

Chapitre OO 2 : interférences à 2 ondes cohérentes

I. Formule de Fresnel

1. Démonstration

Les conditions d'obtention d'interférences à 2 ondes sont:

-
-
-

Ces conditions garantissent que les 2 trains d'ondes qui arrivent en M ont été émis par le même atome au même instant. Par conséquent le déphasage entre les deux trains d'ondes ne dépend que de la différence de chemins parcourus appelée différence de marche. On dit que les 2 ondes sont

On note $s_1(M, t)$ l'onde reçue en M à l'instant t après avoir emprunté le chemin 1 (soit le chemin de la source secondaire S_1).

On note $s_2(M, t)$ l'onde reçue en M à l'instant t après avoir emprunté le chemin 2 (soit le chemin de la source secondaire S_2).

L'intensité en M s'écrit:

La source S émet un signal sinusoïdal de la forme $s(t) = a \cos(\omega t)$.

Cette onde émise en S à l'instant t arrive en M par le chemin 1 à l'instant

Cette onde émise en S à l'instant t arrive en M par le chemin 2 à l'instant

Donc l'onde reçue en M à l'instant t ayant emprunté le chemin 1 a été émise par la source S à l'instant donc $s_1(M, t) =$

Donc l'onde reçue en M à l'instant t ayant emprunté le chemin 2 a été émise par la source S à l'instant donc $s_2(M, t) =$

On rappelle que $2 \cos a \cos b = \cos(a + b) + \cos(a - b)$

$I(M) =$

Conclusion:

On note $\phi_{2/1}(M) =$

Pour 2 ondes d'intensité I_1 et I_2 incohérentes qui arrivent en M . L'intensité en M s'écrit:

Pour 2 ondes d'intensité I_1 et I_2 cohérentes qui arrivent en M . L'intensité en M s'écrit:

Cas particulier: pour 2 ondes cohérentes de même intensité I_0 qui arrivent en M . L'intensité en M s'écrit:

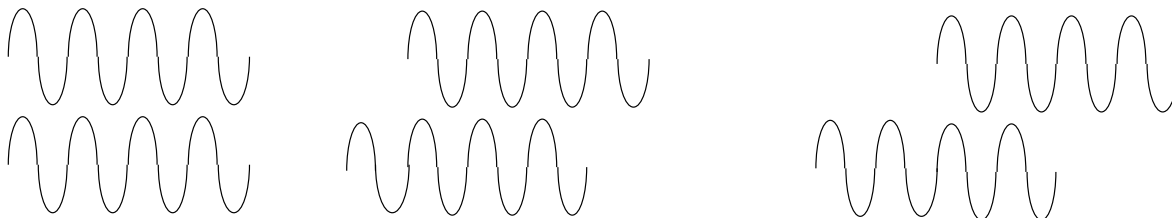
2. Notion d'ordre d'interférences

On définit l'ordre d'interférences par : $p(M) = \frac{\delta(M)}{\lambda}$

La formule de Fresnel s'écrit alors:

On étudie la fonction $I(M)$ qui dépend du décalage des ondes qui arrivent en M . On étudie deux cas limites:

- Les ondes sont en phase:

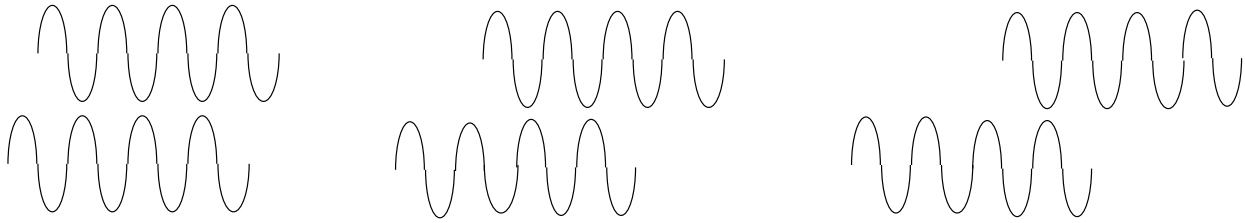


Que dire de $I(M)$?

Que dire de $p(M)$?

Que voit-on sur l'écran en M ?

- Les ondes sont en opposition de phase:



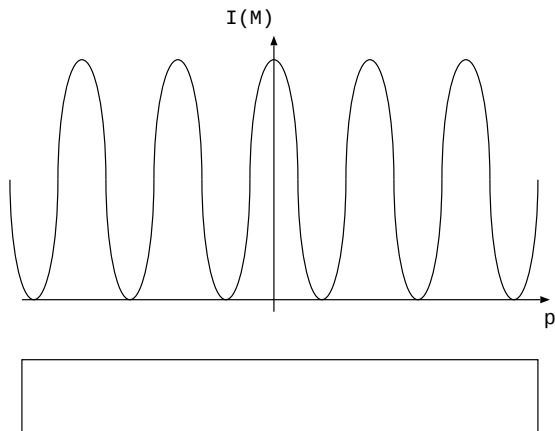
Que dire de $I(M)$?

Que dire de $p(M)$?

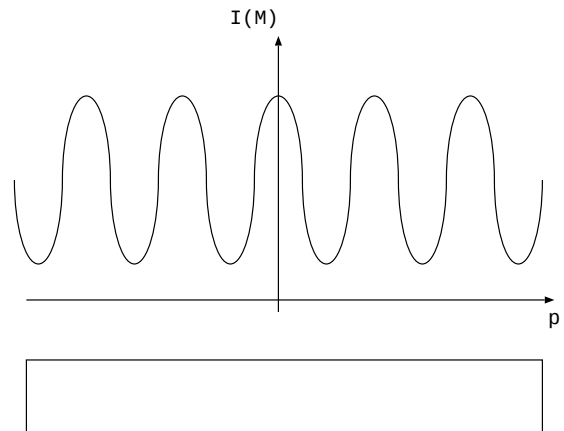
Que voit-on sur l'écran en M ?

3. Lien entre l'intensité et les franges

Pour deux ondes de même intensité I_0



Pour deux ondes d'intensités différentes



4. Notion de contraste

Dans le cas où l'on réalise des interférences à 2 ondes d'intensités différentes, on observe que les franges sombres ne sont pas noires, elles sont gris foncé. Les franges brillantes peuvent aussi être peu brillantes. Dans ce cas, il peut se faire que l'on ne distingue pas les franges brillantes des franges sombres. On définit alors le contraste qui est un nombre qui permet de prévoir si les franges sont visibles ou non.

On définit le contraste par

où I_{max} est

où I_{min} est

La formule de Fresnel permet d'exprimer le contraste en fonction de I_1 et I_2 , les intensités des deux ondes issues de S_1 et S_2 :

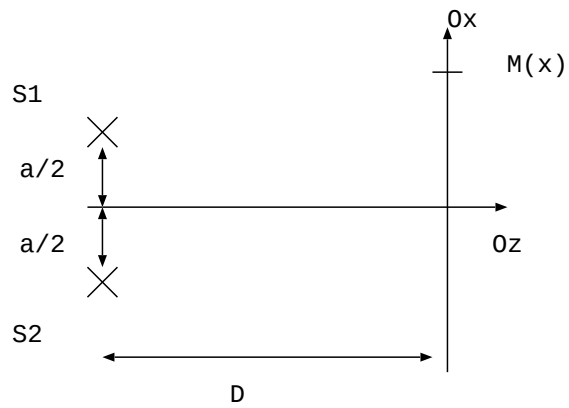
Attention de ne pas confondre:

La valeur maximale du contraste est

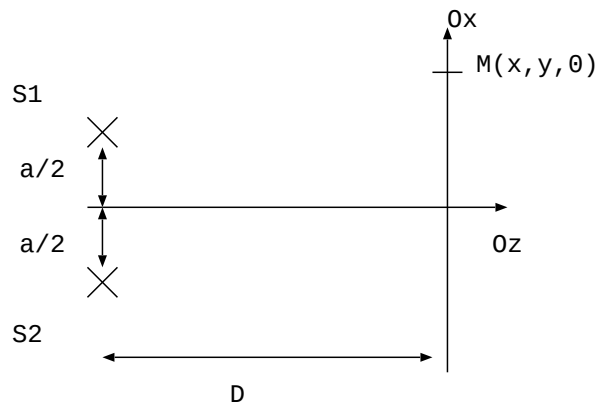
II. Dispositif d'Young

1. Expression de la différence de marche

Par une approche simplifiée:



Par le calcul:



2. *Ordre d'interférences*

L'ordre d'interférences est:

On en déduit la forme des franges:

On en déduit la position des franges brillantes:

On en déduit la position des franges sombres:

d'où l'interfrange:

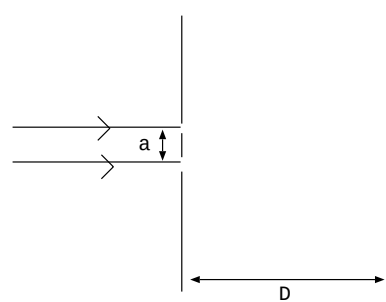
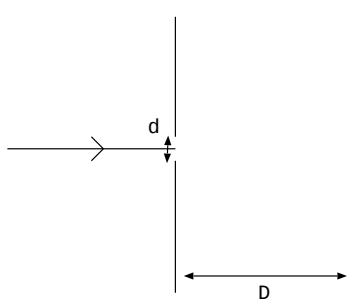


Remarque: si on définit l'ordre d'interférences par $p(M) = \frac{\delta_{1/2}(M)}{\lambda}$

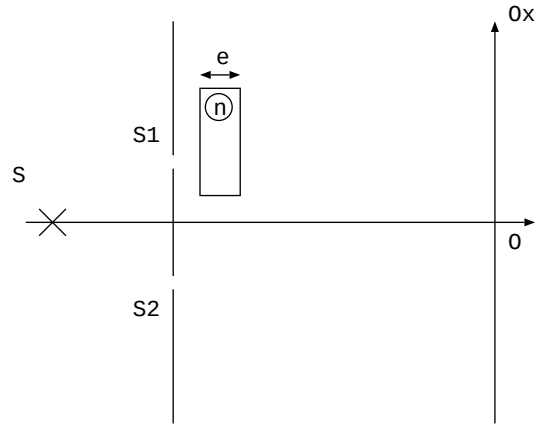
3. Utilisation de l'ordre d'interférences

Exemple 1: Soit le dispositif interférentiel des trous d'Young avec $a = 0,2 \text{ mm}$, distance entre les trous, $D = 2 \text{ m}$ (distance entre l'écran et le plan contenant les trous) et $\lambda = 632 \text{ nm}$. Calculer l'interfrange. Calculer l'ordre d'interférences en $x = 1,8 \text{ cm}$, $x = 2,2 \text{ cm}$ et $x = 5,1 \text{ cm}$. Commenter. On place entre $x = -4 \text{ cm}$ et $x = +3 \text{ cm}$ une barrette CCD. Prévoir le nombre de franges brillantes que l'on peut observer sur l'enregistrement de l'intensité sur la CCD.

Exemple 2: Soit une fente fine de largeur $d = 40 \mu\text{m}$. Décrire la figure de diffraction observée par cette fente sur un écran placé à une distance $D = 1 \text{ m}$ du plan de la fente. Calculer la largeur de la tache centrale de diffraction. Donnée: $\lambda = 540 \text{ nm}$. On place maintenant deux fentes fines identiques à la précédente à une distance $a = 110 \mu\text{m}$ l'une de l'autre. Calculer le nombre de franges brillantes visibles dans la tache centrale de diffraction.



Exemple 3: Dans le dispositif des trous d'Young, on ajoute derrière le trou S_1 une lame de verre d'indice n et d'épaisseur e . On fait l'hypothèse selon laquelle les rayons lumineux sont peu inclinés par rapport à l'axe optique donc la lame est traversée en incidence quasi normale et les rayons qui traversent la lame ne sont pas déviés.



1- Sur l'écran, on observe que les franges ont translaté sans modification de l'interfrange. Justifier le fait que l'interfrange n'est pas modifié et prévoir sans calcul le sens de déplacement des franges (on pourra pour cela s'interroger sur la nouvelle position de la frange centrale).

2- Exprimer la différence de marche et l'ordre d'interférences en M en présence de la lame.

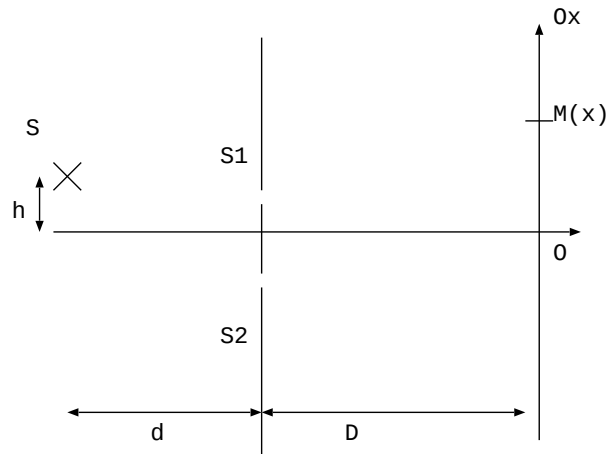
3- Calculer l'ordre d'interférences au point O en présence de la lame et en déduire le nombre de franges brillantes qui ont défilé au point O . Données: $e = 14 \mu m$, $\lambda = 540 nm$ et $n = 1,63$.

Exemple 4: dans le dispositif d'Young, on déplace la source principale S vers le haut.

1- On observe les franges se déplacer sans modification de l'interfrange. Justifier le fait que l'interfrange n'est pas modifié et prévoir sans calcul le sens de déplacement des franges (on pourra pour cela s'interroger sur la nouvelle position de la frange centrale).

2- Exprimer la différence de marche et l'ordre d'interférences en M .

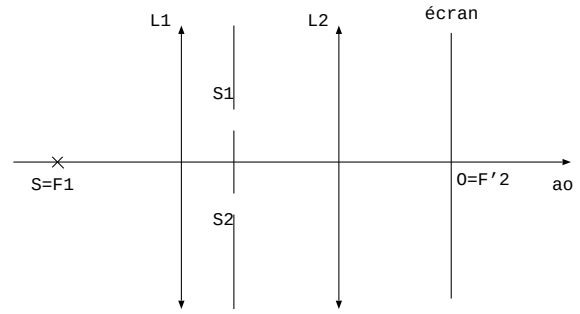
3- Calculer l'ordre d'interférences au point O après avoir déplacé la source et en déduire le nombre de franges brillantes qui ont défilé au point O . Données: $a = 100 \mu m$, $\lambda = 632 nm$, $d = 60 cm$, $D = 1 m$ et $h = 1,7 cm$.



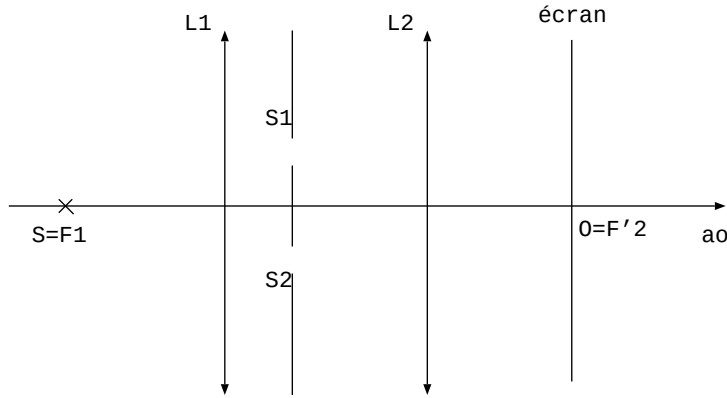
III. Approche expérimentale : montage de Fraunhofer

1. Le montage

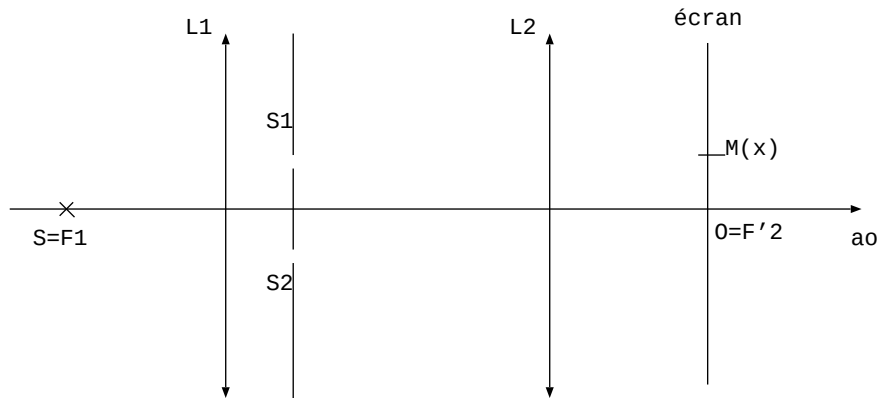
Dans ce dispositif, la source principale est au plan focal objet d'une première lentille convergente L_1 . L'écran est dans le plan focal image d'une deuxième lentille convergente L_2 . La distance entre les lentilles est quelconque et l'on place entre les lentilles un plan percé de deux trous ou deux fentes d'Young, la position de ce plan est également quelconque.



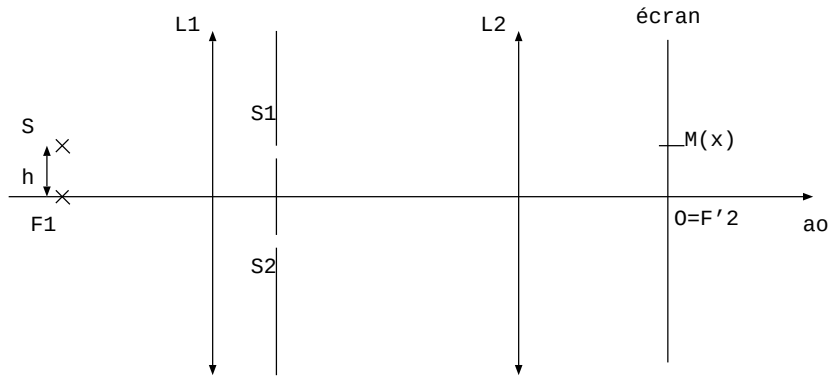
2. Le champ d'interférences



3. Différence de marche et interfrange

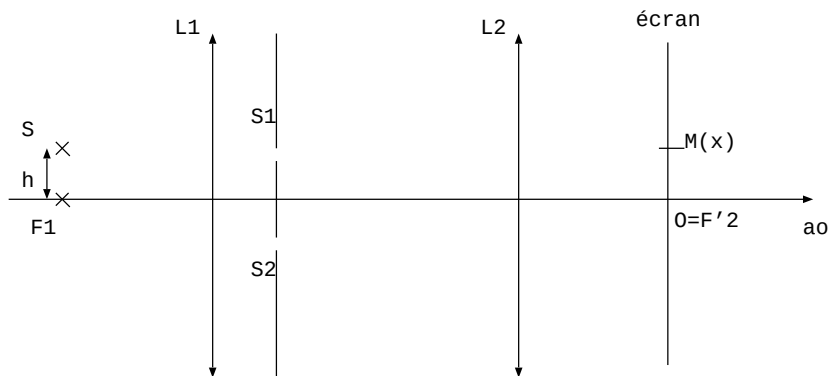


4. Influence du déplacement de la source principale



Exprimer la différence de marche $\delta_{2/1}(M)$, l'interfrange, la position de la frange centrale et l'ordre d'interférences en O .

Remarque: lien avec l'image de S par les deux lentilles.



IV. Point de vue expérimental : que voit-on sur l'écran?

