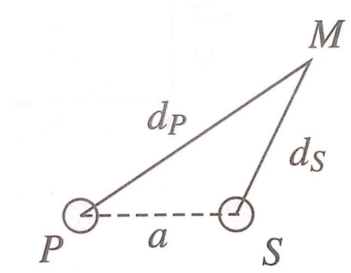
TD 2 : Superposition de deux signaux

Ex1 : Contrôle actif du bruit en espace libre

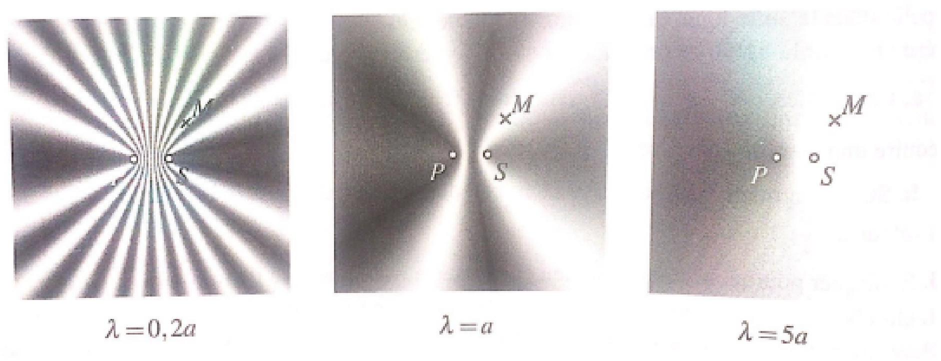
La méthode du contrôle actif du bruit consiste à émettre une onde sonore qui, superposée à l'onde sonore du bruit, l'annule par interférence destructrice. Pour modéliser la méthode on suppose que la source primaire de bruit P est ponctuelle et qu'elle émet une onde sinusoïdale de longueur d'onde λ. On crée une source sonore secondaire ponctuelle S qui est située à distance $PS = a$ de la source primaire et qui émet une onde de même longueur d'onde.



1. On souhaite annuler le bruit en un point M. On pose $PM = d_P$ et $SM = d_S$.

a. Exprimer le déphasage $\Delta\varphi_0$ que la source secondaire doit présenter par rapport à la source primaire (moment de l'émission) en fonction de λ, d_P, d_S et d'un entier m.

b. L'amplitude de l'onde d'une source ponctuelle à distance d de la source est $A = \frac{\alpha}{d}$ où α est une constante. Quel doit être le rapport $\frac{\alpha_S}{\alpha_P}$ des constantes d'amplitude relatives aux deux sources ?



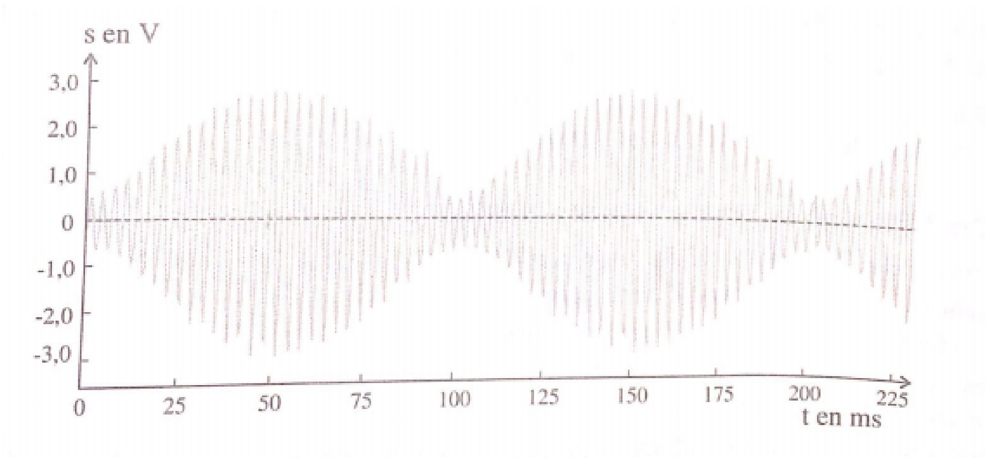
2. Les figures ci-dessus obtenues par simulation permettent de visualiser l'amplitude de l'onde résultante dans le plan contenant P, S et M : le gris est d'autant plus foncé que l'amplitude de l'onde sonore est élevée. Commenter ce document, notamment l'influence de la longueur d'onde.

Ex2 : Battements

La figure ci-dessous présente l'enregistrement des battements de deux signaux sinusoïdaux produits par deux générateurs de basse fréquences. On demande de déterminer graphiquement :

i) les fréquences des deux signaux f_1 et f_2 satisfaisant : $f_m = \frac{1}{2}(f_1+f_2)$ et $f_{\text{batt}} = |f_1-f_2|$.

ii) et leurs amplitudes A_1 et A_2 satisfaisant : $A_{\max} = \frac{1}{2}(f_1 + f_2)$ et $A_{\min} = |f_1 - f_2|$.



Ex3 : Résonnance de la corde de Melde

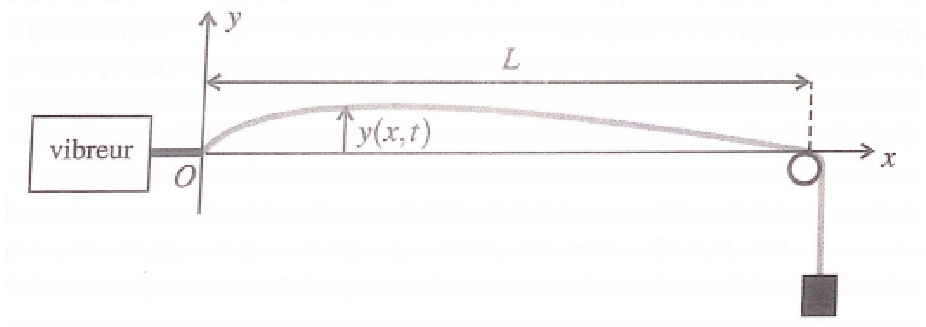
Une corde de Melde de longueur L est tendue entre un vibreur, en $x = 0$, et une poulie, en $x = L$. Le vibreur a un mouvement vertical sinusoïdal de pulsation ω.

$$y_{\text{vibreur}} = a_{\text{vibreur}} \cos(\omega t)$$

On cherche le déplacement de la corde sous la forme d'une onde stationnaire :

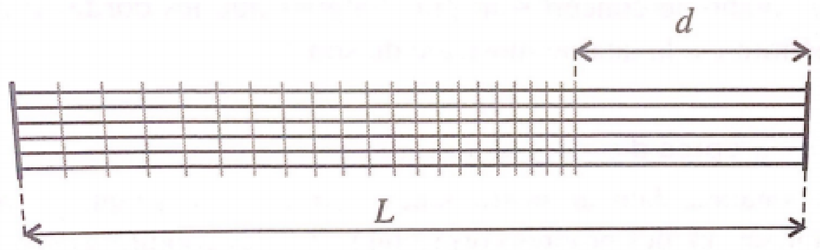
$$y(x,t) = A\cos(\omega t + \varphi)\cos(kx + \psi)$$

où A, φ et ψ sont des constantes à déterminer et où k est le vecteur d'onde associé à la pulsation ω.



1. En exploitant le fait que la corde est fixe en $x = L$ et liée au vibreur en $x = 0$, obtenir l'expression de $y(x,t)$ en fonction de a_{vibreur}, ω, k, L, x et t.
2. La corde étant en résonance avec un seul fuseau, l'amplitude maximale de vibration de la corde est environ égale à $10a_{\text{vibreur}}$. Quelle relation y a-t-il entre la longueur d'onde λ de l'onde stationnaire et L ? On fera l'approximation : $\arcsin \frac{1}{10} \approx \frac{1}{10}$.

Ex4 : Frettes d'une guitare
Les frettes placées le long du manche d'une guitare permettent 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 vibation 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 le doigt 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 (figure) doit être supérieure à $0,25L$?