

TP 8 : ondes progressives et interférences en acoustique.

Avant de venir en TP, on prendra connaissance du sujet et on préparera les parties (1.1) intégralement ; (1.4) les 4 premiers points.

1. Etude des ondes progressives ultrasonores.

1.1. Introduction.

La célérité des ondes acoustiques dans un fluide est de la forme $c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$ avec le coefficient de Laplace $\gamma=1,35$ pour l'air, la constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$, la température T en Kelvin et la masse molaire M = 29 g.mol⁻¹ pour l'air.

- ✓ Vérifier explicitement l'homogénéité de c.
- ✓ Exploiter cette relation pour obtenir une estimation théorique de c.

1.2. Mise en place du dispositif expérimental.

Les émetteurs et récepteurs à ultrasons sont des transducteurs piézoélectriques fonctionnant autour de 40 kHz.

- Allumer le GBF et le régler pour qu'il envoie un signal adapté à l'émetteur ultrasonore utilisé.
- Envoyer ce signal sur la voie (CH1) de l'oscilloscope pour vérifier ses caractéristiques, puis alimenter l'émetteur ultrasonore.
- Disposer l'émetteur et le récepteur le long de la règle graduée en les collant l'un en face de l'autre et observer sur la voie (CH2) de l'oscilloscope le signal reçu par le récepteur.
 - Vérifier la cohérence des signaux envoyé sur l'émetteur et reçu par le récepteur.
 - Faire varier légèrement la fréquence autour de 40kHz pour déterminer la valeur la plus adaptée à la chaîne de transmission constituée.
 - Noter la valeur de f la fréquence ultrasonore de travail et donner une évaluation de l'incertitude u(f) associée à cette fréquence.

1.3. Observation du déphasage dû à la propagation.

- Vérifier que la synchronisation se fait bien sur la voie (CH1) de l'oscilloscope puis déplacer le récepteur le long du rail gradué et observer l'évolution du signal reçu par le récepteur.
 - Noter les observations sur le signal reçu par le récepteur lorsqu'on l'éloigne de l'émetteur.
 - Interpréter ces observations.

1.4. Mesure de la longueur d'onde des ondes ultrasonores.

On prend pour référence de phase, le signal envoyé par le GBF sur l'oscilloscope. On suppose que ce signal est sinusoïdal de fréquence f et qu'il produit une onde qui se propage dans la direction et le sens de l'axe (Ox)

- Donner une expression de ce signal d'entrée e(t) observé sur la voie (CH1) de l'oscilloscope.
- Donner une expression de l'onde sonore produite.
- En déduire une expression du signal de sortie s(t) observé sur la voie (CH2) de l'oscilloscope lorsque le récepteur est situé à la position x=x_R.
- En déduire l'expression des positions x_{R,k} pour lesquelles le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée.
- Pour déterminer expérimentalement les positions pour lesquelles les signaux observés sont en phase ou en opposition de phase, on envisage deux méthodes possibles :
 - Observer l'évolution des signaux d'entrée et de sortie lorsqu'on translate le récepteur à l'aide de l'affichage temporel classique.
 - ✓ Expliquer comment on repère les positions pour lesquelles les signaux sont en phase, et celles pour lesquelles les signaux sont en opposition de phase.
 - Observer l'évolution de la figure qui se dessine en mode d'affichage XY sur l'oscilloscope lorsqu'on translate le récepteur.
 - ✓ Expliquer comment on repère les positions du récepteur pour lesquelles les signaux sont en phase, et celles pour lesquelles les signaux sont en opposition de phase.
 - ✓ Discuter de la précision des deux méthodes de repérage des positions « en phase » et « en opposition de phase ».
- Rédiger alors le plus complètement possible un protocole expérimental permettant de mesurer le plus précisément possible la longueur d'onde de l'onde ultrasonore étudiée.
 - Mettre en œuvre le protocole proposé, présenter les mesures effectuées et en déduire une estimation de la longueur d'onde λ et de l'incertitude associée.

1.5. Estimation de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air.

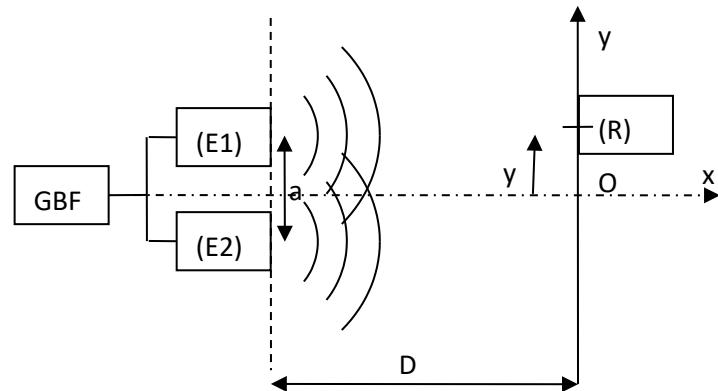
- Déduire des mesures effectuées sur la fréquence (au 1.2) et sur la longueur d'onde (au 1.4) une estimation (complète !!) de la célérité des ondes ultrasonores dans l'air.

2. Interférences entre deux ondes acoustiques.

2.1. Principe de l'étude (version 1).

On souhaite réaliser des interférences entre les ondes acoustiques produites par deux sources sonores synchrones et en déduire la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.

On met en œuvre le montage précédent où un GBF alimente deux émetteurs ultrasonores à 40kHz placés côté à côté, la distance entre les deux haut parleurs est alors $a \approx 4\text{cm}$. Ce dispositif est équivalent aux fentes d'Young vues dans le cours dans le domaine optique.



- ✓ Expliquer pourquoi on utilise un seul GBF pour alimenter les deux sources sonores dans ce montage ?

On suppose qu'aucun déphasage n'est introduit entre les deux ondes sonores lorsqu'elles sont produites par les émetteurs. On déplace alors le récepteur le long d'une règle placée à une distance $D \approx 1\text{m}$ devant les émetteurs.

- ✓ En reprenant le cours, établir l'expression de la différence entre les distances parcourues par les deux ondes lorsque le récepteur est situé à la position y le long de l'axe (Oy).
- ✓ Caractériser les positions pour lesquelles on observera des interférences parfaitement constructives, et les positions angulaires pour lesquelles on observera des interférences parfaitement destructives.
- ✓ Définir et exprimer l'interfrange de la figure d'interférence acoustique attendue.

○ Mise en œuvre du montage.

- Produire à l'aide du GBF et afficher correctement à l'écran de l'oscilloscope un signal sinusoïdal de fréquence 40kHz, d'amplitude maximale (à déterminer), de valeur moyenne nulle en l'observant sur la voie (CH1,X) de l'oscilloscope.
- Connecter le GBF aux deux émetteurs et les placer côté à côté. Mesurer alors la distance a .
- Placer la règle sur la table à une distance D devant les émetteurs et la mesurer le plus précisément possible.
- Placer alors le récepteur (R) le long de la règle et le connecter à la voie (CH2, Y) de l'oscilloscope.

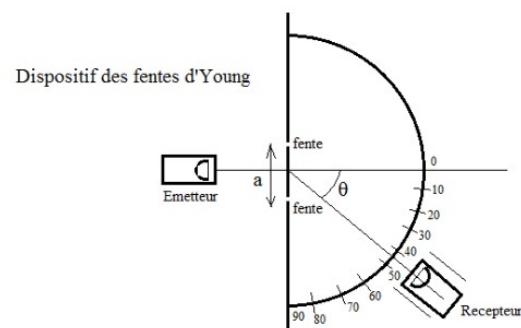
○ Réalisation des mesures et exploitation.

- Pour une valeur donnée de la distance a , promener le récepteur le long de la règle graduée afin de déterminer les positions y_k pour lesquelles on observe les interférences parfaitement constructives. En déduire une estimation de l'interfrange Δy .
- En déduire une estimation de la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores employées.
- En déduire une estimation de la célérité c des ondes ultrasonores.

2.2. Principe de l'étude (version 2).

On souhaite réaliser des interférences entre les ondes acoustiques produites par deux sources sonores synchrones et en déduire la vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'air.

On met en œuvre le montage suivant où un GBF alimente un émetteur ultrasonore à 40kHz. On réalise alors un dispositif équivalent aux fentes d'Young à l'aide des plaques en aluminium de manière à ce qu'on mesure une distance $a \approx 4\text{cm}$ entre les centres de ces deux fentes qui constituent les sources secondaires.



On suppose qu'aucun déphasage n'est introduit entre les deux ondes sonores lorsqu'elles sont produites au niveau des fentes. On déplace alors le récepteur sur un arc de cercle de rayon D, on suppose que le récepteur n'est sensible qu'aux ondes sonores qui se propagent dans la direction inclinée d'un angle θ par rapport à la droite passant entre les deux émetteurs. Dans ce cas, la différence de parcours entre les deux ondes au niveau du récepteur est exprimée par la relation $\delta(M) = a * \sin(\theta)$.

- ✓ Exprimer l'amplitude du signal total reçu en M repéré par l'angle θ .
- ✓ Caractériser les positions angulaires pour lesquelles on observera des interférences parfaitement constructives, et les positions angulaires pour lesquelles on observera des interférences parfaitement destructives.

○ **Mise en œuvre du montage.**

- Produire à l'aide du GBF et afficher correctement à l'écran de l'oscilloscope un signal sinusoïdal de fréquence 40kHz, d'amplitude maximale (à déterminer), de valeur moyenne nulle en l'observant sur la voie (CH1,X) de l'oscilloscope.
- Connecter alors le GBF à l'émetteur.
- Placer l'émetteur sur le support ainsi que les plaques d'aluminium. Déterminer la distance a entre les fentes.
- Placer alors le récepteur (R) sur le support circulaire. Connecter le récepteur à la voie (CH2, Y) de l'oscilloscope.

○ **Réalisation des mesures et exploitation.**

- Pour une valeur donnée de la distance a, promener le récepteur le long du banc gradué afin de déterminer les positions angulaires θ_k pour lesquelles on observe les interférences parfaitement constructives relatives à un ordre d'interférence k et les positions angulaires $\theta_{k'}$ pour lesquelles on observe les interférences parfaitement destructives relatives à un ordre d'interférence $k + \frac{1}{2}$.
- En déduire une estimation de la longueur d'onde λ des ondes ultrasonores employées.
- En déduire une estimation de la célérité c des ondes ultrasonores.

CAPACITES EXIGIBLES illustrée lors de ce TP :

- Mesurer le décalage temporel et/ou le déphasage associé à l'aide d'un oscilloscope numérique. Passer d'un décalage temporel à un déphasage et inversement.
- Reconnaître une avance ou un retard de phase.
- Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY.
- Onde progressive sinusoïdale : déphasage, double périodicité spatiale et temporelle. Mesurer la célérité, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.
- Interférences en acoustiques : Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser et caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes.

Matériel :

Pour la première partie à propos des ondes progressives Ultrasonores :

- 1 Émetteur piézoélectrique
- 1 Récepteur piézoélectrique
- Le double rail plastique gradué ou un grand réglent métal gradué (60cm ou 1m de long)
- Générateur basses fréquences (GBF)
- Oscilloscope numérique

Pour la seconde partie à propos des interférences entre ondes ultrasonores :

- 2 Émetteurs piézoélectriques
- 1 Récepteur piézoélectrique
- 1 grand réglent métal gradué (60cm ou 1m).
- 1 mètre ruban et du scotch pour fixer les éléments sur la pailasse.
- Générateur basses fréquences (GBF)
- Oscilloscope numérique.