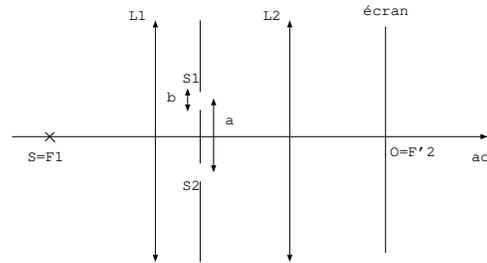


# TD 2 optique ondulatoire

## I. Une ou deux fentes

On considère le dispositif interférentiel suivant où  $S_1$  et  $S_2$  sont les centres de deux fentes fines de largeur  $b$  avec  $S_1S_2 = a$ . Données:  $f'_2 = 80 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 650 \text{ nm}$ ,  $a = 230 \mu\text{m}$  et  $b = 40 \mu\text{m}$ .

1. On bouche la fente centrée en  $S_2$ . Tracer les rayons qui délimitent la tache centrale de diffraction observée sur l'écran et calculer sa largeur.
2. On bouche la fente centrée en  $S_1$ . Tracer les rayons qui délimitent la tache centrale de diffraction observée sur l'écran et calculer sa largeur.
3. Déduire des questions précédentes la largeur du champ d'interférences lorsque les deux fentes sont présentes.

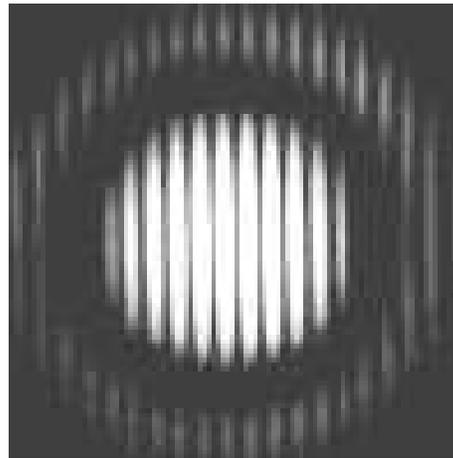
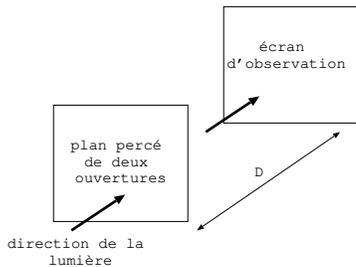


4. Exprimer la différence de marche et l'ordre d'interférences en  $M$  d'abscisse  $x$  sur l'écran. Calculer le nombre de franges brillantes présentes dans la tache centrale de diffraction.

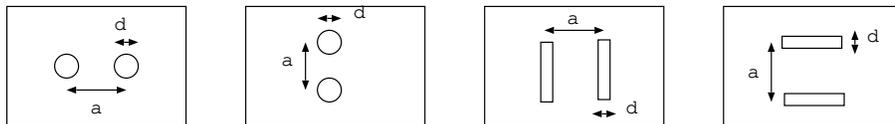
Réponses: 1-  $\Delta x = 2,6 \text{ cm}$  4- on voit 11 franges brillantes

## II. Exploitation d'une photo

Une source monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 542 \text{ nm}$  éclaire un dispositif d'Young (soit un plan percé de deux ouvertures de forme inconnue). On donne ci-dessous le schéma du montage optique et ci-contre la photo de l'écran. Donnée :  $D = 1,5 \text{ m}$  distance entre le dispositif d'Young et l'écran.



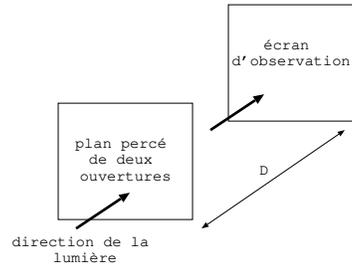
1. Déduire de cette photo la forme et la disposition des ouvertures parmi celles proposées ci dessous.



2. Repérer sur la photo les franges d'ordre  $p = 0$ ,  $p = 2,5$  et  $p = -3$  (en supposant que  $p > 0$  à droite de la frange centrale).
3. Mesurer sur la photo l'interfrange et en déduire  $a$ , la distance moyenne entre les ouvertures.
4. Mesurer sur la photo la largeur de la tache centrale de diffraction et en déduire  $d$  la largeur d'une ouverture.

### III. Exploitation d'une photo

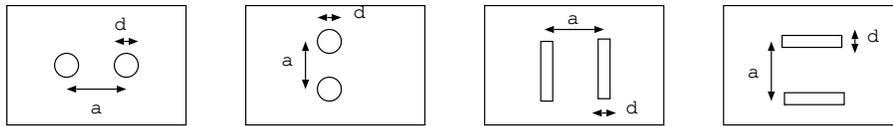
Une source monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 632 \text{ nm}$  éclaire un dispositif d'Young (soit un plan percé de deux ouvertures de forme inconnue). On donne ci-contre le schéma du montage. Donnée :  $D = 1,2 \text{ m}$  distance entre le dispositif d'Young et l'écran.



On donne la photo de l'écran:



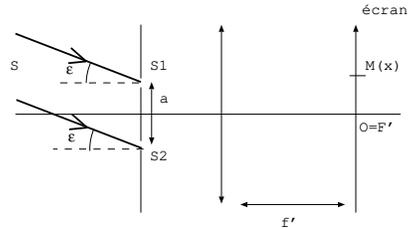
1. Déduire de cette photo la forme et la disposition des ouvertures parmi celles proposées ci dessous.



- Repérer sur la photo les franges d'ordre  $p = 0$ ,  $p = 2$  et  $p = -2, 5$  (en supposant que  $p > 0$  à gauche de la frange centrale).
- Mesurer sur la photo l'interfrange et en déduire  $a$ , la distance moyenne entre les ouvertures.
- Mesurer sur la photo la largeur de la tache centrale de diffraction et en déduire  $d$  la largeur d'une ouverture.

### IV. Etoile lointaine

Une étoile notée  $S$  émet des ondes planes de longueur d'onde  $\lambda_0 = 550 \text{ nm}$  dont la direction fait un angle  $\epsilon$  avec l'axe optique. On observe cette étoile à l'aide d'une lentille astronomique assimilée à une lentille convergente de focale image  $f' = 80 \text{ cm}$ . Les rayons émis par l'étoile éclairent un dispositif de deux fentes fines d'Young  $S_1$  et  $S_2$  de même largeur  $d$  et distantes de  $a$ . On observe dans le plan focal image de la lentille. Donnée:  $a = 0,6 \text{ mm}$

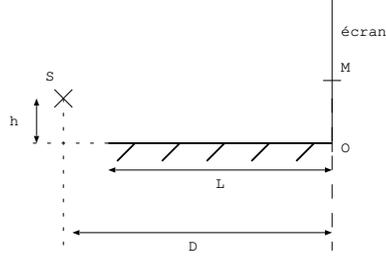


- Construire l'image de l'étoile sur l'écran et calculer la position  $x_i$  de l'image sur l'écran. Donnée:  $\epsilon = 2,75 \text{ mrad}$ .
- Construire les rayons lumineux qui interfèrent en  $M$  et exprimer la différence de marche  $\delta_{2/1}(M) = (SS_2M) - (SS_1M)$ . En déduire la position  $x_0$  de la frange centrale sur l'écran et l'expression de l'interfrange. Calculer l'ordre d'interférence en  $O$  et commenter le résultat.

Réponses: 1-  $x_i = -2,2 \text{ mm}$  2-  $\delta(M) = \frac{ax}{f'} + a\epsilon$ .

## V. Miroir de Lloyd

On dispose d'une source  $S$  monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ , d'un miroir plan de longueur  $L$  et d'un écran d'observation. La source est à une distance  $h$  du plan du miroir et l'écran est à une distance  $D$  de la source. On suppose que le coefficient de réflexion en énergie du miroir est égale à 1. Données:  $\lambda = 630 \text{ nm}$ ,  $h = 1 \text{ mm}$ ,  $D = 40 \text{ cm}$  et  $L = 30 \text{ cm}$ .



1. Construire les rayons qui interfèrent en  $M$  et montrer que ce dispositif se ramène un dispositif type trous d'Young : construire les sources secondaires et le champ d'interférences. Exprimer  $a = S_1 S_2$  et  $\Delta x$ : la hauteur du champ d'interférences sur l'écran.

2. Dédire de l'analogie avec les trous d'Young, l'expression de la différence de marche géométrique en  $M$ .

**La réflexion sur un miroir entraîne un déphasage de  $\pi$  de l'onde qui a subi cette réflexion. La différence de marche en  $M$  est donc égale à la différence de marche géométrique ajoutée de  $\lambda/2$ .**

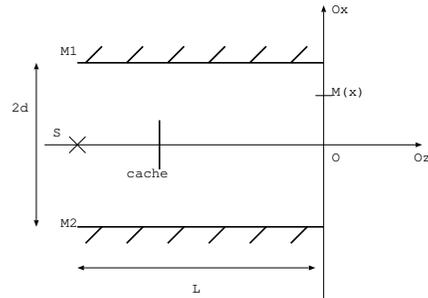
Calculer le nombre de franges brillantes visibles dans le champ d'interférences.

3. On suppose ici que le coefficient de réflexion en intensité du miroir est de 30 %. Les rayons qui interfèrent n'ont donc pas la même intensité. Calculer le contraste des franges.

Réponses: 1-  $a = 2 \text{ mm}$ ,  $\Delta x = 3 \text{ mm}$  2- 24 franges brillantes 3-  $c = 0,84$

## VI. Deux miroirs parallèles

Une source  $S$  monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  éclaire deux miroirs plans parallèles entre eux et distants de  $2h$ . La source n'est pas sur l'axe de symétrie des miroirs. Un cache est placé entre la source et l'écran afin d'empêcher la source d'éclairer directement l'écran placé perpendiculairement aux miroirs à la distance  $L$  de la source. Données :  $\lambda = 700 \text{ nm}$ ,  $d = 0,8 \text{ mm}$ ,  $L = 1 \text{ m}$ .



1. Construire les deux rayons qui interfèrent en  $M$  et montrer que ce dispositif se ramène un dispositif type trous d'Young : identifier les sources secondaires  $S_1$  et  $S_2$ , préciser la forme des franges, exprimer l'interfrange et le nombre de franges brillantes visibles sur l'écran.

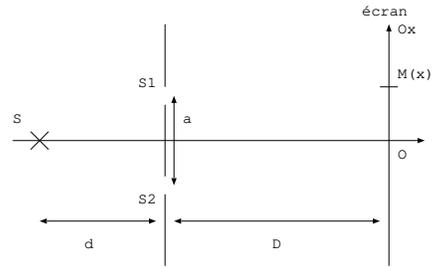
2. On note  $I_0$  l'intensité émise par la source. Exprimer l'intensité en  $M$  dans le cas où la réflexion sur le miroir ne s'accompagne d'aucune perte d'énergie alors que le miroir du bas ne réfléchit que 60 % de l'énergie incidente. Commenter.

3. On note  $I_0$  l'intensité émise par la source. Les deux miroirs ont un coefficient de réflexion en énergie de 1. La source contient deux longueurs d'onde  $\lambda$  et  $\lambda' = 640 \text{ nm}$ . Calculer l'intensité en  $M(x)$  en fonction de  $I_0$  pour  $x = d$ .

Réponses : 1- 7 franges brillantes et  $i = 0,22 \text{ mm}$  2- contraste  $C = 0,97$

## VII. Déplacement des franges

Dans les trois questions, le dispositif étudié est le dispositif d'Young avec les notations données sur le schéma.



1. On introduit une lame d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$  derrière une des fentes d'Young. On observe les franges défilent vers le bas, au point  $O$  ont défilé 43 franges et  $O$  se trouve sur une frange sombre. En déduire la fente derrière laquelle on a mis la lame. Calculer l'épaisseur  $e$  de la lame. Données:  $\lambda = 540 \text{ nm}$ ,  $n = 1,6$ .

2. On place une lame d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$  derrière  $S_1$ . On observe défilent en  $O$ , 22 franges brillantes et  $O$  se trouve sur une frange sombre. Préciser le sens de déplacement des franges et calculer  $n$ . Données:  $e = 20 \mu\text{m}$ ,  $\lambda = 632 \text{ nm}$ .

3. Dans le dispositif des fentes d'Young, la source principale  $S$  est translaté d'une distance  $h$  vers le haut. Calculer la position de la nouvelle frange centrale et le nombre de franges brillantes qui ont défilé au point  $O$ . Données:  $\lambda = 540 \text{ nm}$ ,  $D = 1,0 \text{ m}$ ,  $d = 20 \text{ cm}$ ,  $a = 170 \mu\text{m}$  et  $h = 1,1 \text{ cm}$ .

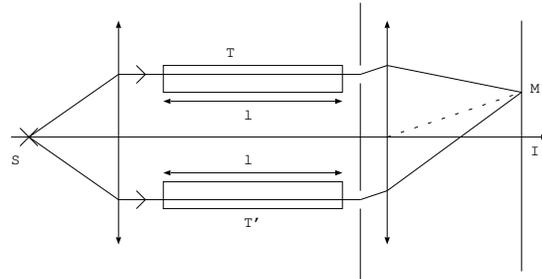
Réponse: 1-  $e = 39 \mu\text{m}$  2-  $n = 1,72$  3-  $x = -5,5 \text{ cm}$  et 17 franges brillantes

## VIII. Interféromètre de Rayleigh

L'interféromètre de Rayleigh est un dérivé du dispositif d'Young. Lorsque les tubes  $T$  et  $T'$  sont remplis d'air dans les conditions normales, le montage est symétrique et l'on observe une frange brillante au centre  $I$  de l'écran.

La source  $S$  émet la radiation  $\lambda = 577 \text{ nm}$ , la longueur commune des tubes est  $l = 0,2 \text{ m}$ .

$T'$  étant toujours rempli d'air, on fait progressivement le vide dans  $T$ .



1. Dans quel sens défilent les franges en  $I$  ?

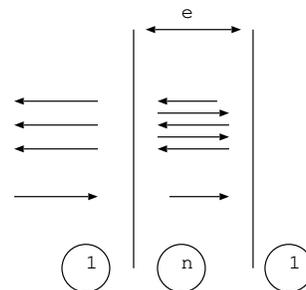
2. Pendant le pompage, 101 franges brillantes défilent en  $I$  et, lorsque la pression dans  $T$  est quasi- nulle, on observe en  $I$  une frange sombre. En déduire l'indice de l'air dans les conditions normales.

Réponse:  $n - 1 = 2,9 \cdot 10^{-4}$

## IX. Bulle de savon

Les longueurs d'onde extrêmes du spectre visible sont  $400 \text{ nm}$  et  $800 \text{ nm}$ . A quelles couleurs correspondent-elles ?

Un film de savon peut localement être considéré comme une lame à faces parallèles constituée d'eau d'indice  $n = 1,33$ . Ce film est éclairé sous incidence quasi-normale par une source lumière blanche. La lumière subit de multiples réflexions à l'intérieur du film. Envisager un film d'épaisseur  $e = 2 \mu\text{m}$  et calculer les longueurs d'onde pour lesquelles on peut observer des interférences constructives en réflexion sur le film (aide : exprimer la différence de marche entre deux rayons réfléchis consécutifs).



Réponses : on trouve 7 longueurs d'onde possibles, les plus petite et plus grande longueurs d'onde sont  $\lambda = 760 \text{ nm}$  et  $\lambda = 409 \text{ nm}$