

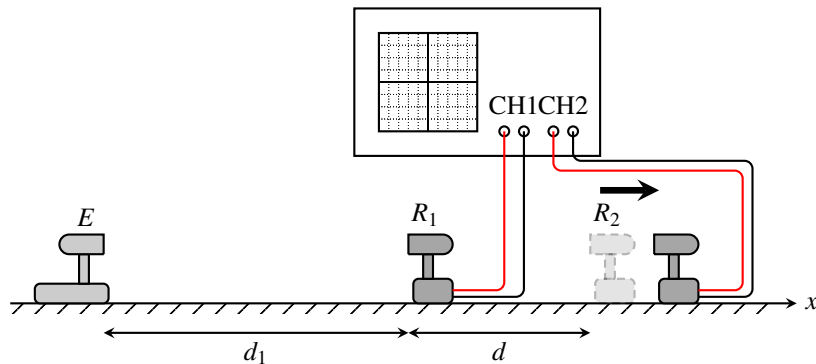
TP n° 13 : Ondes acoustiques

Objectifs : Étudier la propagation d'une onde acoustique, puis les interférences entre deux ondes acoustiques.

Matériel :

- Oscilloscope numérique,
- GBF,
- Transducteurs piézoélectriques,
- Plateau gradué.

1 Propagation d'une onde



Un émetteur piézoélectrique E produit une onde acoustique sinusoïdale de fréquence f (dans le domaine des ultrasons), qui se propage avec une célérité c le long d'un axe (Ox) dans le sens positif. On note $p(E, t) = p_0 \cos(\omega t)$ la surpression acoustique produite par l'émetteur. On place deux récepteurs R_1 et R_2 en face de l'émetteur et on observe à l'oscilloscope les tensions mesurées à leurs bornes, proportionnelles aux surpressions acoustiques $p(R_1, t)$ et $p(R_2, t)$. On note d_1 la distance qui sépare E de R_1 et d la distance qui sépare R_1 de R_2 .

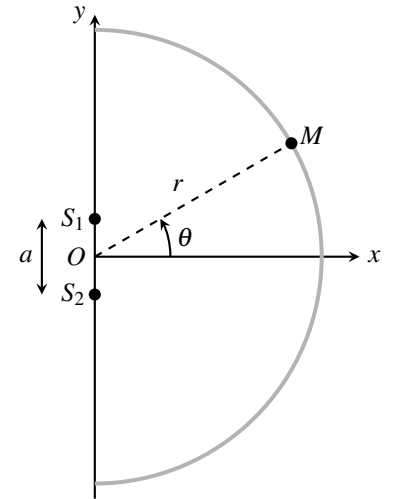
1. Exprimer $p(R_1, t)$ et $p(R_2, t)$. En déduire le déphasage entre ces deux surpressions.
2. Déterminer toutes les valeurs de d pour lesquelles $p(R_1, t)$ et $p(R_2, t)$ sont en phase.
3. Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mesurer c . Indiquer l'incertitude-type sur cette valeur.
4. Un modèle simplifié de propagation des ondes acoustiques dans l'air permet d'établir une relation entre la célérité et la température (en kelvin) : $c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$, où $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ est la constante des gaz parfaits, $M = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ est la masse molaire de l'air et $\gamma = 1,4$ est un paramètre sans dimension. Votre valeur expérimentale est-elle compatible avec ce modèle ? On argumentera en évaluant un écart normalisé.
5. Placer R_1 à faible distance de E et l'éloigner progressivement. En théorie, comment l'amplitude de $p(R_1, t)$ devrait varier à mesure que le récepteur s'éloigne de E ? Qu'observe-t-on en pratique ? Proposer une explication argumentée.

2 Interférences entre deux ondes

Le dispositif interférentiel est constitué de deux transducteurs piézoélectriques alimentés par le même GBF à la fréquence $f = 40 \text{ kHz}$. Les deux émetteurs sont placés de façon symétrique, à une distance l'un de l'autre a environ égale à 10 cm , par rapport au centre d'un plateau muni de deux arcs de cercle gradués en degrés. Un troisième transducteur fait office de récepteur. Il est situé à une distance r du centre du plateau et sa position est repérée par l'angle θ (voir schéma ci-dessus).

ATTENTION : Les ondes acoustiques étudiées dans cette expérience ont une longueur d'onde inférieure à centimètre. Par conséquent, le moindre déplacement de l'un ou l'autre des émetteurs peut modifier sensiblement la différence de marche entre les deux ondes qui interfèrent au niveau du détecteur. Aussi, une fois les deux émetteurs en place, **on veillera à ne surtout pas les toucher jusqu'à la fin des mesures.**

Autre problème, les surfaces vibrantes piézoélectriques sont cachées à l'intérieur d'un boîtier et leur position n'est pas évidente à deviner. Pour régler correctement la symétrie des deux émetteurs par rapport à la direction $\theta = 0$, il faut vérifier qu'au niveau du détecteur, l'intensité est bien maximale lorsqu'il est dans la position $\theta = 0$. Si ce n'est pas le cas, il faudra éventuellement légèrement avancer ou reculer l'un des émetteurs par rapport à l'autre, où λ est la longueur d'onde.



6. Une fois les deux émetteurs en place, mesurer aussi précisément que possible la distance a .
7. Exprimer les distances S_1M et S_2M en fonction de a , r et θ .
8. En supposant que $r \gg a$, montrer que la différence de marche au point M s'écrit au premier ordre : $\delta(M) = a \sin \theta$. On rappelle que $\forall |\varepsilon| \ll 1$ et $\forall \alpha \in \mathbb{R}$, $(1 + \varepsilon)^\alpha \simeq 1 + \alpha \varepsilon$.
9. Exprimer les valeurs $\sin \theta_p$ correspondants à des interférences constructives, en fonction de a , la longueur d'onde λ et un entier relatif p .
10. Mesurer les valeurs de $\sin \theta_p$ à l'aide de votre montage. Indiquer à chaque fois la valeur de l'entier p correspondant et résumer les résultats dans un tableau.
11. En vous appuyant sur une régression linéaire, vérifier que les valeurs expérimentales sont compatibles avec le résultat de la question 9. Déterminer la valeur de λ , puis celle de la célérité c .