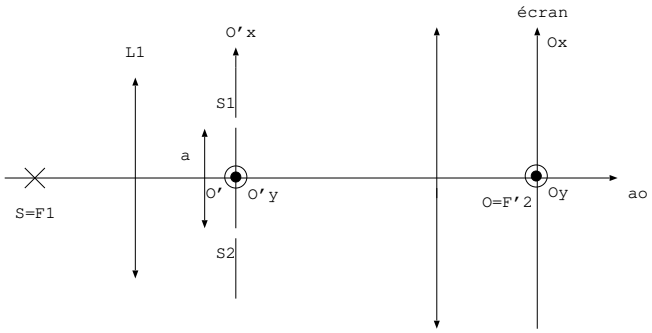
DS 3 de physique

Le sujet comprend deux problèmes indépendants à traiter dans l'ordre de votre choix. Il est demandé de justifier tous les résultats, d'encadrer les résultats et de numéroter vos pages au format i/N où i est le numéro de la page et N le nombre de pages.

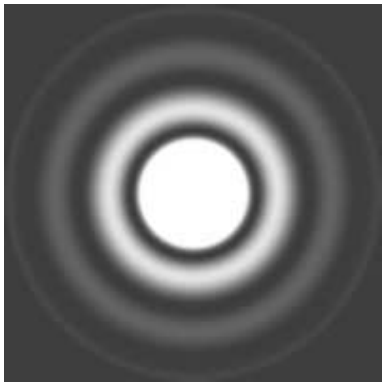
Détacher la feuille d'annexe et la rendre avec votre copie.

I. **Dispositif de Fraunhofer**

La source principale S de longueur d'onde λ se situe au foyer objet de la lentille L_1. L'écran est dans le plan focal image de la lentille L_2. Entre les lentilles L_1 et L_2, on dispose deux ouvertures identiques centrées en S_1 et S_2 avec $a = S_1S_2$. Données : $\lambda = 632\ nm$, $f'_1 = 40\ cm$ et $f'_2 = 50\ cm$.



1. Dans cette question uniquement, l'ouverture S_2 est bouchée. On donne la photo de l'écran. Déduire de la photo, la forme et la taille d'une ouverture et préciser l'abscisse du point au centre de la photo.



2. Expliquer les phénomènes physiques qui se produisent en présence des deux ouvertures et représenter sur votre copie l'allure de ce que l'on voit sur l'écran (sans vous occuper ni du nombre de franges, ni de l'échelle).

3. Sur l'annexe 1, construire les deux rayons issus de S qui interfèrent en M. En déduire la différence de marche $\delta_{2/1}(M) = (SS_2M) - (SS_1M)$.

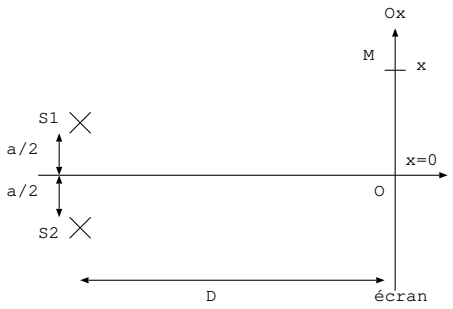
4. Pour $a = 260\ \mu m$, calculer le nombre de franges brillantes visibles dans la tache centrale de diffraction.

5. On ajoute derrière S_1 une lame d'indice $n = 1,56$ et d'épaisseur $e = 16\ \mu m$. Prévoir le sens de déplacement des franges et calculer le nombre de franges brillantes qui ont défilé au point O.

II. **Dispositifs analogues aux trous d'Young**

Etude du dispositif des trous d'Young

1. On considère le dispositif d'Young comprenant deux sources secondaires S_1 et S_2, distants de a. Un point M sur l'écran est repéré par son abscisse x. L'écran est placé à une distance D des sources secondaires, D est très grande devant a et devant x.



1.a. Les ondes issues de S_1 et S_2 sont cohérentes. Rappeler les hypothèses nécessaires pour cela.

1.b. Exprimer la distance S_1M en fonction de D, x et a et déduire d'un développement limité que $S_1M \approx D + \dfrac{(x - a/2)^2}{2D}$. On rappelle que $(1+\epsilon)^n \approx 1 + n\epsilon$.

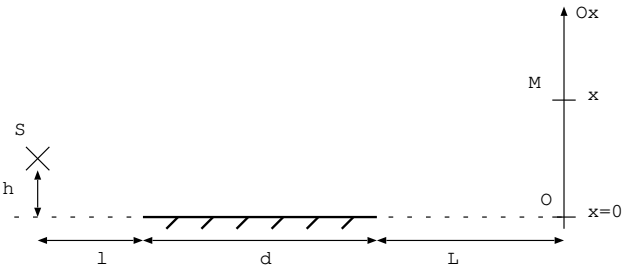
1.c. Donner de la même façon, sans développer les calculs, une expression approchée de la distance S_2M. En déduire la différence de marche $\delta_{2/1}(M)$ en fonction de a, x et D.

1.d. Déduire de l'expression de la différence de marche, la forme des franges d'interférences.

1.e. Définir la notion d'interfrange et démontrer que l'interfrange s'écrit $i = \dfrac{\lambda D}{a}$.

Etude du miroir de Lloyd

2. On étudie le dispositif appelé miroir de Lloyd. Il est composé d'une source S monochromatique de longueur d'onde λ et d'un miroir plan de longueur d. On note h et l, les distances permettant de repérer la position de S par rapport au miroir, ces distances sont définies sur le schéma ci-contre. On observe les interférences sur un écran placé à une distance L du miroir. Les interférences sont liées à la rencontre du rayon direct issu de S et du rayon issu de S ayant subi une réflexion sur le miroir. Un point M sur l'écran est repéré par son abscisse x.



Données: $h = 0,5\ mm$, $d = 4\ cm$, $L = 1\ m$, $l = 2\ cm$ et $\lambda = 589\ nm$.

2.a. Reproduire le schéma et construire le champ du miroir, ce champ constitue aussi le champ d'interférence. Déduire d'un raisonnement géométrique, les valeurs x_1 et $x_2 > x_1$ qui délimitent le champ d'interférence à l'écran.

On admet pour la suite que $x_1 = 8,3\ mm$ et $x_2 = 2,6\ cm$.

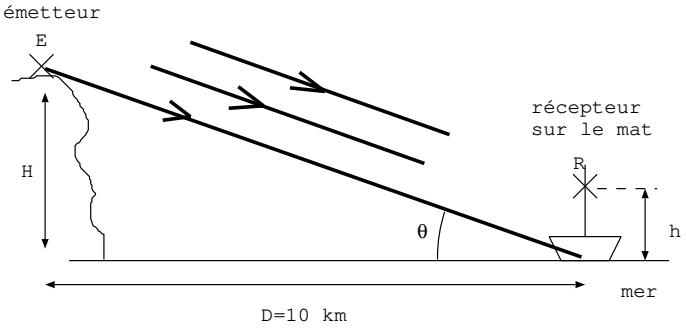
2.b. Reproduire le schéma et construire en un point M du champ d'interférence les deux rayons qui interfèrent en M. Montrer que ce dispositif est analogue au dispositif des trous d'Young en précisant la distance a entre les trous et la distance D entre les trous et l'écran en fonction des données. En déduire l'expression de $\delta_{geo}(M)$ de la différence de marche géométrique en M.

La réflexion de l'onde sur le miroir provoque un déphasage de π qui a pour conséquence que la différence de marche optique en M s'écrit $\delta(M) = \delta_{geo}(M) + \dfrac{\lambda}{2}$.

2.c. Exprimer l'ordre d'interférences et calculer le nombre de franges brillantes visibles à l'écran.

2.d. Le miroir n'est pas parfait, il a un coefficient de réflexion en intensité de 60 %. Définir la notion de contraste. On note I_0 l'intensité de la source S. Exprimer, en fonction de I_0, l'intensité des franges brillantes et l'intensité des franges sombres. En déduire la valeur numérique du contraste et conclure.

3. Un bateau en mer à 10 km de la côte veut capter une émission radio FM de fréquence $f = 100\ MHz$. L'émetteur se situe sur une colline sur la côte à une altitude $H = 700\ m$, il émet un faisceau parallèle faisant un angle θ par rapport à la surface de la mer. Le récepteur se situe sur le mât du bateau à une hauteur h au dessus de l'eau. Ce système s'identifie au miroir de Lloyd car la surface de la mer se comporte comme un miroir plan. Le récepteur reçoit donc deux ondes issues de l'émetteur, l'onde directe et l'onde réfléchie sur la mer.



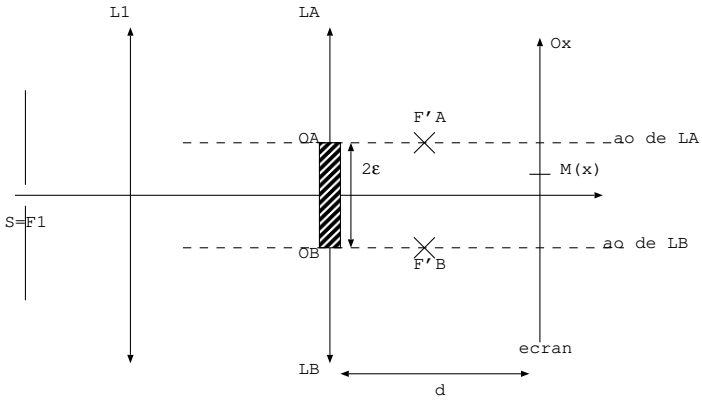
3.a. Calculer les valeurs numériques de θ et de λ, la longueur d'onde des ondes émises par l'émetteur. Donnée: vitesse de la lumière $c = 3,0.10^8\ m.s^{-1}$.

3.b. Faire un schéma sur votre copie comportant les deux rayons appartenant au faisceau parallèle qui interfèrent en R. On pourra pour cela utiliser un point R' judicieusement choisi. Montrer que la différence de marche géométrique entre les deux rayons est $\delta_{geo}(R) = (ER)_2 - (ER)_1 = 2h\sin\theta$. Penser à utiliser un rayon rectiligne équivalent au rayon réfléchi comme cela a été fait dans la question 2.

3.c. Calculer l'ordre d'interférences en R pour $h = 12\ m$ et $h = 20\ m$. Commenter ces résultats en précisant la qualité de la réception de l'émission radio pour ces deux hauteurs h.

Etude des bilentilles de Billet

4. Une fente source S fine, monochromatique ($\lambda = 577,0\ nm$) est placée dans le plan focal d'une lentille convergente. Un peu plus loin sont placées les deux moitiés d'une lentille convergente L de focale image $f' = 25\ cm$. Cette lentille a été sciée en deux suivant un diamètre. Les deux moitiés sont écartées symétriquement par rapport à l'axe optique d'une distance $2\epsilon = 2\ mm$. L'intervalle ainsi créé entre les demi-lentilles est obturé par un cache opaque. Le déplacement des demi-lentilles, fait que chaque demi-lentille a un axe optique différent et des foyers différents.



4.a. Compléter le schéma en annexe 1 en construisant le trajet de plusieurs rayons issus de S. En déduire que ce dispositif est analogue aux trous d'Young vu question 1. Identifier les sources secondaires S_1 et S_2 et le champ d'interférences. Donner la valeur numérique Δx du champ d'interférences.

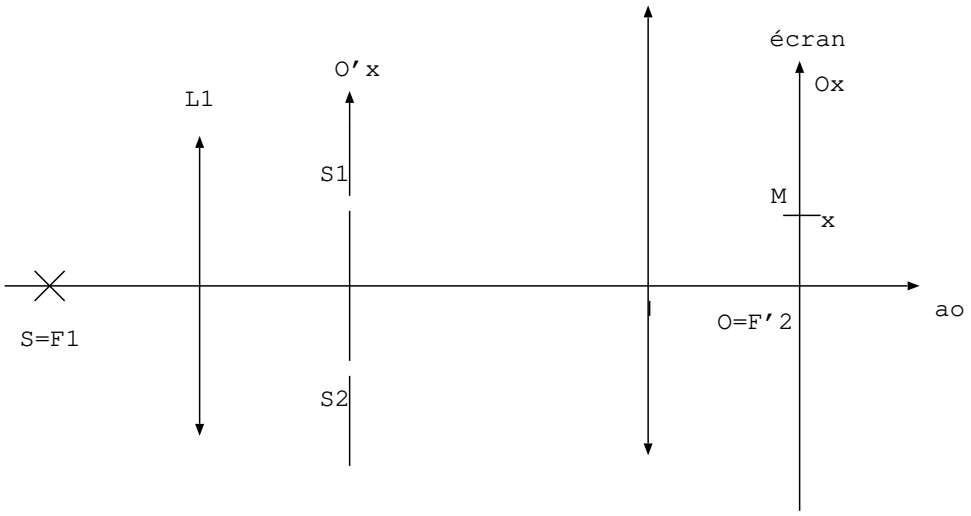
4.b. Utiliser l'analogie pour donner les valeurs numériques de l'interfrange et du nombre de franges brillantes visibles à l'écran. Donnée: $d = 1\ m$, la distance entre les demi-lentilles et l'écran.

4.c. En annexe 2, choisir un point M sur l'écran dans le champ d'interférences et construire les deux rayons issus de S qui interfèrent en M.

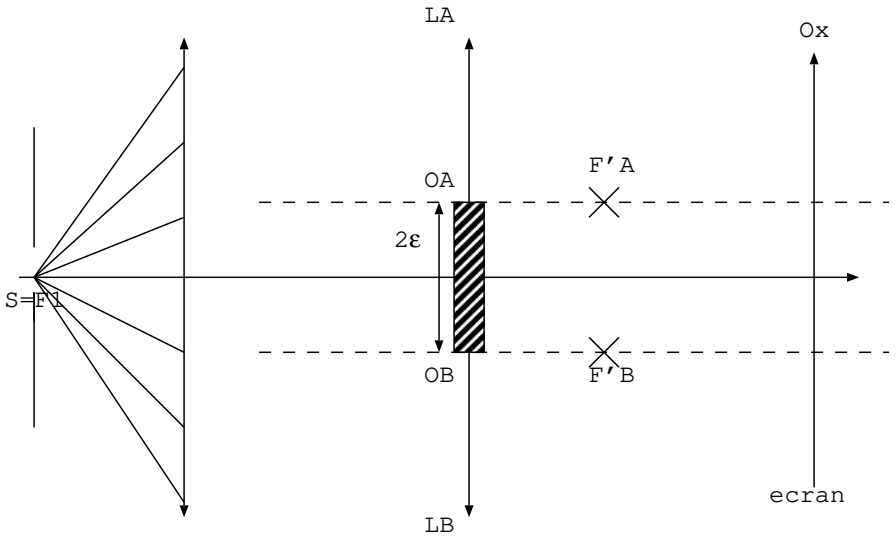
4.d. On décale la source S d'une distance $h = 1\ cm$ au dessus du foyer objet de la première lentille. En annexe 3, construire le trajet de plusieurs rayons issus de S et en déduire la largeur du champ d'interférences et la position de la frange centrale. L'interfrange est-il modifié lors de ce déplacement ? Donnée: $f'_1 = 20\ cm$.

NOM:

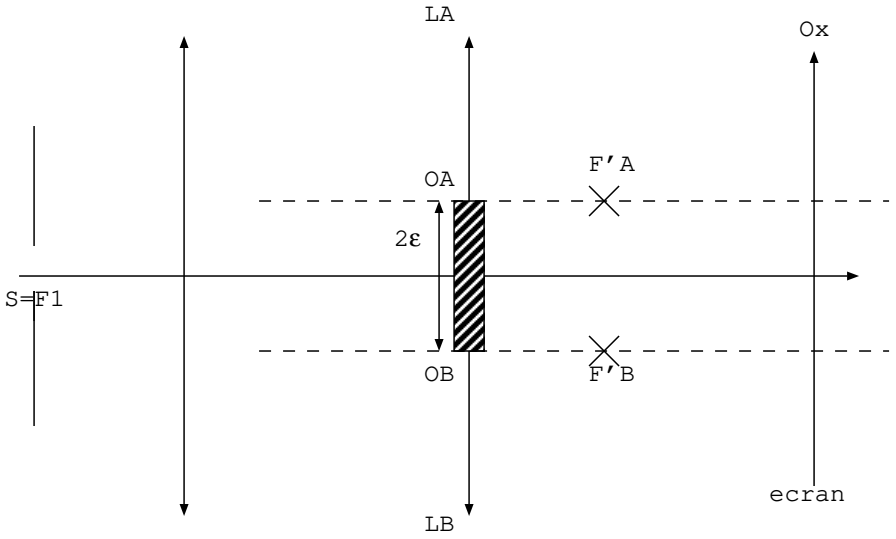
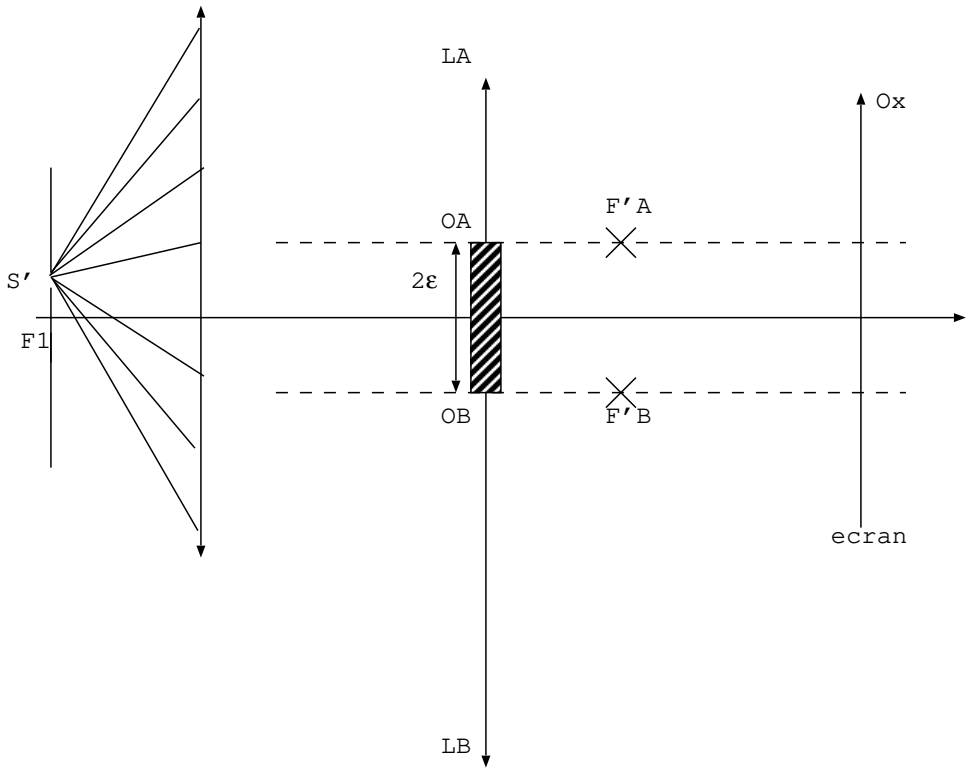
Annexe 1 :



Annexe 2:



Annexe 3:



Annexe 4: