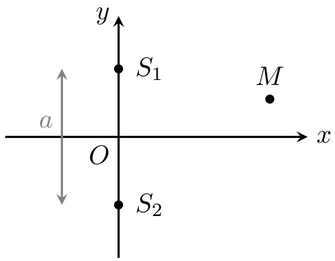
TD 17 : Interférences

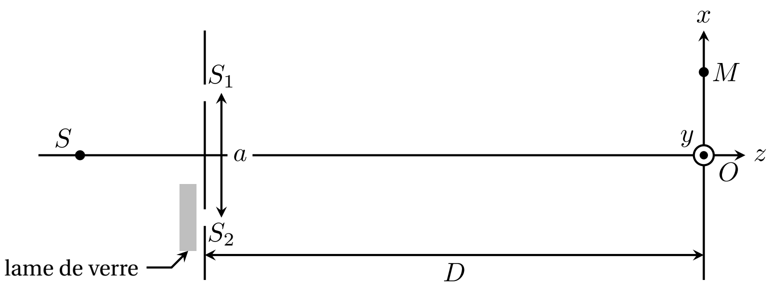
⋆ Exercice 1 : Interférences sur une cuve à onde



Deux pointes distantes de $a = 15$ cm frappent en même temps, à la fréquence $f = 15$ Hz, la surface d'eau d'une cuve à onde en deux points S_1 et S_2. On définit sur la cuve un repère Oxy tel que O est au centre du segment $[S_1S_2]$.

1. Quelle est la nature des interférences en un point M appartenant à l'axe (Ox) ?
2. L'amplitude vibratoire est nulle pour tous les points de l'axe (Oy) tels que $y > \frac{a}{2}$ et $y < -\frac{a}{2}$. Justifier que $\frac{a}{\lambda}$ est un demi-entier.
3. On considère un point de l'axe (Oy) situé entre S_1 et S_2 : $-a < y < a$. Déterminer la différence de marche $\delta(y)$ puis exprimer l'intensité vibratoire à l'aide de la formule de Fresnel. Justifier que l'on peut définir un interfrange i et donner son expression en fonction de la longueur d'onde λ.
4. On observe huit maxima d'amplitude vibratoire entre S_1 et S_2. En déduire la célérité des ondes sur cette cuve.

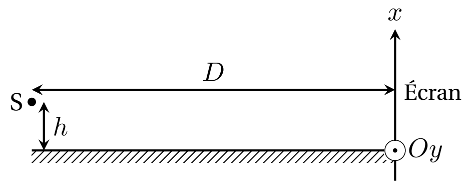
⋆ Exercice 2 : Montage des trous d'Young



On étudie le dispositif des trous d'Young. Deux trous, séparés s'une distance $a = 0,10$ mm, sont éclairés par une lumière de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 450$ nm. Un écran est situé à une distance $D = 20$ cm, où l'on étudie l'intensité lumineuse au point $M(x, y)$. L'ensemble est dans l'air, assimilé au vide. La figure ci-dessus illustre la situation. Initialement la lame de verre est absente.

1. Montrer que la différence de marche entre les deux ondes qui interfèrent en M vaut $\delta(x, y) = \frac{ax}{D}$.
2. Exprimer l'intensité lumineuse $I(x)$ en un point de l'écran puis tracer son graphe (on note I_0 l'intensité lumineuse sur l'écran, supposée uniforme, lorsqu'un seul trou est ouvert). Décrire l'allure des franges d'interférences.
3. Exprimer l'interfrange i. Faire l'AN.
4. On place une lame de verre à faces parallèles devant l'un des deux trous. Expliquer qualitativement comment cela modifie la différence de marche puis la figure d'interférences.

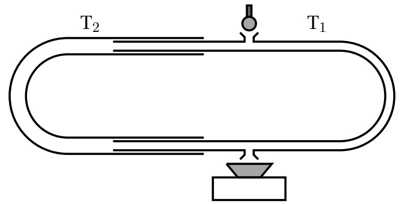
⋆⋆ Exercice 3 : Miroir de Lloyd



On considère un dispositif interférentiel constitué d'un miroir plan, éclairé sous incidence rasante. Un point source S émet une lumière monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ. On note I_0 l'intensité lumineuse supposée uniforme sur l'écran en l'absence du miroir.

1. Représenter la marche de deux rayons lumineux qui interfèrent en un point M quelconque de l'écran. Montrer que tout se passe comme si l'écran était éclairé par deux sources à placer sur le schéma. Justifier que ces rayons vont effectivement interférer entre eux.
2. Déterminer la différence de marche $\delta(x, y)$ au point M, puis l'intensité lumineuse $I(x, y)$. Que vaut-elle en O ? Exprimer l'interfrange de la figure d'interférence.

⋆ ⋆ Exercice 4 : Trombone de Kœnig

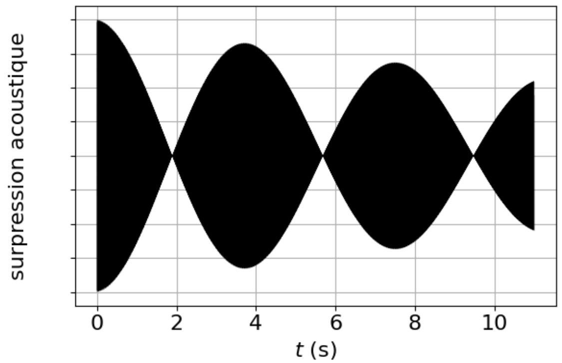


Le trombone de Kœnig est un dispositif de laboratoire permettant de faire interférer deux ondes sonores ayant suivis des chemins différents. Le haut-parleur, alimenté par un générateur basses fréquences, émet un son de fréquences $f = 1500$ Hz. On mesure un signal à la sortie avec un microphone branché sur un oscilloscope.

En déplaçant la partie mobile T_2 on fait varier l'amplitude du signal observé. Elle passe deux fois de suite par une valeur minimale lorsqu'on déplace T_2 de $d = 11,5$ cm.

Déterminer la valeur de la célérité du son dans l'air à 20°C, température à laquelle l'expérience est faite.

⋆ Exercice 5 : Diapasons

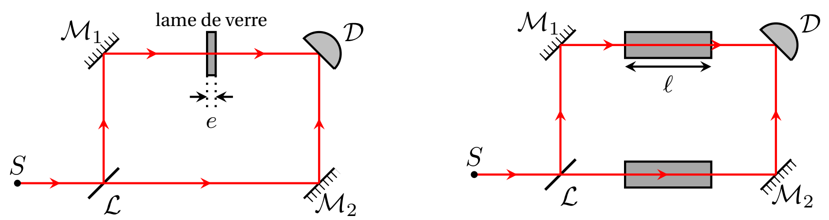


On frappe simultanément deux diapasons construits pour vibrer à la même fréquence $f_0 = 264$ Hz correspondant à la note de musique do3. On enregistre le signal reçu grâce à un microphone situé à égale distance des deux diapasons (figure ci-contre).

1. Justifier que l'un des deux diapasons est désaccordé.
2. Déterminer numériquement l'écart relatif entre les fréquences des deux diapasons.

⋆⋆ Exercice 6 : Interféromètre de Mach-Zender

Un interféromètre de Mach-Zender est constitué d'une lame semi-réfléchissante et de deux miroirs plans. La lame semi-réfléchissante est supposée équilibrée, c'est-à-dire qu'elle divise un faisceau incident en un faisceau réfléchi et un faisceau transmis d'amplitudes égales. On suppose le système réglé de manière à ce que les distances parcourues par les deux rayons lumineux entre la source et le détecteur $\mathcal{D}$ soient égales. On note λ la longueur d'onde dans le vide de l'onde lumineuse.



Montage 1 Montage 2

Dans un premier temps, on place une lame de verre d'indice de réfraction n et d'épaisseur e sur l'un des deux chemins (**montage 1**).

1. Quelle est la nature des interférences entre les deux ondes lumineuses, au niveau du détecteur, en l'absence de lame de verre ?
2. Exprimer la différence de marche δ introduite par la lame de verre.
3. Quelle est la plus petite épaisseur e telle que l'intensité lumineuse reçue par le détecteur est nulle ?
   AN : $\lambda = 532\,\text{nm}$, $n = 1,5$.

Dans un second temps, on place sur les deux chemins des tubes identiques de longueur ℓ initialement remplis d'air à température et pression ambiante, d'indice de réfraction n (**montage 2**). On fait progressivement le vide à l'intérieur de l'un des deux tubes.

4. Que vaut l'ordre d'interférence sur le détecteur lorsque les deux tubes sont remplis d'air ? Expliquer ce que l'on observe au niveau du détecteur à mesure que l'on fait le vide dans l'un des deux tubes. Une fois l'opération terminée, on mesure un ordre d'interférence $p = 112$ sur le détecteur. En supposant que le vide obtenu est parfait, déterminer numériquement $n - 1$.
   AN : $\lambda = 532\,\text{nm}$, $\ell = 50\,\text{cm}$.

Solutions :

Ex1 : 1. Interférences constructives 3. $i = \frac{\lambda}{2}$ 4. $c = 0,5\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Ex2 : 3. $i = 0,9\,\text{mm}$.

Ex3 : 2. $I(x,y) = 2I_0\left[1 - \cos\left(\frac{4\pi h}{\lambda D}x\right)\right]$ $i = \frac{\lambda D}{2h}$

Ex4 : $c = 345\,\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Ex5 : 2. $\frac{\Delta f}{f} = 0,1\%$

Ex6 : 1. Interférences constructives 2.$\delta = (n-1)\,e$ 3. $e = 532\,\text{nm}$ 4. $n = 1,2\cdot 10^{-4}$