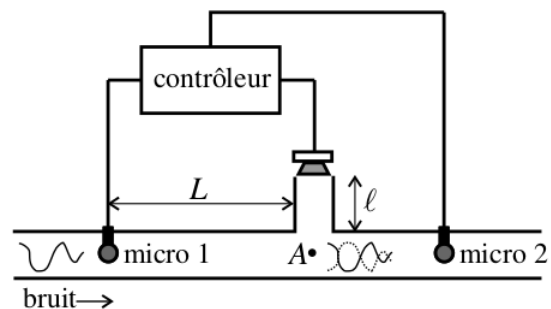


1. L'intensité émise séparément par chaque antenne est I_0 . Déterminer à l'aide de la formule de Fresnel l'intensité du signal combiné des 2 antennes reçue par l'avion, pour $\theta = 0$ et $\theta = \pi/2$.
2. Pour quel angle minimal l'avion ne reçoit-il aucun signal ?

EXERCICE 8 : Contrôle actif du bruit en conduite (★★)

On s'intéresse à un système conçu pour l'élimination d'un bruit indésirable transporté par une conduite. Le bruit est détecté par un premier micro dont le signal est reçu par un contrôleur électronique.

Le contrôleur, qui est le centre du système, envoie sur un haut-parleur la tension adéquate pour générer une onde de signal exactement opposé à celui du bruit, de manière à ce que l'onde résultante au point A et en aval de A soit nulle.



1. Exprimer, en fonction de L , ℓ et la célérité c du son, le temps disponible pour le calcul du signal envoyé sur le haut-parleur.
2. On suppose le bruit sinusoïdal de pulsation ω . On appelle φ_1 la phase initiale du signal détecté par le micro 1 et φ_{HP} la phase initiale du signal émis par le haut-parleur. Exprimer, en fonction de ω , c , L , ℓ , la valeur que doit avoir $\Delta\varphi = \varphi_{HP} - \varphi_1$.
3. L'onde émise par le haut-parleur se propage dans la conduite dans les deux sens à partir de A. Expliquer l'utilité du micro 2.