

Résonance d'un verre

Dans la 1ère partie du sujet est étudiée la résonance mécanique d'un verre en cristal. Cette partie étudie un protocole expérimental pour pouvoir suivre le déplacement du bord du verre.

Le verre utilisé présente, en guise de décoration, une bande de dépôt métallique placée près du bord supérieur. Son rôle de miroir va permettre la réflexion d'une source lumineuse. Le verre est ici localement considéré plat dans le cadre de cette réflexion. Le dispositif réalisé va permettre la mesure des amplitudes de vibration par interférométrie.

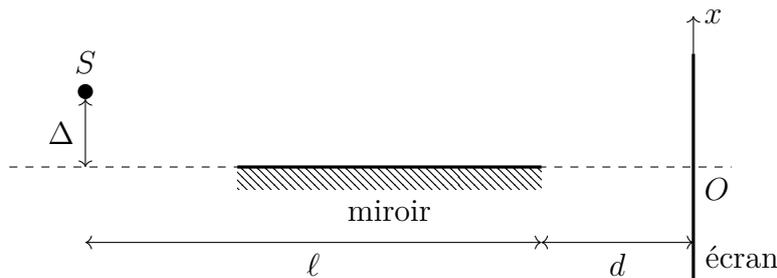


FIGURE 1.1 – Dispositif interférentiel (échelle non respectée)

La fente source monochromatique S (perpendiculaire au plan de la figure), de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$, est placée à la distance Δ du plan du miroir afin que celui-ci soit utilisé sous incidence rasante. La distance source – bord droit du miroir est notée $\ell = 20 \text{ cm}$ et la distance entre le miroir et l'écran $d = 30 \text{ cm}$ (figure 1.1).

1. Sur le schéma de la figure 1.1 du document répondez, S' représente l'image de la source S à travers le miroir. À l'aide d'une construction géométrique, faire apparaître sur l'écran l'ensemble des points où il peut y avoir interférence.
2. On considère un point M d'abscisse x , situé sur l'écran dans le champ d'interférence. En supposant que $\Delta \ll \ell + d$ et $|x| \ll \ell + d$, déterminer la différence de chemin géométrique δ_g entre un rayon issu de S après réflexion sur le miroir (donc semblant venir de S') et un rayon issu directement de S , au point M . Sachant que lors d'une réflexion air – miroir il y a un déphasage supplémentaire de π , exprimer la différence de chemin optique δ .
3. Décrire la figure d'interférences observée sur l'écran. Établir l'expression de l'interfrange i : $i = \frac{\lambda(\ell+d)}{2\Delta}$.
4. Le bord du verre, représenté par le miroir, est animé, en régime sinusoïdal forcé, d'un mouvement de translation dans la direction de l'axe (Ox) , d'équation $x_m(t) = X \cos(\omega t + \varphi)$. Déduire l'expression de l'évolution temporelle de l'interfrange en prenant en considération les paramètres de la vibration.

5. Pour une valeur de ω donnée, l'interfrange peut prendre une infinité de valeurs comprises entre deux extrêmes notés i_{\min} et i_{\max} . Exprimer X , amplitude des oscillations, en fonction de d , ℓ , λ , i_{\min} et i_{\max} .
6. Dans l'expérience menée avec le verre, peut-on envisager de suivre à l'œil nu l'évolution de l'interfrange sur l'écran ?

Afin de pouvoir réaliser des mesures dans de bonnes conditions d'observation, on met en œuvre une méthode de stroboscopie en utilisant le capteur d'image CMOS d'une caméra rapide dont la fréquence de prise des images f_i est réglable jusqu'à 100 images par seconde. Le capteur est placé directement dans le champ d'interférence à la place de l'écran. On précise que la résolution du capteur CMOS (taille du pixel) est de $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$.

7. On cherche à observer une immobilité de la figure d'interférence sur l'image. Exprimer la(les) fréquence(s) de prise de vue f_i possible(s) en fonction de la pulsation ω du générateur basse fréquence.
8. Une fois l'immobilité apparente réalisée sur l'image, expliquer pourquoi la mesure de l'interfrange nécessite de pouvoir régler la phase φ du générateur basse fréquence.

Les images données figure 1.2, représentant un carré de 100 pixels de coté, ont été réalisées pour une pulsation ω proche de la résonance. Seule la phase φ du générateur basse fréquence est différente pour chacune d'entre elles.

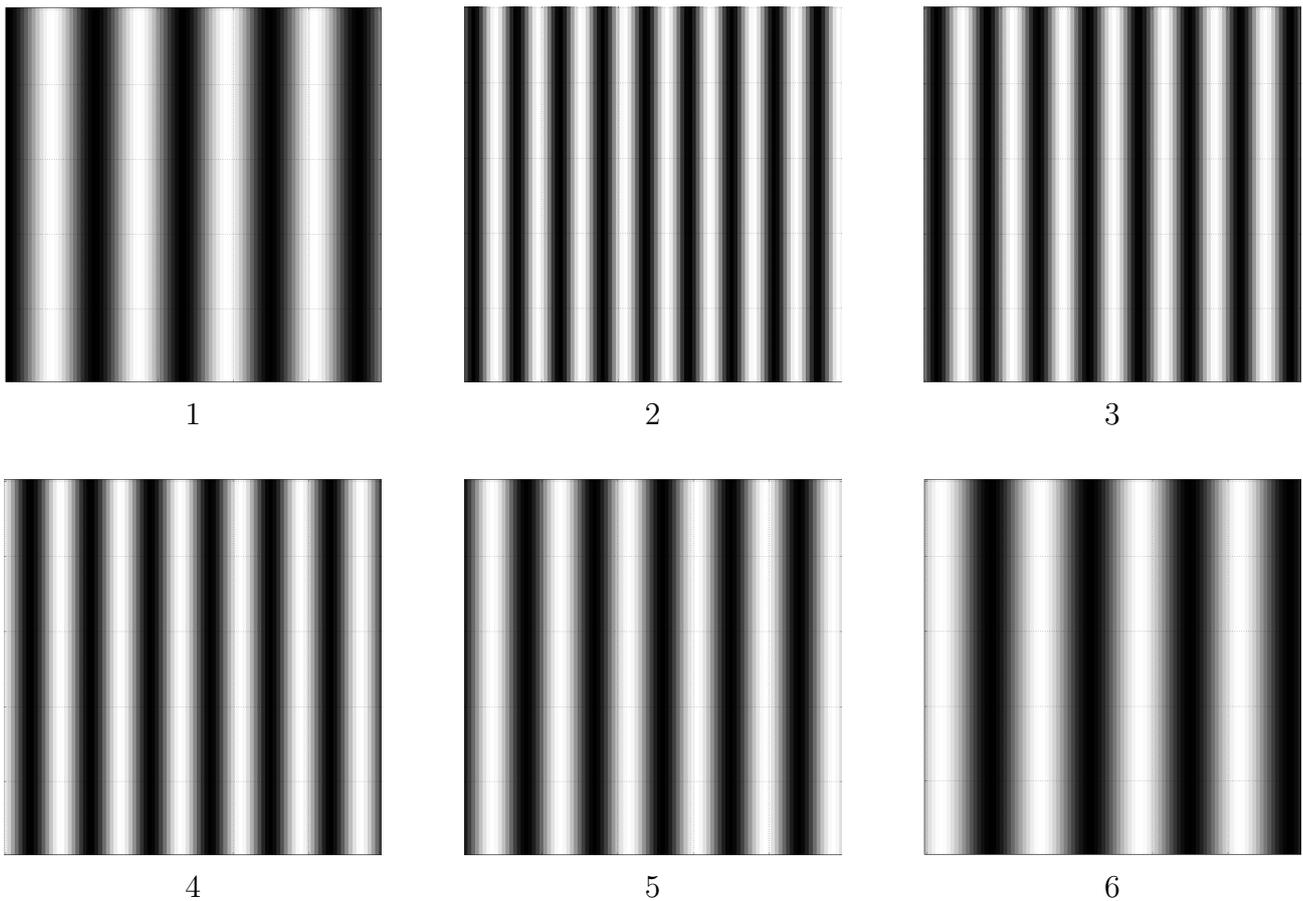


FIGURE 1.2 – Images du capteur CMOS pour une pulsation ω

9. À partir d'une exploitation des images de la figure 1.2, estimer l'amplitude des oscillations X du verre pour la pulsation ω .

Une série de mesure de l'amplitude X au voisinage de la résonance permet de tracer le graphe représenté sur la figure 1.3.

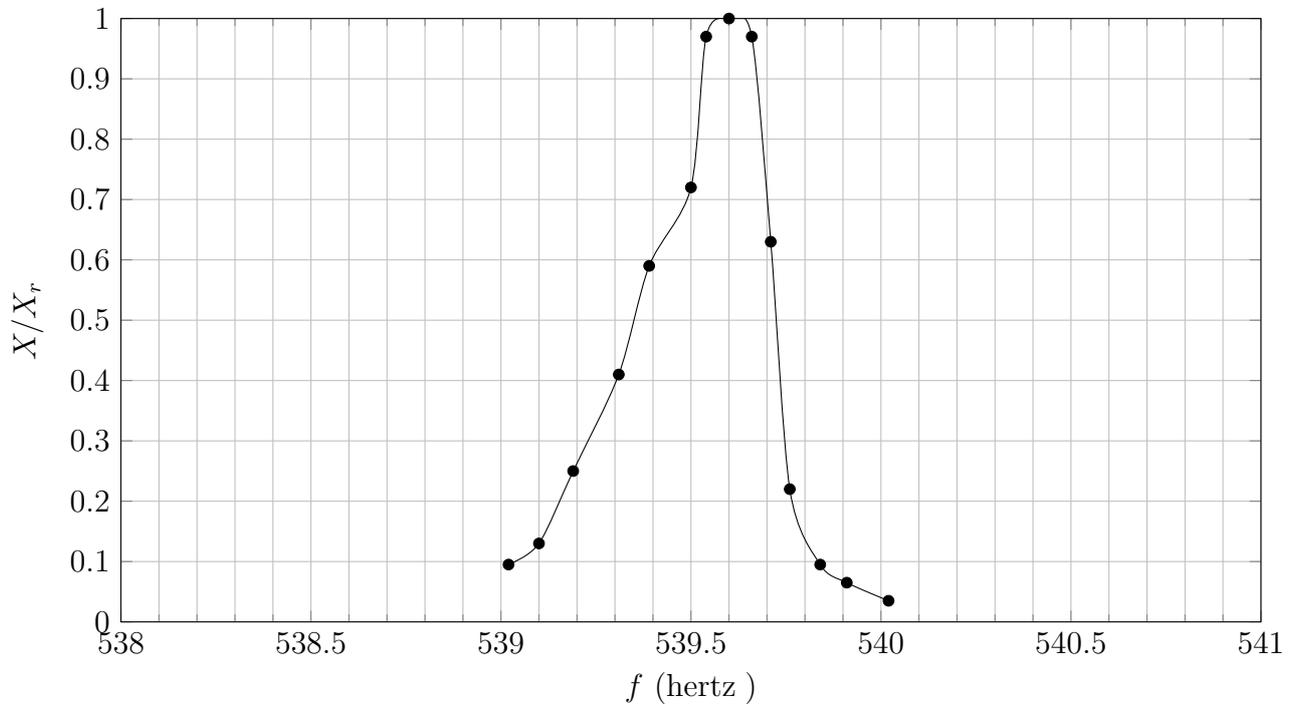


FIGURE 1.3 – Amplitude relative en fonction de la fréquence

10. Déterminer, à partir de la figure 1.3, la fréquence de résonance f_r et le facteur de qualité Q du verre dans son mode 1. Comparer ces résultats à ceux du B.I. On rappelle que $\frac{1}{\sqrt{2}} \simeq 0,7$
11. Un générateur basse fréquence disponible au laboratoire présente les caractéristiques données dans le tableau ci-dessous. Est-il réaliste de pouvoir mettre en résonance le verre en utilisant celui-ci ?

Fréquence	0,1 Hz à 2,1 MHz sur 6 gammes
Précision	0,5%
Niveau de sortie	20 V crête-crête en circuit ouvert
	10 V crête-crête sur 50Ω
Alimentation	115 ou 230 Vc.a., 50-60 Hz
Dimensions	$200 \times 300 \times 150$ mm
Poids	1,8 kg

Document réponse

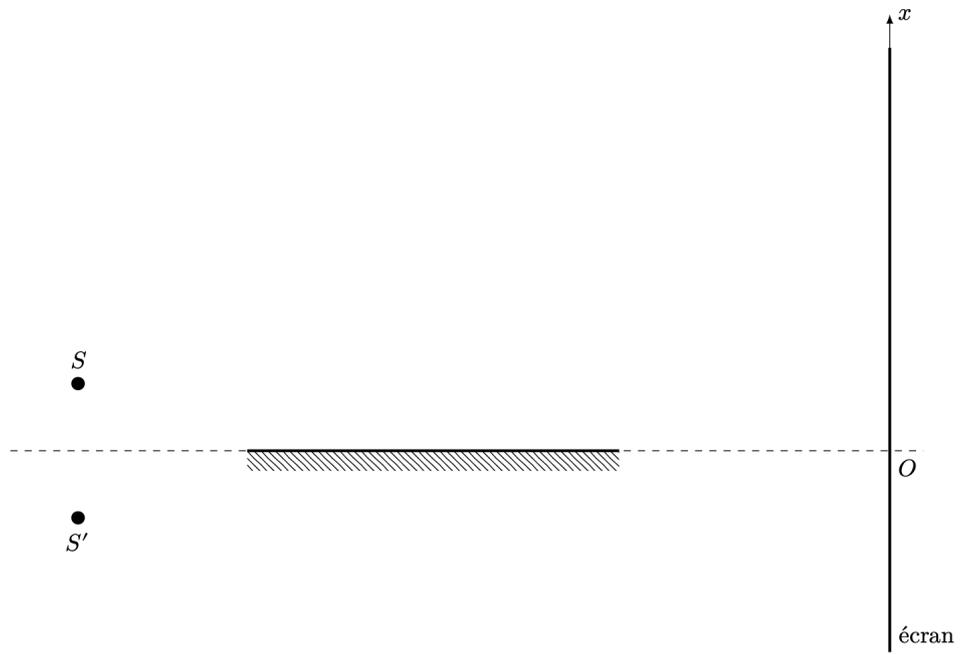


FIGURE 1.1 – Q1.