

## Interférences lumineuses

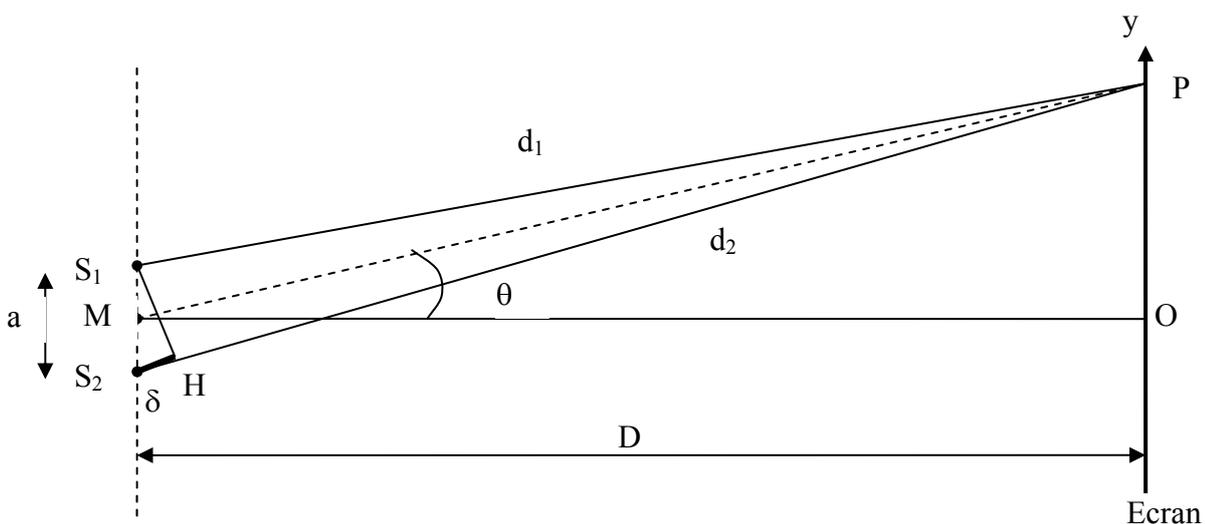
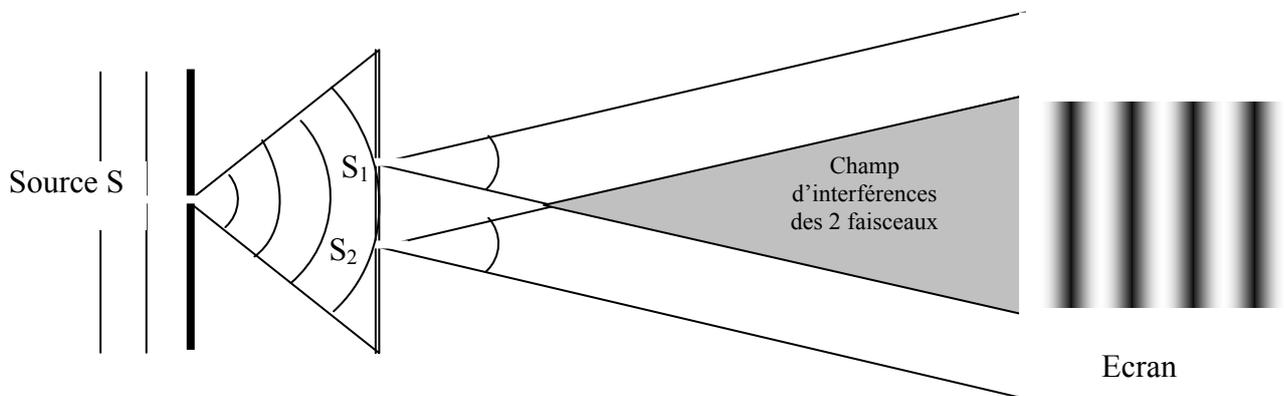
### Principe

Les phénomènes d'interférences résultent de la superposition de 2 ondes lumineuses. Ils ne peuvent se produire que lorsque les conditions suivantes sont réalisées :

- les ondes sont cohérentes,
- elles ont même fréquence, et donc même longueur d'onde,
- elles sont parallèles,
- elles ont même amplitude, ou presque.

Soit  $S$  une source ponctuelle monochromatique éclairant 2 fentes  $S_1$  et  $S_2$  proches l'une de l'autre, mais assez éloignées de  $S$ .  $S_1$  et  $S_2$  jouent le rôle de sources cohérentes, c'est à dire qu'elles sont dans le même état vibratoire.

$S_1$  et  $S_2$  diffractent la lumière. Dans la région de l'espace où les 2 faisceaux se superposent, on peut observer des franges d'interférences non localisées.



Soit :  $\delta = d_2 - d_1$ , la différence de marche entre les 2 rayons

Soit  $a$  la distance séparant  $S_1$  et  $S_2$ , et  $D$  la distance séparant le plan  $S_1S_2$  du plan  $P$  (écran) sur lequel on observe les franges.

Dans le triangle  $S_1S_2H$  :  $\sin \theta = S_2H/S_1S_2 = \delta/a$

Dans le triangle  $MOP$  :  $\tan \theta = OP/OM = y/D$

L'angle  $\theta$  est très faible car  $D \gg a$ . Dans ce cas,  $\sin \theta \approx \tan \theta$  ; on en déduit :  $\delta = ay/D$

En P, la différence de marche  $\delta$  entre les 2 rayons vaut :  $\delta = a y/D$

Si :  $\delta = k\lambda$ , il y a **interférences constructives** et on observe des franges brillantes pour :

$$y = k \lambda D/a \quad k \in \mathbb{Z}$$

Il y a une frange brillante pour :  $y_0 = 0$ , c'est à dire sur l'axe optique du système.

$$y_1 = \lambda D/a$$

$$y_2 = 2 \lambda D/a$$

$$y_3 = 3 \lambda D/a \quad \dots$$

La distance entre 2 franges brillantes est appelée interfrange  $i$  ;  $i = \lambda D/a$

Si :  $\delta = (2k + 1)\lambda/2$ , il y a **interférences destructives** et on observe des franges sombres pour :

$$y = (2k + 1) \lambda D/2a$$

$$y'_0 = \lambda D/2a$$

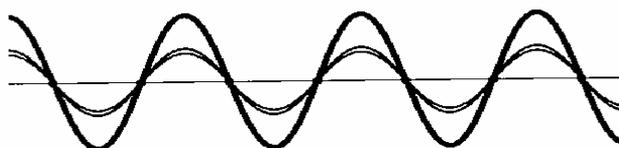
$$y'_1 = 3 \lambda D/2a$$

$$y'_2 = 5 \lambda D/2a$$

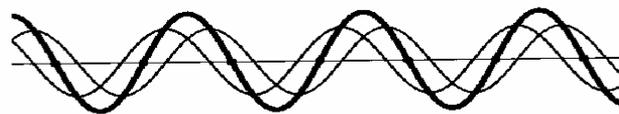
La distance entre 2 franges sombres est encore égale à :  $i = \lambda D/a$

**De façon générale, l'interfrange  $i$  correspond à la distance séparant 2 franges brillantes ou 2 franges sombres :  $i = \lambda D/a$**

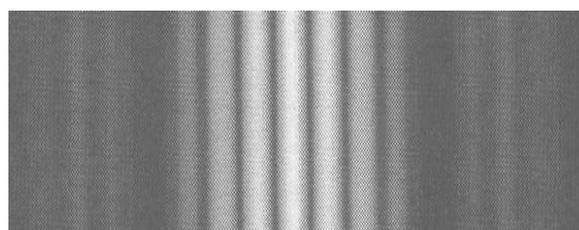
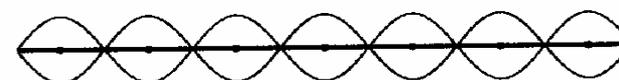
Ondes en phase  
Interférences constructives  
Observation de franges brillantes



Ondes en quadrature de phase  
La somme des 2 ondes n'est pas nulle. L'écran est gris



Ondes en opposition de phase  
La somme des 2 ondes est nulle.  
Interférences destructives  
L'écran n'est pas éclairé.



Franges d'Young à l'intérieur de la figure de diffraction

*Déterminer l'interfrange  $i$*

## 1) Montage

Afin d'obtenir un phénomène bien lumineux, on remplace les sources ponctuelles  $S$ ,  $S_1$  et  $S_2$  par 3 fentes :  $F$ ,  $F_1$  et  $F_2$  parallèles entre elles, et on accole à la double fente  $F_1F_2$  une lentille convergente  $L$ . L'observation des franges se fait dans le plan de l'image  $F'$  de la fente  $F$  à travers cette lentille.

La source lumineuse est une **lampe à vapeur de sodium** dont on forme l'image à travers un **condenseur**  $C$  sur la fente  $F$ .

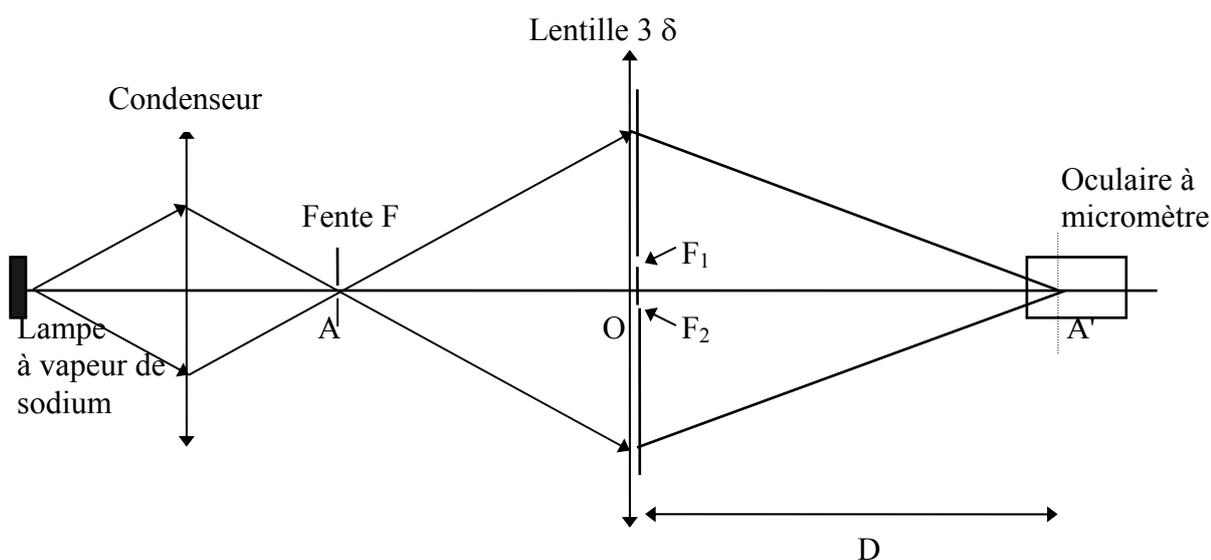
Le **condenseur** est un système optique de grande surface et fortement convergent. Son rôle est triple :

- capter un maximum d'énergie lumineuse en provenance de la source afin d'obtenir le plus de lumière possible dans l'image, surtout en augmentant la surface du champ objet,
- éclairer le plus uniformément possible l'ensemble de la surface de la fente,
- assurer une utilisation dans les conditions de Gauss de la lentille de projection  $L$ .

La **lentille**  $L$  a une convergence :  $C = 3 \delta$

La **double fente** se trouve sur une plaquette métallique que l'on accole derrière la lentille

On observe les franges à travers un **micromètre à oculaire** gradué au 1/10 mm.



### a) Réglages préliminaires

- Vérifier la verticalité de la fente  $F$ .
- Placer le condenseur à 15 cm environ de la fente  $F$ .
- Former l'image de la lampe au sodium sur cette fente à l'aide du condenseur  $C$ .
- La lampe et le condenseur n'étant pas solidaires du banc d'optique, vérifier que l'axe du faisceau coïncide bien avec l'axe optique du système, c'est à dire l'axe du banc d'optique.
- Mettre au point l'oculaire sur le micromètre.

### b) Détermination de la distance D

La double fente  $F_1F_2$  n'étant pas installée, former l'image réelle de F à travers la lentille sur un écran : la distance fente-écran étant de 180 cm environ, déplacer la lentille sur le banc pour obtenir une image nette de la fente sur l'écran.

Positionner à la place de l'écran le micromètre oculaire et observer l'image nette de la fente.

Mettre au point l'oculaire sur le micromètre, puis, en le déplaçant légèrement, mettre au point sur les bords de l'image de la fente F. Ne plus toucher à l'oculaire.

Diminuer la largeur de la fente F.

Noter alors la distance D séparant la lentille L du micromètre oculaire.

### c) Observation des franges

Placer alors la double fente A derrière la lentille. La distance entre les 2 fentes est égale à  $a$ .

Regarder les franges d'Young dans l'oculaire. En cas d'insuccès, vérifier le parallélisme de F et de  $F_1F_2$ , ou diminuer la largeur de la fente F.

Avec une fente fine, la netteté est bonne, mais les franges sont peu lumineuses ; en ouvrant la fente, la netteté diminue au profit de l'éclairement.

L'observation des franges se fera à l'intérieur de la tache centrale de diffraction qui est d'autant plus large que les fentes  $F_1$  et  $F_2$  sont plus fines.

## 2) Mesure de l'interfrange $i$ – Détermination de la distance entre les fentes

### a) Comment établit-on la relation : $i = \lambda D/a$ ? Refaire la démonstration

### b) Vérification de la relation : $i = \lambda D/a$ , pour $\lambda = 589,3$ nm

*Pour modifier la distance D, il ne suffit pas de modifier la place de l'oculaire. Il faut reformer l'image réelle de F à travers la lentille sur l'écran.*

Pour 10 valeurs de D comprises entre 0,5 m et 1,20 m, mesurer l'interfrange  $i$ .

Pour augmenter la précision de la mesure, mesurer l'écart correspondant à 2 interfranges.

*La distance entre 2 graduations du micromètre est de 1/10 mm*

D									
i									

*Attention aux unités.*

Tracer :  $i = f(D) = p D = (\lambda/a) D$ , en commençant à (0, 0) et en notant les barres d'incertitude :

$\Delta i = \pm 1/10$  mm et  $\Delta D = \pm 2$  cm

- Déterminer la pente  $p$  de la droite tracée.
- En déduire la distance  $a = \lambda/p$  séparant les 2 fentes, la longueur d'onde émise par la lampe à vapeur de sodium étant :  $\lambda = 589,6$  nm

*Tracer avec une règle les 2 droites de pente extrême et déterminer leur pente. Quelles sont les valeurs extrêmes de  $a$  ? En déduire l'incertitude commise sur la détermination de  $a$  ?*

*Trouvez-vous une valeur de  $a$  proche de 0,6 mm (donnée du fabricant) ?*

### 3) Aspect des franges en lumière blanche

On remplace la lampe à vapeur de sodium par une lampe à incandescence.

- a) *Quelle est la différence entre ces 2 sources lumineuses ?*
- b) *Qu'observe-t-on au centre de la figure d'interférences ?*
- c) *De part et d'autre de celle-ci, plusieurs couleurs se superposent.*
  - *Prendre des crayons de couleur pour les représenter.*

En chaque point, la couleur résultante dépend des intensités relatives que les diverses radiations prennent en ce point.

Les couleurs vives s'estompent rapidement dès que l'on s'éloigne de la frange centrale car le nombre de radiations qui superposent leurs maximums en un même point sont de plus en plus nombreuses.

Dès que les couleurs s'échelonnent à peu près régulièrement sur tout le spectre, l'œil a une impression de blanc, que l'on appelle ***blanc d'ordre supérieur***.

*Donner plusieurs exemples du phénomène observé que l'on peut rencontrer dans la vie courante.*