Superposition d'ondes

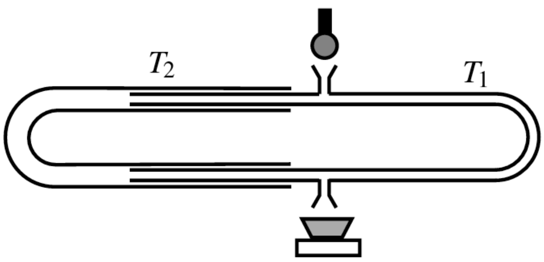
Exercice n°1 (★)

Deux sources en phase S_1 et S_2 génèrent des ondes radio sinusoïdales de longueur d'onde $\lambda = 50\ cm$ et de même amplitude A. S_1 est placé à l'origine de l'axe des x et S_2 peut être placé n'importe où sur le demi-axe (Ox), à une distance $d < 1\ m$ de S_1.

1. Déterminer à quel(s) endroit(s) placer S_2 pour qu'il y ait interférences constructives en $x = 10\ cm$.
2. Même question avec des interférences destructives en $x = 10\ cm$.
3. On suppose que la seconde source est à la distance $d = 70\ cm$ de la première. Déterminer l'interfrange, c'est-à-dire la distance entre deux points successifs dans le même état interférentiel.

Exercice n°2 (★)

Le trombone de Koenig 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 $f = 1500\ Hz$. 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 $d = 11{,}5\ cm \pm 2\ mm$ .Déterminer la valeur de la célérité du son dans l'air à $20°C$, température à laquelle l'expérience est réalisée.



Exercice n°3 (★ ★)

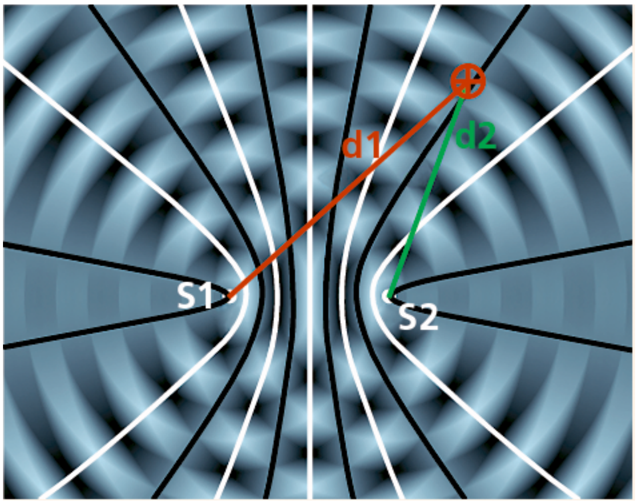
1. Deux ondes $s_1(x,t) = A_0 \cos(\omega t - kx)$ et $s_2(x,t) = A_0 \cos(\omega t + kx)$ se superposent. Représenter les deux vecteurs de Fresnel correspondant à ces deux signaux en un point d'abscisse x. En déduire l'amplitude de l'onde somme en x. Déterminer graphiquement les valeurs de x pour lesquelles cette amplitude est maximale ou nulle.
2. Utiliser les vecteurs de Fresnel pour trouver l'amplitude A et la phase initiale du signal somme des trois signaux suivants :
   - $s_0(t) = A_0 \cos(\omega t + \varphi)$
   - $s_1(t) = rA_0 \cos(\omega t + \varphi + \Delta\varphi)$
   - $s_2(t) = rA_0 \cos(\omega t + \varphi - \Delta\varphi)$

   avec $0 \le r \le 1$

   Quelles sont les valeurs maximale et minimale de A ?

Exercice n°4 (★★)

On considère une cuve à ondes éclairée en éclairage stroboscopique. Deux pointes distantes de a frappent à la même fréquence et en phase la surface de l'eau, créant deux ondes qui se propagent. La figure est claire là où la surface de l'eau est convexe et sombre là où elle est concave. L'amplitude des oscillations est d'autant plus grande que la figure est plus contrastée. On a représenté les courbes correspondant aux interférences constructives (en lignes claires) et destructives (en lignes noires).



1. Déterminer le déphasage en un point M entre les signaux reçus des deux sources. À quelle condition a-t-on des interférences constructives ? Destructives ?
2. Sur le segment $[S_1, S_2]$, quel est l'intervalle de variation de $S_1M - S_2M$?
3. Déduire de la figure la valeur du rapport $\frac{a}{\lambda}$.

Exercice n°5 (★★)

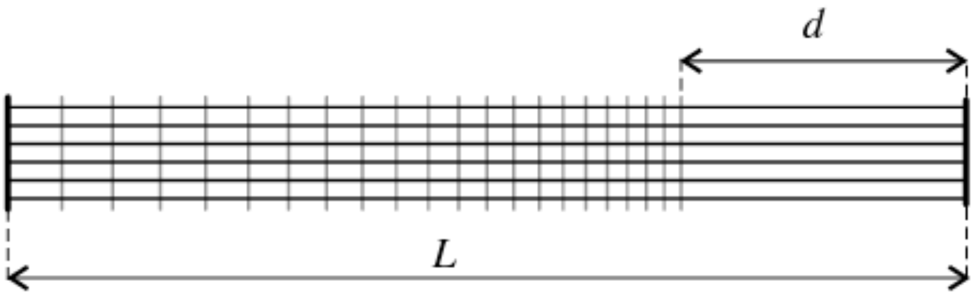
Un corde de guitare se modélise comme une corde vibrante de longueur $L = 64{,}2\ cm$ fixée à ses deux extrémités.

1. Par une analyse dimensionnelle, proposer une expression de la célérité des ondes le long d'une corde en fonction de m, L et T. Commenter l'évolution de la hauteur de la note joué suite au variation de la tension.
2. Déterminer la célérité c de l'onde sur la corde afin que le fondamental soit un Do3.
3. Quelles sont les notes correspondant aux harmoniques n allant de 2 à 7 ? Dans le cas $n = 3$, on utilise par exemple $3 = \frac{3}{2} \times 2$ afin d'identifier la note grâce à un changement d'octave et $5 = \frac{5}{4} \times 4$ pour $n = 5$.
4. L'accord Do, Mi, Sol (quinte majeure) est harmonique. Lequel des harmoniques précédent doit-on chercher à supprimer ? Où vaut-il alors mieux gratter la corde de guitare ?

	Do_3	$Do_3^\#$	$Ré_3$	$Ré_3^\#$	Mi_3	Fa_3	$Fa_3^\#$	Sol_3	$Sol_3^\#$	La_3	$La_3^\#$
$f(Hz)$	262	277	294	311	330	350	370	392	415	440	466

Exercice n°7 (★★★)

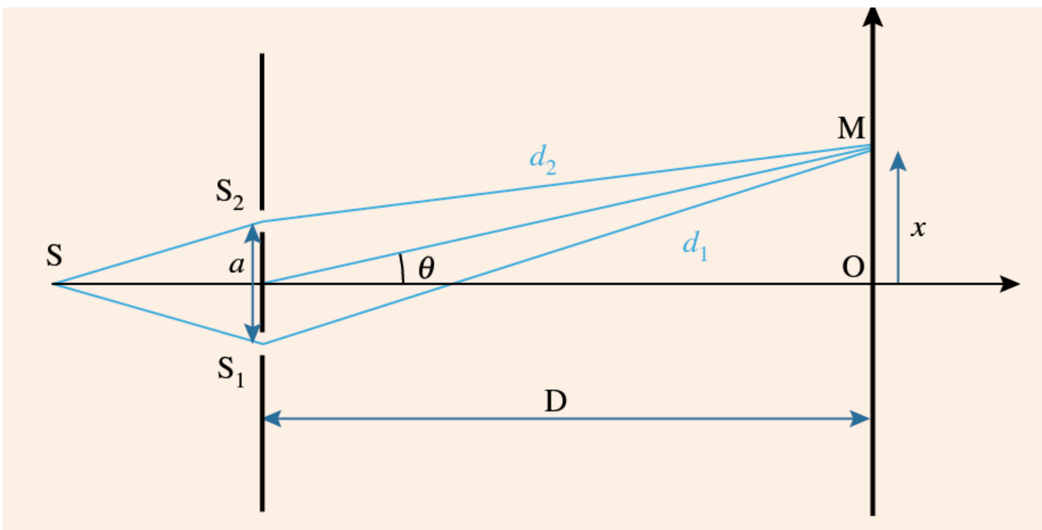
Les frettes placées le long d'un manche de guitare permettant au musicien de modifier la hauteur du son produit par la corde. En pressant la corde contre une frette, il diminue sa longueur , provoquant une augmentation de la fréquence fondamentale de la vibration de la corde.



1. Retrouver rapidement la fréquence de vibration fondamentale d'une corde de longueur L le long de laquelle les ondes se propagent à la célérité c.
2. La note monte d'un demi-ton lorsque la fréquence est multipliée par $2^{\frac{1}{12}}$. Pour cela, comment doit-on modifier la longueur de la corde ?
3. En plaçant les doigts sur les frettes successives, on monte à chaque fois la note d'un demi-ton. Combien de frettes peut-il y avoir au maximum, sachant que la distance d entre la dernière frette et le point d'accrochage de la corde (voir la figure) doit être supérieure à $0{,}25L$?

Exercice n°8 (★★★)

On réalise l'expérience des trous d'Young. Deux trous très petits S_1, S_2, distants de a, éclairés par un faisceau de lumière issu de S, monochromatique, de longueur d'onde λ, situé sur la médiatrice des trous. Le plan de la figure ci-dessous contient la source initiale et les deux sources secondaires. On observe la figure d'interférences sur un écran perpendiculaire au plan de la figure, à une distance D de l'axe (S_1S_2).



1. On se place en un point M de l'écran dans le plan de la figure. Exprimer la différence de marche δ entre les deux ondes en M et déterminer le déphasage $\Delta\varphi$.
2. Donner la fréquence de l'onde résultante et son amplitude.
3. On rappelle que l'intensité lumineuse est proportionnelle au carré de l'amplitude de l'onde. Déterminer l'intensité lumineuse I résultant des deux ondes en fonction de $\Delta\varphi$ et I_0 l'intensité émise par une des sources. Tracer l'allure de la fonction $I(\Delta\varphi)$.
4. On suppose maintenant que l'écran est à grande distance des trous ($D \gg a$) et que le point M est peu éloigné de l'axe ($D \gg x$). Exprimer la différence de marche $\delta(M)$ en fonction de a, D et x.
5. À quelle condition les interférences en M sont-elles constructives ? Destructives ? En déduire la position des franges brillantes et des franges sombres puis l'expression, en fonction de D, a et λ, de l'interfrange i, c'est-à-dire la distance entre deux points successifs dans le même état interférentiel.
6. On réalise une expérience d'interférences avec deux trous d'Young dans l'air. On obtient un interfrange $i_0 = 2{,}0\ mm$. Le dispositif est alors immergé totalement dans l'eau d'indice $n = 1{,}33$. Quelle est la nouvelle valeur de l'interfrange ?
7. Dans le dispositif des trous d'Young étudié précédemment, les deux trous étaient identiques. On recouvre maintenant l'un des deux trous par une lame qui ne laisse passer que 50% de l'intensité incidente et qui n'introduit aucune différence de marche notable. Qu'y a-t-il de changé par rapport à la situation où les deux trous sont identiques ?