Chapitre OO3 : interférences à 2 ondes cohérentes

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'onde ne dépend que de la différence de chemins optiques parcourus, appelée différence de marche. On dit que les 2 ondes sont

La différence de marche en M s'écrit:

Le déphasage des ondes en M s'écrit:

I. Formule de Fresnel

1. *Démonstration*

La source S est monochromatique, elle émet donc un signal sinusoidal de la forme $s(t) = s_0 \cos(\omega t)$.

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). Cette onde s'écrit $s_1(M,t) =$

L'intensité de cette onde en M est:

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). Cette onde s'écrit $s_2(M,t) =$

L'intensité de cette onde en M est:

Remarque: les ondes $s_1(M,t)$ et $s_2(M,t)$ ont le même pulsation que la source car

L'onde résultante en M s'écrit:

D'où l'intensité en M (on rappelle que $2\cos a \cos b = \cos(a+b) + \cos(a-b)$):

Conclusion:

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 : $p(M) = \dfrac{\delta(M)}{\lambda}$

Remarque: en général, on ne précise pas si on calcule $p_{2/1}(M) = \dfrac{\delta_{2/1}(M)}{\lambda}$ ou $p_{1/2}(M) = \dfrac{\delta_{1/2}(M)}{\lambda}$, le signe de p est différent dans ces deux cas. Dans un énoncé de concours, il est d'abord demandé d'exprimer $\delta_{2/1}(M)$ puis d'en déduire $p(M)$, c'est sous entendu par conséquent que $p(M) = \dfrac{\delta_{2/1}(M)}{\lambda}$.

3. *Etude de la fonction intensité en fonction de l'ordre d'interférences*

La formule de Fresnel s'écrit en fonction de $p(M)$:

L'intensité est maximale pour

Pour deux ondes de même intensité I_0: $I_{max} =$

Pour deux ondes d'intensités I_1 et I_2 différentes: $I_{max} =$

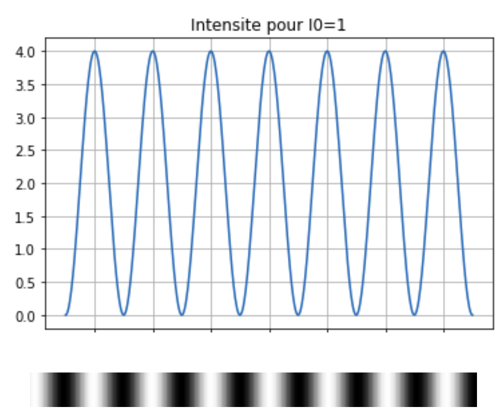
On retient: sur une frange brillante, l'intensité est .... et l'ordre d'interférences est un ....

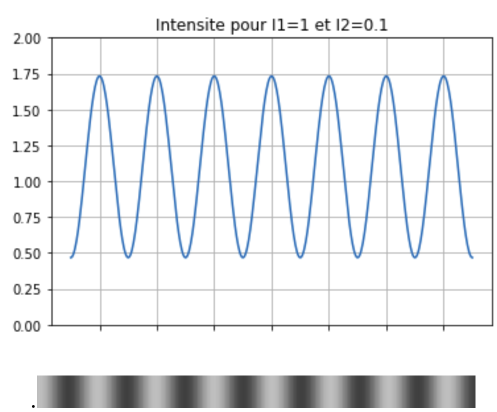
L'intensité est minimale pour

Pour deux ondes de même intensité I_0: $I_{min} =$

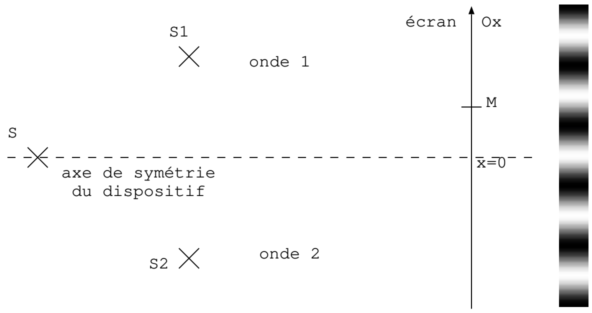
Pour deux ondes d'intensités I_1 et I_2 différentes: $I_{min} =$

On retient: sur une frange sombre, l'intensité est .... et l'ordre d'interférences est un ....



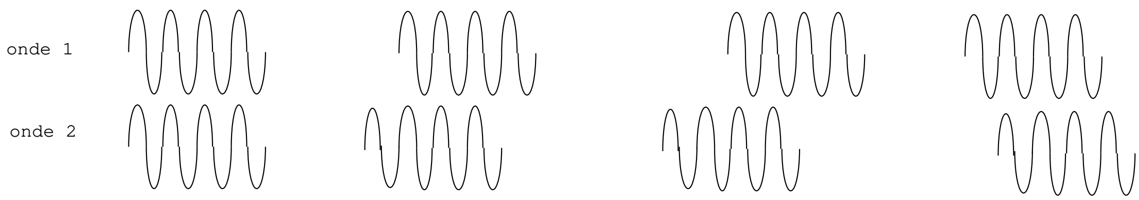


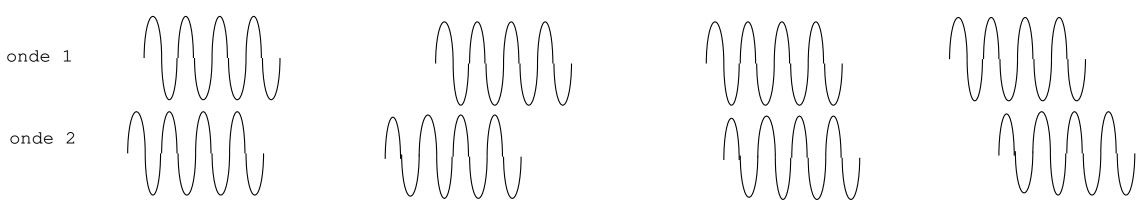
Lien entre l'ordre d'interférences et le décalage des trains d'onde qui se rencontrent en M:



.

Lien avec les trains d'onde:





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:

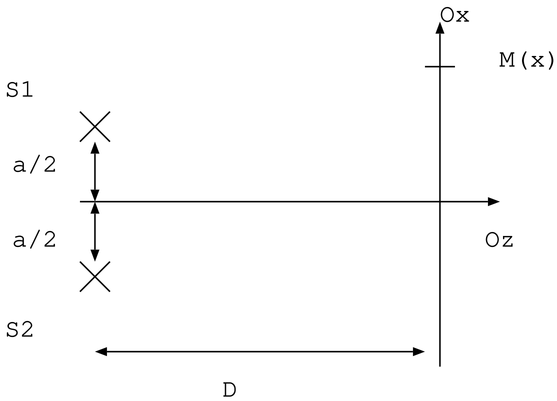
Attention de ne pas confondre:

La valeur maximale du contraste est

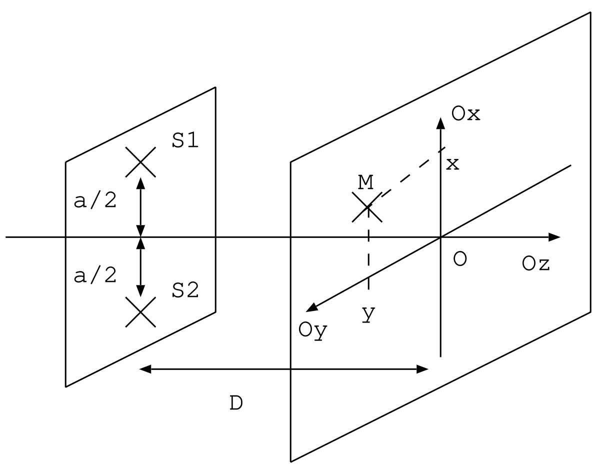
II. Dispositif d'Young

1. Expression de la différence de marche

Par une approche simplifiée:



Par le calcul:



2. *Ordre d'interférences*

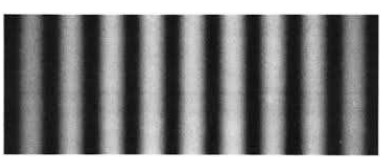
L'ordre d'interférences est:

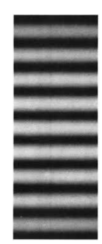
On en déduit la forme des franges:

On en déduit la position des franges brillantes:

On en déduit la position des franges sombres:

d'où l'interfrange:





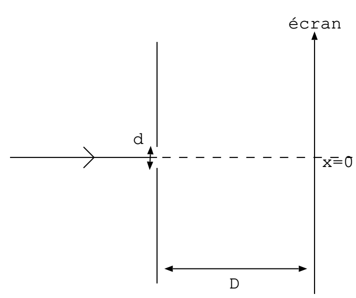
.

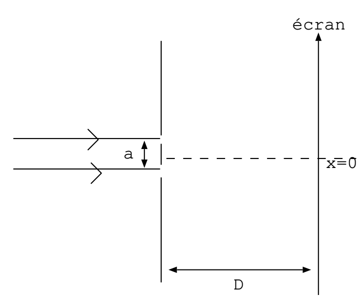
Remarque: si on définit l'ordre d'interférences par $p(M) = \dfrac{\delta_{1/2}(M)}{\lambda}$

3. *Utilisation de l'ordre d'interférences*

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

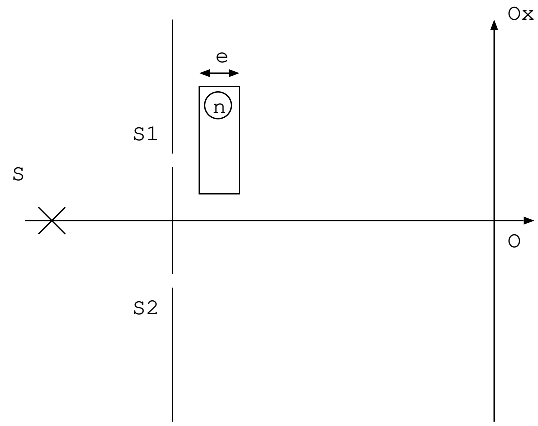
Exemple 2: Soit une fente fine de largeur $d = 40\ \mu m$. La demi-largeur angulaire de la tache centrale de diffraction est donnée par $\theta_{1/2} = \frac{\lambda}{d}$. Déterminer la largeur de la tache centrale de diffraction sur l'écran à une distance $D = 1\ m$ de la fente. Donnée: $\lambda = 540\ nm$. On place maintenant deux fentes fines identiques distantes de $a = 110\ \mu m$. 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.

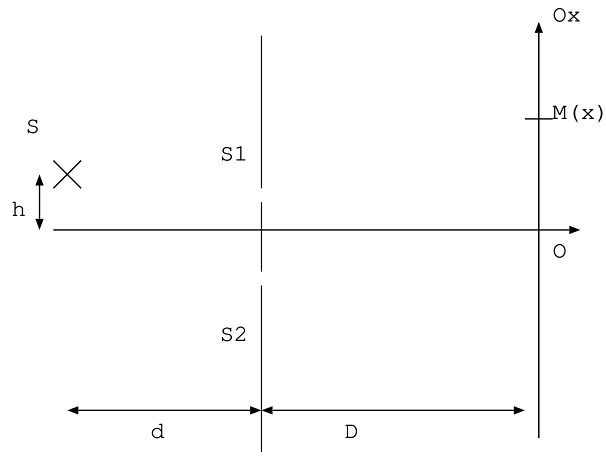
3- Calculer l'ordre d'interférences au point O en présence de la lame et en déduire le nombre de franges brillantes qui ont défilé au point O. Données: $e = 14\ \mu m$, $\lambda = 540\ nm$ et $n = 1,63$.

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.

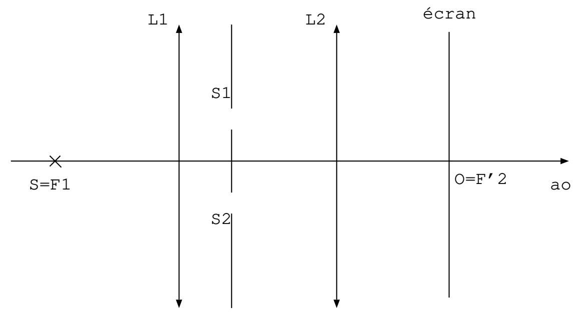
3- Calculer l'ordre d'interférences au point O après avoir déplacé la source et en déduire le nombre de franges brillantes qui ont défilé au point O. Données: $a = 100\ \mu m$, $\lambda = 632\ nm$, $d = 60\ cm$, $D = 1\ m$ et $h = 1,7\ cm$.



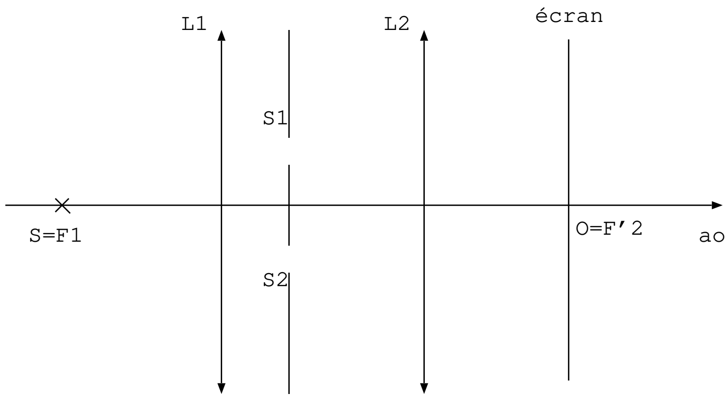
III. **Approche expérimentale : montage de Fraunhofer**

1. *Le montage*

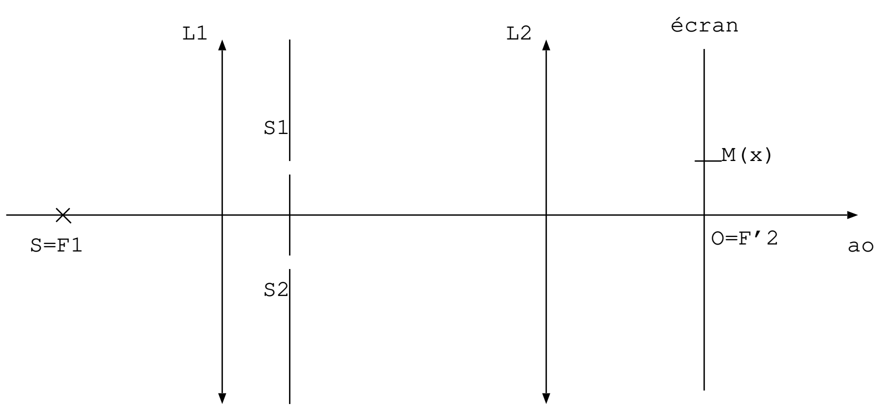
Dans ce dispositif, la source principale est au plan focal objet d'une première lentille convergente L_1. L'écran est dans le plan focal image d'une deuxième lentille convergente L_2. La distance entre les lentilles est quelconque et l'on place entre les lentilles un plan percé de deux trous ou deux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



2. *Le champ d'interférences*

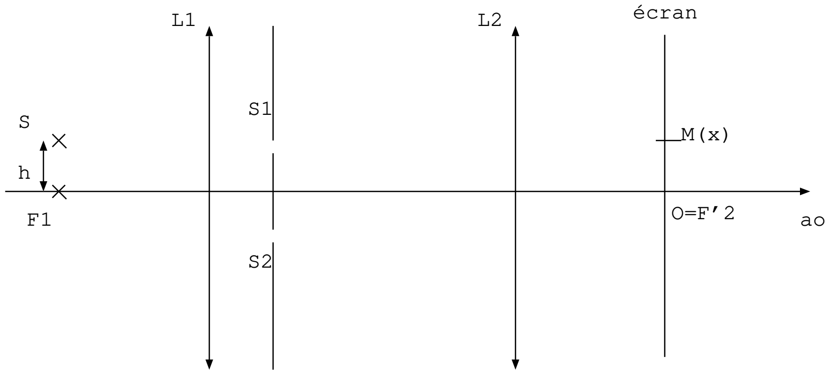


3. *Différence de marche et interfrange*



.

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.