

Objectifs :

- Mettre en évidence et caractériser des interférences entre deux ondes synchrones
- Mettre en évidence et caractériser des battements entre deux ondes de fréquences proches
- Utiliser le logiciel ImageJ pour étudier

Matériel :

- *émetteurs et récepteurs d'ondes ultrasonores,*
- *oscilloscope,*
- *générateur basse fréquence,*
- *alimentation stabilisée,*
- *logiciel ImageJ*
- *logiciels SciDavis, feuille de calcul Exploitation donnees sur Capytale ou par Jupyter (dans le répertoire LOGICIELS PHYSIQUE sur le bureau), dans le répertoire groupes/mpsi2/travail/Exploitation Données/*
- *cuve à ondes et stroboscope sur la paillasse centrale.*

Capacités mises en œuvre :

- ☐ Décalage temporel/déphasage à l'aide d'un oscilloscope numérique
- ☐ Reconnaître une avance ou un retard de phase
- ☐ Passer d'un décalage temporel à un déphasage et inversement
- ☐ Repérer précisément le passage par un déphasage de 0 ou π en mode XY.
- ☐ Mesurer une longueur d'onde acoustique à l'aide d'un support gradué et d'un oscilloscope bicourbe.
- ☐ Mesurer la vitesse de phase, la longueur d'onde et le déphasage dû à la propagation d'un phénomène ondulatoire.
- ☐ Évaluer, par comparaison à un étalon, une longueur (ou les coordonnées d'une position) sur une image numérique et en estimer la précision
- ☐ Acquérir (webcam, appareil photo numérique, etc.) l'image d'un phénomène physique sous forme numérique, et l'exploiter à l'aide d'un logiciel pour conduire l'étude d'un phénomène

On produira, pour chaque manipulation décrite, un schéma des branchements et un oscillogramme caractéristique. On estimera la précision de chaque mesure.

I Interférences entre deux ondes**I.1 Propriétés générales**

On observe les interférences entre deux ondes déphasées en plaçant les deux émetteurs à des abscisses différentes.

Manipulations :

Caractériser l'onde produite par les deux émetteurs (fréquence, amplitude), quand on fait varier la distance d entre les deux émetteurs.

Observer le signal reçu quand on choisit un déclenchement de l'oscilloscope sur le secteur Trigger Source->line.

Exploitation :

- *Pour quelles valeurs de d les interférences sont-elles constructives, destructives ?*
- *En déduire des mesures de la longueur d'onde λ , de la vitesse de phase c et comparer aux mesures de la séance précédente.*

I.2 Construction de Fresnel

On vérifie les valeurs de la phase et de l'amplitude de l'onde reçue en dehors des conditions d'interférences constructives ou destructives.

Manipulations :

Décaler les deux émetteurs pour que les signaux qu'ils produisent indépendamment soient en quadrature sur le récepteur. Caractériser le signal, noté A_s sur le récepteur quand les deux émetteurs sont en fonctionnement. On aura intérêt à utiliser le signal TTL de synchronisation du GBF comme voie de déclenchement (Trigger source->Ext) de l'oscilloscope.

Exploitation :

- *Déterminer graphiquement l'amplitude attendue pour le signal somme ainsi que sa phase.*
- *Vérifier l'accord avec la mesure de A_s .*

I.3 Étude du contraste ☺

On étudie rapidement le contraste des interférences.

Manipulations :

Dans quelle configuration des émetteurs l'amplitude minimale reçue est-elle minimale ? Ce minimum est-il nul ?

Questions :

- *Comment pourrait-on utiliser deux GBF différents pour avoir une amplitude minimale quasi nulle ?*
- *Qu'observe-t-on au bout d'un temps assez long ?*
- *Justifier qu'on ait utilisé un seul GBF pour l'étude des interférences.*

II Structure transverse des interférences ☺

On reprend une configuration à deux émetteurs alimentés par le même GBF, de même amplitude et placés dans le même plan transverse. On les placera cependant de telle sorte que leur direction principale d'émission soit orthogonale à la glissière dans laquelle on translatera le récepteur. On placera le récepteur à grande distance des émetteurs.

Manipulations :

Caractériser les variations de l'onde sur le récepteur dans un plan **perpendiculaire** à la direction principale de propagation. Mesurer en particulier la période spatiale d_i avec laquelle cette amplitude est maximale.

Exploitation :

- Exprimer la différence de retard (en phase) δ entre la source S_1 et le récepteur M d'une part et entre la source S_2 et M d'autre part, en fonction des coordonnées x (selon la direction d'émission) et y (selon la direction transverse), de la distance a entre les deux émetteurs, et de la longueur d'onde λ_0 . Vérifier que pour $y \ll x$ et $a \ll x$, on peut écrire :

$$\delta \approx \frac{2\pi ay}{x\lambda}.$$

- En déduire la période spatiale selon y avec laquelle l'amplitude est maximale quand on déplace le récepteur selon y , à x fixé.
- Vérifier l'accord avec la mesure de d_i .

III Battements entre deux ondes de fréquence proches ☺

On envoie un signal de fréquence différente sur chaque émetteur.

Manipulations :

Observer le signal sur le récepteur quand les ondes des deux émetteurs ont des fréquences légèrement différentes (différence Δf de l'ordre de 200 Hz). Caractériser ce signal en distinguant en particulier deux échelles de temps T_0 et T_1 avec $T_0 \gg T_1$.

Quels sont les effets d'une translation d'un des émetteurs ou du récepteur sur le signal reçu ?

Exploitation :

Interpréter le signal observé en termes de battements. Comparer en particulier Δf et T_0 et justifier.

Manipulations (☺) :

Observer et commenter l'allure du signal quand les deux ondes émises ont des amplitudes significativement différentes.

IV Étude d'une figure de diffraction

Manipulations :

- Prendre une photographie, avec votre téléphone portable par exemple, de la cuve à ondes installée sur la paillasse centrale.
- Déterminer sa fréquence en utilisant la fréquence indiquée sur la cuve à ondes. On pourra prendre plusieurs photographies pour diverses valeurs de la fréquence.
- On pourra prendre plusieurs photographies à des fréquences supérieures.

Exploitation :

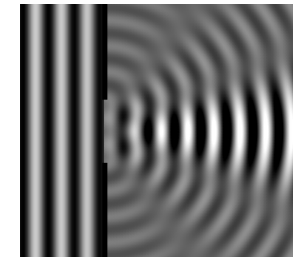
- Utiliser le logiciel `ImageJ` pour déterminer la longueur d'onde.
- En déduire la vitesse de phase des ondes.
- Cette propagation est-elle dispersive ?
- On peut montrer que les lignes nodales, ie celles sur lesquelles l'amplitude de l'excitation est toujours nulle, sont à grande distance rectilignes, inclinées selon les angles θ_n vérifiant :

$$a \sin(\theta_n) = n\lambda \quad \text{avec } n \in \mathbb{N}^*.$$

Dans cette expression, a est la largeur de la fente et λ la longueur d'onde. En déduire la valeur de a et vérifier la variation des angles θ_n avec n .

Si le contraste des figures obtenues n'est pas suffisant, on pourra utiliser l'image ci-contre^a représentant la simulation de la diffraction d'une onde de célérité $c = 2,2 \cdot 10^{-1} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à la surface d'une cuve à ondes par une ouverture de largeur notée a .

^a disponible dans le répertoire de la classe



V Mesure de l'atténuation ☺

Manipulations :

- Mesurer les variations de l'amplitude A de l'onde de l'émetteur avec la distance r entre l'émetteur et le récepteur
- Rentrer les données dans la feuille de calcul `ExploitationDonnees` et déterminer la forme de la loi de variation de A avec r . On pourra essayer :

$$A = \alpha(r - r_0) \quad A = -\alpha(r - r_0) \quad A = \alpha/(r - r_0) \quad A = \alpha/(r - r_0)^2,$$

avec α et r_0 des constantes à déterminer.

Exploitation :

- Commenter la loi de variation de A avec r obtenue. On indique que la puissance par unité de surface associée à une onde est proportionnelle au carré de l'amplitude.
- Justifier que l'onde ultrasonore émise n'est pas plane en considérant les dimensions de l'émetteur.