

TD SP3

Interférences et diffraction d'ondes

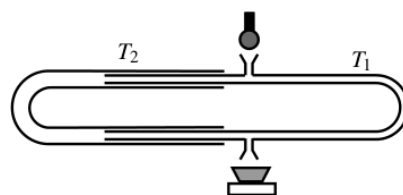
1 Exercices

Exercice 1 - Utilisation des vecteurs de Fresnel

- 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 vecteurs de Fresnel correspondant à ces deux signaux en un point d'abscisse x . En déduire l'amplitude de la somme des deux ondes en x . Déterminer les valeurs de x pour lesquelles cette amplitude est maximale ou nulle.
- Utiliser les vecteurs de Fresnel pour trouver l'amplitude A et la phase initiale du signal résultant de la somme des trois signaux suivants : $s_0(t) = A_0 \cos(\omega t - \varphi)$, $s_1(t) = rA_0 \cos(\omega t - \varphi + \Delta\varphi)$ et $s_2(t) = rA_0 \cos(\omega t - \varphi - \Delta\varphi)$ où $0 \leq r \leq 1$. Quelles sont les valeurs maximale et minimale de A ?

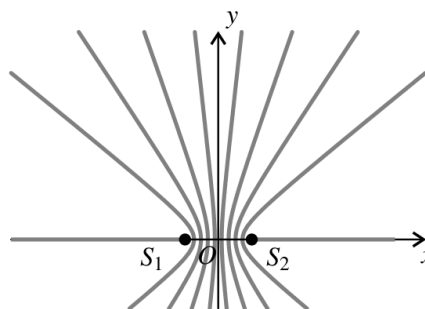
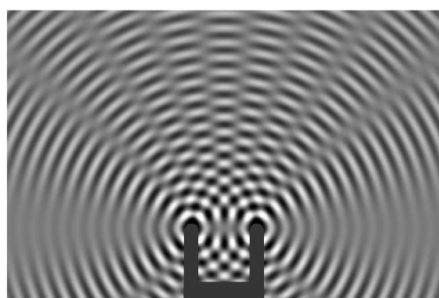
Exercice 2 - Mesure de la vitesse du son

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 $d = 11,5 \text{ cm} \pm 2 \text{ mm}$.



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

Exercice 3 - Interférences sur la cuve à ondes

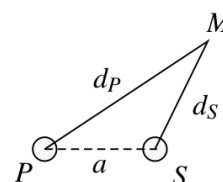


La figure ci-dessus représente une cuve à ondes éclairée en éclairage stroboscopique. Deux points distants de a frappent en même temps, à intervalles réguliers, la surface de l'eau, générant deux ondes qui interfèrent. La figure est claire là où la surface de l'eau est convexe et foncée là où elle est concave. L'amplitude d'oscillation est plus faible là où la figure est moins contrastée.

- On suppose pour simplifier que des ondes sinusoïdales partent des deux points S_1 et S_2 où les points frappent la surface. En notant λ la longueur d'onde, donner la condition pour que l'interférence en un point M situé aux distances d_1 et d_2 respectivement de S_1 et S_2 , soit destructive. Cette condition fait intervenir un entier p .
- Pour chaque entier p le lieu des points vérifiant cette condition est une courbe que l'on appelle dans la suite ligne de vibration minimale. Les lignes de vibration minimale sont représentées sur la figure de droite : ce sont des hyperboles.
 - Les parties $x < -a/2$ et $x > a/2$ de l'axe (Ox) sont des lignes de vibration minimale. En déduire un renseignement sur a/λ .
 - Sur le segment S_1S_2 , quel est l'intervalle de variation de $d_2 - d_1$? Déduire de la figure la valeur de a/λ .

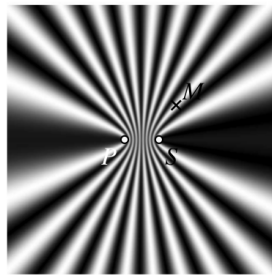
Exercice 4 - Contrôle actif du bruit en espace libre

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 destructive. 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.

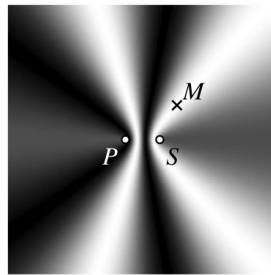


- On souhaite annuler le bruit en un point M . On pose $PM = d_P$ et $SM = d_S$.

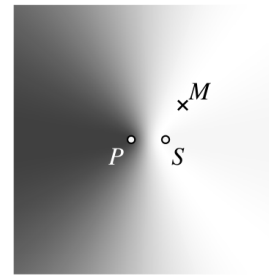
- (a.) Exprimer le déphasage $\Delta\varphi$ que la source secondaire doit présenter par rapport à la source primaire en fonction de λ , d_P , d_S et d'un entier p .
- (b.) L'amplitude de l'onde d'une source ponctuelle à distance d de la source est $A = \frac{\alpha}{d}$ où α est une constante. Quel doit être le rapport $\frac{\alpha_S}{\alpha_P}$ des constantes d'amplitude relatives aux deux sources ?



$\lambda = 0,2a$



$\lambda = a$

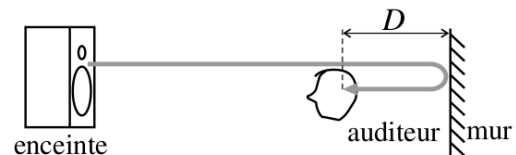


$\lambda = 5a$

2. Les figures ci-dessus obtenues par simulation visualisent 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.

Exercice 5 - Écoute musicale et interférences

La qualité de l'écoute musicale que l'on obtient avec une chaîne hi-fi dépend de la manière dont les enceintes sont disposées par rapport à l'auditeur. On dit qu'il faut absolument éviter la configuration représentée sur la figure : présence d'un mur à distance D , trop courte derrière l'auditeur.



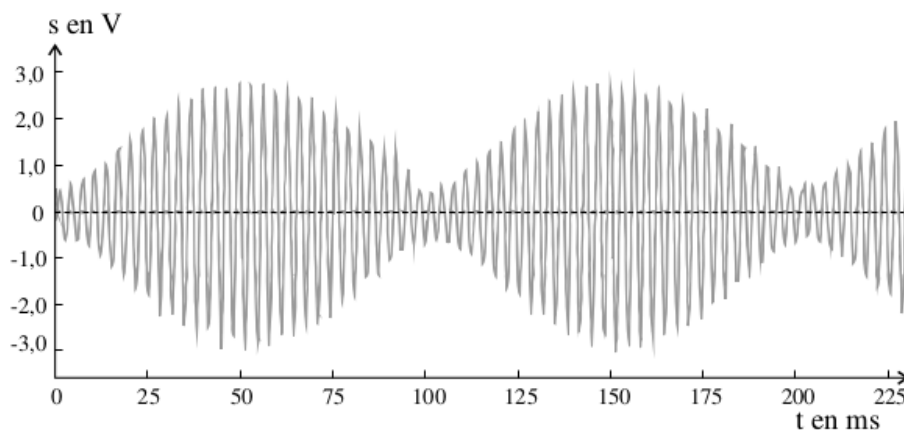
Comme représenté sur la figure, l'onde issue de l'enceinte se réfléchit sur le mur. On note $v = 342 \text{ m.s}^{-1}$ la célérité du son dans l'air. La réflexion sur le mur ne s'accompagne d'aucun déphasage pour la suppression acoustique, grandeur à laquelle l'oreille est sensible.

1. Exprimer le décalage temporel τ qui existe entre les deux ondes arrivant dans l'oreille de l'auditeur : onde arrivant directement et onde réfléchie.
2. En déduire le déphasage $\Delta\varphi$ de ces deux ondes supposées sinusoïdales de fréquence f .
3. Expliquer pourquoi il y a un risque d'atténuation de l'amplitude de l'onde pour certaines fréquences. Exprimer ces fréquences en fonction d'un entier p . Quelle condition devrait vérifier D pour qu'aucune de ces fréquences ne soit dans le domaine audible ? Est-elle réalisable ?
4. Expliquer qualitativement pourquoi on évite l'effet nuisible en éloignant l'auditeur du mur.

2 Résolution de problèmes

Battements

La figure ci-dessous présente l'enregistrement des battements de deux signaux sinusoïdaux produits par deux générateurs de basses fréquences.



Déterminer les fréquences des deux signaux et leurs amplitudes.