

? À rendre le mercredi 17 janvier 2024
Devoir Maison n°10 Interférences et ondes stationnaires

💡 **Comment chercher un D.M. ?**

- Commencer à chercher le DM, dès le soir de la distribution de l'énoncé,
- Avec le chapitre et les exercices ouverts sous les yeux.
- En cas de blocage, poser des questions, à la fin d'un cours ou par mail : nvalade.pcsi@gmail.com
- La réponse à un problème de physique doit contenir :
 - des schémas grands, clairs et complets ;
 - des phrases qui expliquent votre raisonnement ;
 - les calculs littéraux, avec uniquement les grandeurs littérales définies par l'énoncé (ou par vous-même si elles ne le sont pas par l'énoncé) ;
 - les applications numériques avec un nombre adapté de chiffres significatifs et une unité.

Après avoir récupéré votre copie et le corrigé :

- Reprendre votre copie avec le corrigé afin de comprendre vos erreurs, lire les conseils donnés, ...
- Refaire le DM (si besoin) avant le DS suivant.

Données

- Formule de Fresnel :

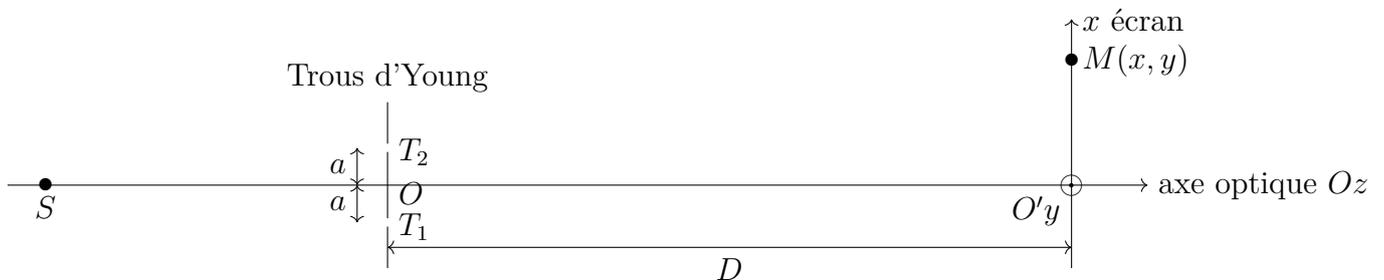
$$I(M) = 2I_0(1 + \cos(\Delta\varphi(M)))$$

-

$$\cos(a) + \cos(b) = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

Exercice n°1 Trous d'Young

Deux trous T_1 et T_2 sont séparés d'une distance $2a = 0,200$ mm et sont éclairés par une source S de faibles dimensions, quasi-monochromatique de longueur d'onde λ . On observe les interférences grâce à une barrette CCD centrée sur le point O et située à une distance $D = 1,25$ m du milieu des trous. On note x l'abscisse d'un point M de la barrette CCD.



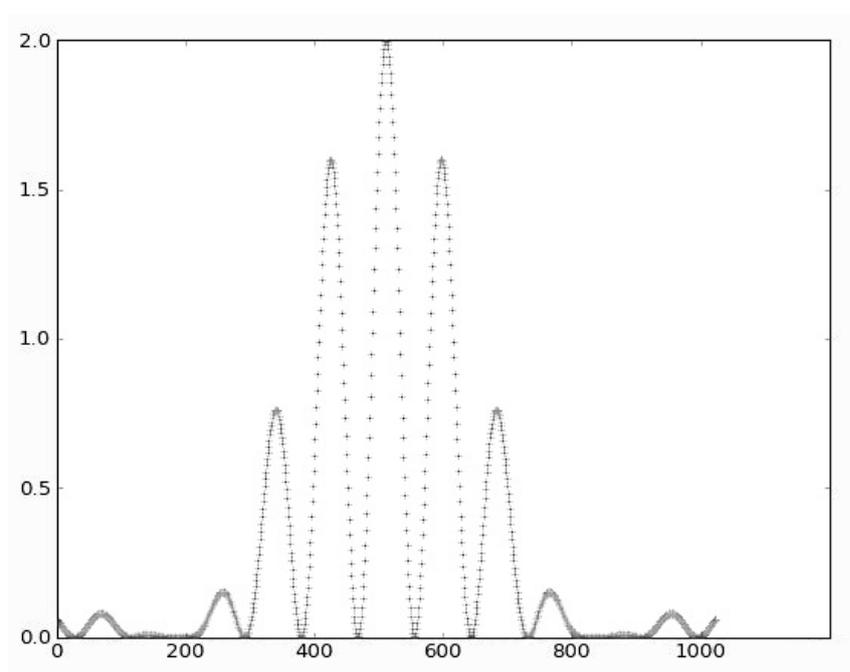
Caractéristiques de la barrette CCD (le capteur correspond à la ligne située au milieu du composant)

- Longueur du capteur : $L = 40,0$ mm
- Largeur du capteur : $0,1$ mm
- Nombre de cellules (photodiodes) : $N = 1024$
- Bande passante : 350 à 900 nm
- Chaque photodiode délivre un signal proportionnel à l'intensité lumineuse.



- Q1. Quel est le phénomène responsable du fait que la lumière ne se propage pas en ligne droite après le passage des trous ?
- Q2. Donner l'expression du déphasage $\Delta\varphi$ entre les deux ondes issues des deux sources en fonction de la longueur d'onde λ et de la différence de marche $\delta = (T_1M) - (T_2M)$.
- Q3. Exprimer la différence de marche en fonction des distances T_1M et T_2M .
- Q4. Pourquoi le point O' de l'écran est très lumineux ?
- Q5. Exprimer les distances T_1M et T_2M .
En déduire les expressions approchées des distances T_1M et T_2M en notant que $D \gg a$ et $D \gg x$.
- Q6. En déduire l'expression du déphasage. Vérifier que l'expression de $\Delta\varphi$ établie ci-dessus est bien homogène.
- Q7. Donner l'expression de l'intensité $I(x)$ en un point d'abscisse x sur l'écran.
- Q8. Déterminer les positions x des points correspondant à un maximum ou un minimum d'intensité.
- Q9. Établir l'expression de l'interfrange i .

La courbe ci-dessous indique pour chaque photodiode (repérée par son numéro) la valeur de son signal.

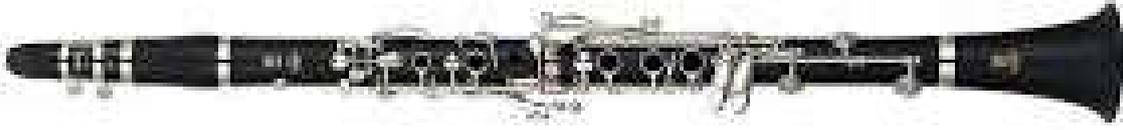


- Q10. Déterminer l'interfrange i de la figure d'interférences. En déduire la longueur d'onde λ utilisée.
- Q11. Avec ce capteur, pourrait-on mesurer précisément l'interfrange si on augmente l'écartement des trous jusqu'à 1,0 cm en maintenant les autres paramètres constants ?

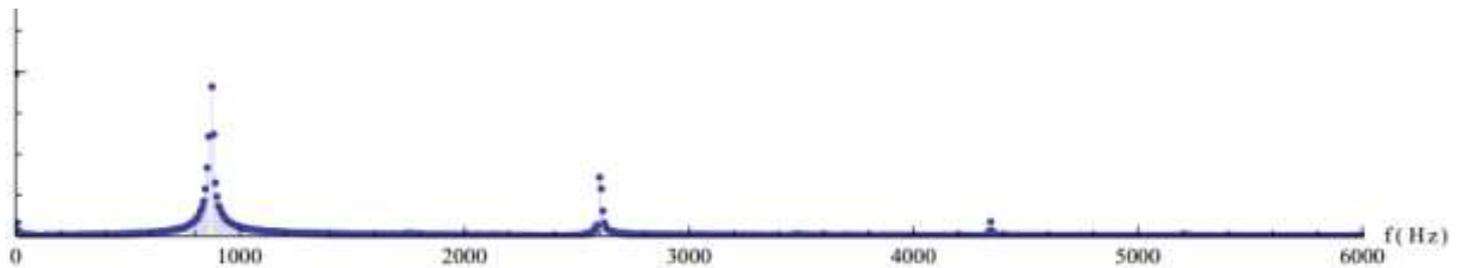
Exercice n°2 Clarinette

Une clarinette (dont tous se trous sont bouchés) est assimilée à un cylindre. Les ondes de surpression acoustique $p(x, t)$ qui peuvent se propager dans la clarinette sont telle que :

- en $x = 0$, p est nulle : $p(0, t) = 0$ (nœud de vibration) ;
- en $x = L$, p est extrême : $|p(L, t)|$ maximale (ventre de vibration).



- Q1. Donner l'expression d'une onde progressive sinusoïdale $p_+(x, t)$ se propageant vers les x croissants, de pulsation ω d'amplitude s_0 et de phase à l'origine nulle.
- Q2. Donner l'expression d'une onde progressive sinusoïdale $p_-(x, t)$ se propageant vers les x décroissants de même amplitude, de même pulsation ω et de phase à l'origine φ . Cette onde provient de la réflexion de l'onde précédente au niveau d'une extrémité de la clarinette.
- Q3. Établir l'expression de l'onde résultante $p(x, t)$ sous la forme d'un produit de deux cosinus.
- Q4. Quelle est la nature de l'onde résultante ? Comment peut-on la qualifier ? Qu'est-ce qui la distingue d'une onde progressive.
- Q5. À l'aide de la condition aux limites en $x = 0$, déterminer une valeur possible de φ .
- Q6. À l'aide des conditions aux limites en $x = L$, établir littéralement les fréquences des ondes pouvant exister dans la clarinette. On introduira un entier n .
- Q7. Représenter l'allure de la surpression acoustique des trois premiers modes propres.
- Q8. Commenter le spectre du son produit par la clarinette et en déduire la longueur de la clarinette (plus exactement la longueur utile pour jouer cette note). On attend une étude quantitative.



Cet exercice est bien évidemment un modèle très grossier de la clarinette ! L'étude complète étant bien plus complexe.