

TP S2 - Interférences

Objectifs

Ce second TP est consacré au phénomène d'interférences, qu'on étudiera successivement pour des ondes mécaniques, acoustiques et lumineuses. Les capacités exigibles sont les suivantes :

- ★ *Mesurer une longueur d'onde acoustique à l'aide d'un support gradué et d'un oscilloscope.*
- ★ *Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour visualiser le phénomène d'interférences à deux ondes.*
- ★ *Exprimer les conditions d'interférences constructives ou destructives.*
- ★ *Choisir les conditions expérimentales permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction en optique ou en mécanique.*

I. Présentation du matériel

Au cours de ce TP, nous allons utiliser du matériel déjà employé lors du TP S1 mais nous aurons aussi à nous familiariser avec d'autres appareils. Nous manipulerons aujourd'hui :

- ☐ un GBF
- ☐ sur un banc gradué articulé, deux émetteurs ultrasonores et deux récepteur ultrasonores,
- ☐ un gros rapporteur,
- ☐ un oscilloscope numérique,
- ☐ des cables de connexion électriques,
- ☐ un laser He-Ne,
- ☐ un doublet de fentes d'Young,
- ☐ un écran d'observation,
- ☐ ainsi qu'une cuve à ondes sur la paillasse du professeur.

On étudie dans ce TP le phénomène d'interférences pour différents type d'ondes : mécaniques, ultrasonores ou encore lumineuses.

II. Ondes mécaniques

Une cuve à ondes est disposée sur la paillasse professeur. On utilise deux émetteurs ponctuels générant des ondes circulaires synchrones.

☞ *Qu'observez-vous ? Quelle interprétation pouvez-vous faire de ces observations ?*

✎ *Reproduisez la figure observée sur votre cahier de laboratoire en précisant les zones d'interférences constructives et les zones d'interférences destructives.*

Remarque : afin de compléter vos observations et votre analyse, vous pouvez utiliser le logiciel de simulation "Ripple Tank"¹ pour visualiser ce phénomène.

1. Disponible sur le site www.falstad.com ou sur l'AppStore

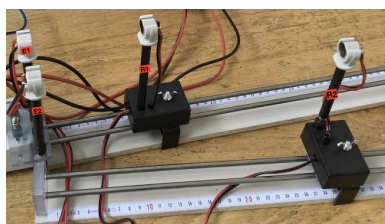
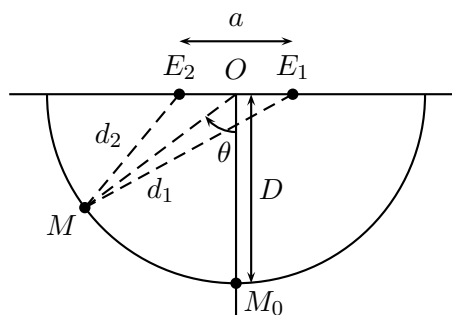
III. Ondes ultrasonores

III.1. Montage

On réalise le montage ci-contre où E_1 et E_2 repèrent les émetteurs, fixes, situés à une distance a l'un de l'autre et où M repère la position du récepteur. On déplace ce récepteur sur un quart de cercle centré sur O milieu du segment joignant E_1 à E_2 , de rayon D et on appelle θ la position angulaire du point M .

On supposera dans toute la suite D grand devant a .

On note $d_1 = E_1M$ et $d_2 = E_2M$.



Les émetteurs sont déjà côte-à-côte. Le récepteur R_2 sera placé sur la borne désaxée par rapport au banc gradué inférieur (celui qui peut être articulé). Placer le rapporteur sous les bancs gradués afin de mesurer aisément la position angulaire du récepteur.

III.2. Protocole

☞ Alimenter les deux émetteurs par le même signal sinusoïdal à 40kHz généré par un GBF.

☞ Positionner tout d'abord le récepteur R_2 au point M_0 (sur la borne du milieu) et visualiser sur l'oscilloscope la tension aux bornes du récepteur. Affiner le réglage de la position et de l'orientation des émetteurs et du récepteur de manière à maximiser l'amplitude du signal récepteur.

☞ Déplacez le récepteur sur le quart de cercle que permet le banc gradué articulé.

⚡ Que constatez-vous ? Comment interprétez-vous ces observations ?

III.3. Exploitation des résultats

III.3.a. Etude théorique du phénomène d'interférences

On note λ la longueur d'onde des ondes ultrasonores. L'onde reçue en M résulte de la superposition des ondes émises par E_1 et E_2 . On pose $\delta = d_2 - d_1$ la "différence de marche" des ondes émises par E_2 et E_1 au point M .

☞ Qu'observez-vous si les deux ondes émises par les émetteurs arrivent en phase au point M ?

⚡ Que vaut alors la différence de marche ?

⚡ Mêmes questions si les ondes arrivent en M en opposition de phase.

On montre (vérifiez-le en fin de TP s'il vous reste du temps) que la différence de marche, pour $D \gg a$, s'écrit : $\delta = a \sin \theta$.

✎ En déduire l'expression théorique des valeurs attendues pour les angles correspondant aux interférences constructives (maximum de signal) et aux interférences destructives (minimum de signal) de la figure d'interférences.

III.3.b. Mesure de la longueur d'onde

✎ Relever les valeurs de θ correspondant aux interférences constructives et destructives de la figure d'interférences.

✎ Déterminer les incertitudes associées. En déduire la longueur d'onde λ et l'incertitude associée $\Delta\lambda$.

✎ En déduire la célérité c des ultrasons dans l'air dans les conditions de l'expérience ainsi que son incertitude associée Δc .

IV. Ondes lumineuses

IV.1. Consignes importantes de sécurité



Un laser est dangereux et peut provoquer des lésions graves en cas d'exposition directe de l'œil au faisceau laser ou par simple observations des réflexions de ce faisceau. On prendra ainsi les précautions suivantes :

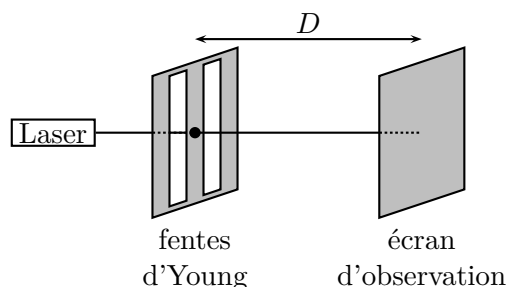
- ★ Enlever montre, bague, ... lorsque vous placez vos mains sur le trajet du faisceau. De même, ne manipulez pas d'objet métallique (tournevis, règle, ...) à proximité de l'expérience.
- ★ Ne jamais approcher son œil du faisceau pour faire les alignements !
- ★ Ne jamais insérer un élément optique (fente, lentille ...) dans le montage sans avoir au préalable coupé le faisceau laser. Bien fixer tous les éléments optiques de manière à éviter toute chute d'objet au travers du faisceau.
- ★ Faire attention aux réflexions créées par des éléments insérés dans le faisceau.
- ★ Prévenir votre binôme et faire attention aux groupes voisins lors d'une manipulation du faisceau.

IV.2. Montage

On réalise le montage ci-contre.

Le laser utilisé est un laser Hélium-Néon dont la longueur d'onde d'émission est $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.

Les fentes, de largeur a très faible, sont espacées d'une distance d . L'écran est situé à une distance D du plan des fentes, avec $D \gg d$.



IV.3. Visualisation de la figure d'interférence

✎ Reproduisez ce que vous observez à l'écran.

Remarque : si les fentes ne sont pas infiniment fines, l'alternance de franges brillantes et sombres se superpose au motif de diffraction dû à chacune des fentes (cf. TP Diffraction). Vous pouvez le vérifier en masquant l'une des fentes.

IV.4. Mesure de la longueur d'onde

L'interfrange est donnée par l'expression $i = D\lambda/d$.

✎ Mesurer les distances i , d , D et les incertitudes associées Δi , Δd et ΔD .

✎ En déduire une estimation de la longueur d'onde λ du laser ainsi que l'incertitude $\Delta\lambda$. Quel est l'intérêt de mesurer plusieurs interfranges plutôt qu'une seule ? Quel est l'intérêt d'utiliser une distance D grande ?

Bonus : si vous disposez de plusieurs fentes d'espacement d différent, mesurer l'interfrange i et tracer un graphique $i = f(1/d)$. En déduire une estimation de λ ainsi qu'une estimation de l'erreur $\Delta\lambda$. On précisera la valeur du coefficient de régression linéaire.

✎ Imaginer la figure d'interférence que l'on obtiendrait avec une source émettant deux radiations : l'une de couleur rouge et l'autre de couleur verte. Imaginer la figure d'interférence que l'on obtiendrait avec une source de lumière blanche.

Ce qu'il faut retenir !

Effectuer sur votre cahier de laboratoire un bilan du TP résumant :

- ★ les propriétés physiques qui ont été mises en évidence,
- ★ les lois physiques qui ont été démontrées ou utilisées,
- ★ les nouvelles fonctions des différents appareils auxquelles vous avez fait appel. Pour ces dernières, préciser leur rôle et les moyens de les activer.