

TD II. Interférence des ondes acoustiques

Exercice II.1. Questions de compréhension ★

1. **Déterminer** les conditions pour que l'amplitude de résultant de la superposition de deux ondes de même fréquence soit nulle.
2. Deux ondes sonores de mêmes amplitude A interfèrent. **Déterminer** la valeur maximale de l'amplitude total.

Exercice II.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 $d = (11,5 \pm 0,2)$ cm. **Déterminer** la valeur de la célérité du son dans l'air à 20°C , température à laquelle l'expérience est faite.

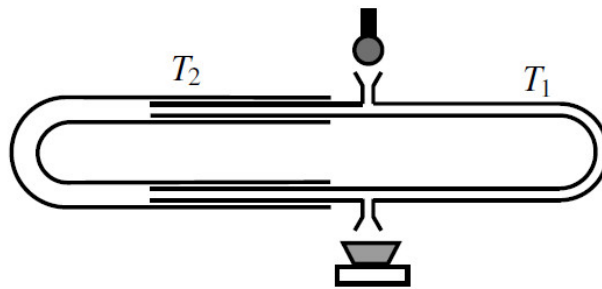


Figure 4.1 – Trombone de Koenig.

Exercice II.3. 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 $SM = d_S$.

1. Exprimer le déphasage $\Delta\varphi_0$ que la source secondaire doit présenter par rapport à la source primaire en fonction λ , d_P , d_S et d'un entier m .
2. 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. **Déterminer** le rapport $\frac{\alpha_S}{\alpha_P}$ des constantes d'amplitude relatives aux deux sources.

Exercice II.4. Écoute musicale et interférence ★ ★ ★

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 4.2, soit la présence d'un mur à distance D , trop courte derrière l'auditeur.



Figure 4.2 – Schéma de l'expérience.

Comme représenté sur la Figure 4.2, l'onde issue de l'enceinte se réfléchit sur le mur. On note $c = 342$ m.s^{-1} la célérité du son dans l'air.

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 . La réflexion sur le mur ne s'accompagne d'aucun déphasage pour la surpression acoustique, grandeur à laquelle l'oreille est sensible.
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 n . **Déterminer** les conditions que doit vérifier D pour qu'aucune de ces fréquences ne soit dans le domaine audible. **Estimer** si celle est réalisable.
4. **Expliquer** qualitativement pourquoi on évite l'effet nuisible en éloignant l'auditeur du mur.

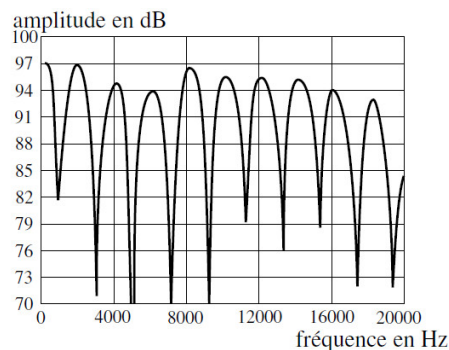


Figure 4.3 – Résultat de l'expérience.

5. On constate sur la Figure 4.3 le résultat d'une expérience dans laquelle on a placé un micro, sensible à la surpression, à une certaine distance D du mur, puis envoyé un signal de fréquence variable et d'amplitude constante A_0 . La courbe, d'allure très caractéristique, est appelée "courbe en peigne". L'amplitude en décibels se définit par la relation : $A_{dB} = 20 \log \left(\frac{A}{A_{ref}} \right)$, avec A_{ref} une amplitude de référence. Lorsqu'il y a superposition de deux ondes de même amplitude A_0 , **déterminer**, en décibels, l'augmentation maximale de l'amplitude. **Déduire** la valeur en décibel de A_0 , noté $A_{0,dB}$.
6. **Calculer** la distance D à partir de l'exploitation de la Figure 4.3

Exercice II.5. 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 comme illustré sur la Figure 4.4

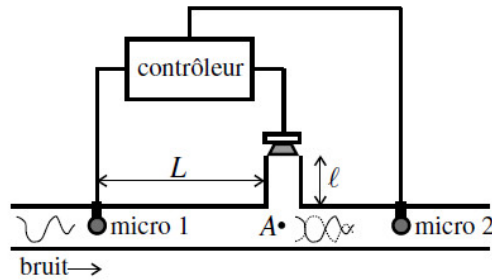


Figure 4.4 – Schéma de l'expérience.

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 et 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.