

TP2 - Interférences acoustiques et lumineuses

Matériel :

- ★ Salle élec : banc d'optique, GBF, oscilloscope, couple de 2 émetteurs ultrasons, récepteur ultrasons.
- ★ Salle optique : banc d'optique, laser, élargisseur de faisceau, écran, plaques avec trous et fentes de Young et leurs notices. 1 paillasse *cohérence spatiale* : lampe blanche, fente réglable, fentes de Young, écran. 1 paillasse *acquisition numérique* : laser, trous ou fentes de Young, polariseurs, capteur et ordi.

Savoir-faire :

- Déterminer un décalage temporel/déphasage à l'aide d'un oscilloscope numérique.
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser et caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes.
- Mettre en œuvre le dispositif expérimental des trous d'Young.
- Justifier la forme des franges observées sur un écran éloigné parallèle au plan contenant les trous d'Young. Identifier l'effet de la diffraction sur la figure observée. Expliquer l'intérêt pratique du dispositif des fentes d'Young comparativement aux trous d'Young.

Le phénomène d'interférence est principalement étudié en cours dans le domaine des ondes lumineuses. Mais il est généralisable à tout type d'onde, en particulier les ondes acoustiques. L'objectif de ce TP est d'observer et exploiter les interférences dans des montages de type trous d'Young.

ATTENTION : la manipulation d'un faisceau laser nécessite des précautions. Toujours s'assurer qu'aucune réflexion ne peut atteindre le visage de quelqu'un, en particulier lorsqu'on ajoute ou retire un élément sur le trajet du faisceau. On peut éventuellement retirer les objets réfléchissants qu'on porte proche de la main (bague, montre, bracelet).

1 Étude d'une onde acoustique

1.1 Mesure de la fréquence de résonance

Pour faciliter les mesures suivantes, on cherche à mesurer la fréquence de résonance f du système émetteur-récepteur d'ultrasons.

1. Rappeler ce qu'est une fréquence de résonance. Avant de la mesurer, à quelle ordre de grandeur vous attendez-vous¹ ?
2. Rédiger un protocole de mesure de cette fréquence de résonance.
3. On cache une des sources pour l'instant. Mesurer la fréquence de résonance² de la source étudiée avec son incertitude qu'on justifiera.

1.2 Évolution de l'amplitude avec la distance

On cherche à caractériser l'évolution de l'amplitude u_0 de l'onde émise en fonction de distance r de propagation.

4. À votre avis, comment va évoluer $u_0(r)$? Sans prendre de mesure, vérifier si son évolution est monotone. Interprétation.
5. Relever les valeurs de l'amplitude de la tension mesurée u_0 en fonction de la distance r et tracer le graphe. On ne traitera pas les incertitudes ici.
6. On s'attend à une loi de puissance³ du type $u_0(r) = kr^p$. Que choisir de tracer pour observer une droite si le modèle est validé ? Effectuer ce tracé et déterminer p .

1. Même si elle n'est pas posée dans un énoncé, il faut se poser cette question avant chaque mesure ou application numérique !
 2. La résonance est très étroite pour ce système, si vous ne la trouvez pas, demandez un ordre de grandeur plus précis au professeur, technicien ou autres étudiants.
 3. Cela sera démontré au cours d'année dans le cas d'ondes sphériques.

1.3 Mesure de la célérité et de la longueur d'onde

Pour mesurer la célérité des ultrasons dans l'air, une première méthode possible est d'envoyer une impulsion avec l'émetteur puis de mesurer le temps de parcours en comparant à l'impulsion reçue par le récepteur. Mais cette méthode n'est pas la plus précise du fait de la dispersion des paquets d'onde lors de la propagation. On va plutôt utiliser une méthode basée sur l'émission d'onde sinusoïdale permanente qui permet une mesure directe de la longueur d'onde.

7. Proposer un protocole de mesure de longueur d'onde à l'aide d'émetteur/récepteur, un oscilloscope, et de mesures de longueurs.
8. Mettre en place ce protocole pour mesurer la longueur d'onde des ultrasons et son incertitude associée. En déduire la célérité. En connaissant la température⁴, comparer à la valeur tabulée pour un air sec⁵ (tableau ci-contre).

| Température (°C) | Velocity (m/s) |
|------------------|----------------|
| 0 | 331.45 |
| 1 | 332.06 |
| 2 | 332.66 |
| 3 | 333.27 |
| 4 | 333.87 |
| 5 | 334.47 |
| 6 | 335.07 |
| 7 | 335.67 |
| 8 | 336.27 |
| 9 | 336.87 |
| 10 | 337.46 |
| 11 | 338.06 |
| 12 | 338.65 |
| 13 | 339.25 |
| 14 | 339.84 |
| 15 | 340.43 |
| 16 | 341.02 |
| 17 | 341.61 |
| 18 | 342.20 |
| 19 | 342.78 |
| 20 | 343.37 |
| 21 | 343.96 |
| 22 | 344.54 |
| 23 | 345.12 |
| 24 | 345.71 |
| 25 | 346.29 |
| 26 | 346.87 |
| 27 | 347.45 |
| 28 | 348.02 |
| 29 | 348.60 |
| 30 | 349.18 |
| 31 | 349.75 |
| 32 | 350.33 |
| 33 | 350.90 |
| 34 | 351.48 |
| 35 | 352.05 |
| 36 | 352.62 |
| 37 | 353.19 |
| 38 | 353.76 |
| 39 | 354.32 |
| 40 | 354.89 |

J. Audio Eng. Soc., Vol. 36, No. 4, 1988 April

2 Interférence des ondes acoustiques

On utilise maintenant deux émetteurs d'ultrasons et un récepteur. On note a la distance entre émetteurs, et D la distance entre le plan des émetteur et celui du récepteur. On note x la position transverse du récepteur.

9. En déplaçant le récepteur parallèlement au plan des émetteurs, vérifier qu'on observe bien la succession d'interférences constructives et destructives. En utilisant la formule de l'interfrange, déduire une mesure de longueur d'onde puis de célérité.
10. Quelle sont les conditions de validité de la formule de l'interfrange utilisée ? Ces conditions sont-elles vérifiées ici ?

3 Interférences des ondes lumineuses

On dispose d'une plaque percée de plusieurs trous ou paires de trous de différentes formes.

11. Observer et interpréter la figure d'interférence par une paire de trous circulaires. Citer les deux phénomènes physiques responsables de la figure. Même question pour une paire de fentes rectangulaires, avec ou sans élargisseur de faisceau. Interpréter les différences.
12. Proposer un protocole qui permet de mesurer la largeur b d'un trou d'une paire de trous circulaires.
13. Effectuer cette mesure et comparer avec la valeur de la notice.
14. Proposer un protocole qui permet de mesurer le plus précisément possible l'écart a entre une paire de trous.
15. Effectuer cette mesure et comparer avec la valeur de la notice.

Une mesure d'intensité lumineuse a été effectuée à l'aide d'un capteur optique. Le fichier brut de mesure (format `.txt`) est fourni sur le Cahier de Prépa, section TP. Lors de la mesure, $D = 2,60$ m et $\lambda = 650$ nm.

16. Ouvrir ce fichier avec *Regressi* (onglet *Fichier* puis *Ouvrir* et sélectionner le bon format). Quelle sont les différences avec le graphe attendu ?
17. Exploiter le graphe⁶ pour obtenir la valeur la plus précise possible de l'interfrange i , puis en déduire la distance a entre trous. Cette méthode est-elle plus précise que la mesure directe sur l'écran ?
18. Exploiter le graphe pour obtenir la largeur de la fente.

4. On démontrera en cours la formule qui relie c à T dans l'approximation acoustique pour un gaz parfait.

5. À pression atmosphérique, l'influence de l'humidité est faible : augmentation de 1,5 m/s entre 0 et 100% d'humidité.

6. On pourra utiliser le réticule, à sélectionner dans l'onglet du graphe *Outils*.