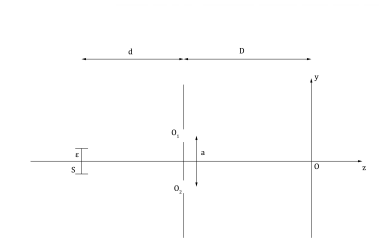
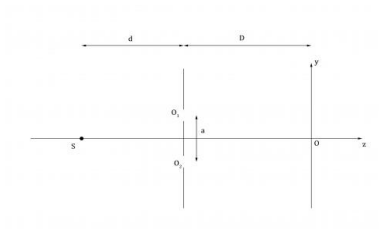
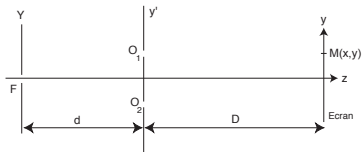


# Optique

exercices - CCINP

Soit le dispositif des trous d'Young ci-dessous, où  $a = O_1O_2$ .

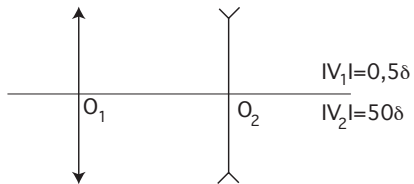
1. On considère F ponctuelle.
  - 1.1 Qu'observe-t-on sur l'écran ?
  - 1.2 Déterminer l'intensité  $I$  en un point M de l'écran voisin de l'axe Oz sachant que  $D \gg a$ .
2. F est maintenant de largeur  $\epsilon$ . On considère F comme une multitude de sources ponctuelles de largeur  $dY$ , incohérentes et d'intensité uniforme.
  - 2.1 Déterminer l'éclairement sur l'écran.
  - 2.2 Quelle est la première valeur de  $\epsilon$  pour laquelle on a un brouillage ?





On considère la figure ci-dessous.

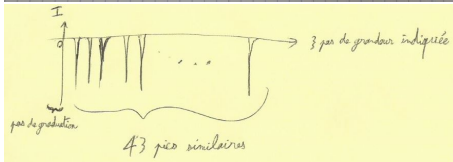
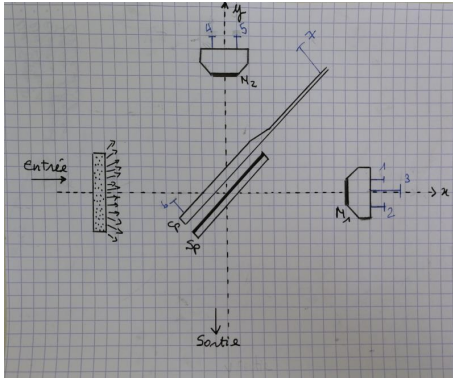
1. Comment avoir un système afocal ?
2. Taille et position de l'image de  $L_1$  par  $L_2$  ?
3. Tracer le trajet de deux rayons arrivant sur le système inclinés d'un angle  $\alpha$  sur l'axe optique. Calculer le grossissement  $G$ .





1. Rappeler l'utilité des différentes vis d'un Michelson, le fonctionnement en lame d'air et en coin d'air.
2. Quel est le rôle de la compensatrice ? Rappeler les deux types de montages possibles.
3. Sur l'un des bras du Michelson, on met une cuve à vide (longueur  $l = 5.00 \pm 0.05$  cm), on le règle par ailleurs en lame d'air. On introduit de l'air de la pression nulle jusqu'à la pression ambiante dans la cuve. La cuve est éclairée par un laser ( $\lambda_0 = 638.6 \pm 0.1$  nm). En un point de l'écran où se succèdent franges brillantes et sombres, on enregistre l'intensité :
  - 3.1 Exprimer  $n$ , l'indice optique de l'air dans la cuve, en fonction de  $N = 43$ , le nombre de pics passés, sous la forme :
$$n(N) = 1 + \frac{\lambda_0}{l} f(N)$$
Expliciter  $f$ .
  - 3.2 En déduire l'indice optique de l'air ambiant
  - 3.3 Quelles sont les sources d'incertitudes sur la valeur obtenue ? Exprimer l'incertitude sur  $n$ .







On a une "pupille" de trous de Young, séparés de  $a=2\text{ mm}$ . Une source monochromatique ponctuelle est placée sur l'axe optique. Une lentille de distance focale  $f'=25\text{ cm}$  est placée en aval de la "pupille", et un écran dans le plan (Oxy) à une distance  $f'$  de la lentille.

1. Décrire les franges d'interférence sur l'écran, sans calcul.
2. Calculer la différence de marche en un point M d'ordonnée  $x$  sur l'écran.
3. On remplace la source par une source large perpendiculaire à l'axe optique. Expliciter l'intensité et le contraste.
4. Retrouver les données précédentes en considérant l'ordre d'interférence.



On considère un Michelson en lame d'air d'épaisseur  $d$  éclairé par une source monochromatique. On utilise une lentille de projection et un écran.

1. Effectuer un schéma du Michelson et expliquer ce que l'on peut régler expérimentalement.
2. Effectuer le tracé réel de deux rayons interférant en un point  $M$  de l'écran.
3. Calculer la différence de marche entre ces deux rayons.
4. Quelle est la figure d'interférence ?
5. On suppose que l'ordre d'interférence au centre est un entier. Quelle est la distance de l'axe optique au premier anneau sombre ?
6. On insère une lame d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$  parallèlement à un des deux miroirs. On observe que 18 franges ont défilé au centre. Donner une expression de  $e$ .
7. On utilise une nouvelle source possédant deux longueurs d'ondes différentes très proches. On note  $E_0$  l'éclairement maximal. Donner une expression de l'éclairement  $E$  sur l'écran.



Une lunette astronomique est composée de deux lentilles convergentes : l'objectif de distance focale  $f'_1$  et de centre  $O_1$  et l'oculaire de distance focale  $f'_2$  et de centre  $O_2$ . On donne la relation de conjugaison  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$  et de grandissement

$\gamma = \frac{\alpha'}{\alpha}$ . Mars a un diamètre de 6000 km et la distance Terre-Mars varie de 60 millions de km à 400 millions de km.

1. Calculez la taille angulaire de Mars au point le plus éloigné de la Terre.
2. La lunette astronomique est un système de vergence nulle. Comment doivent être placés l'objectif et l'oculaire l'un par rapport à l'autre ? Faire un schéma du système.
3. Tracez le trajet d'un rayon lumineux arrivant parallèlement à l'axe optique et traversant le système optique.
4. Un rayon arrive de l'infini avec un angle  $\alpha$  avec l'axe optique. Tracez le trajet du rayon à travers le système.
5. Calculez la taille de l'image par la première lentille d'un objet lointain.
6. Calculez le grossissement angulaire du système.



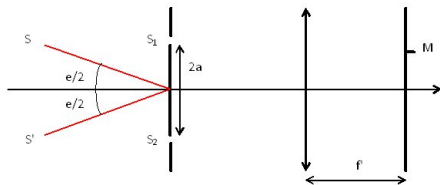


Montage : deux fentes d'Young séparées d'une distance  $a$ , puis une lentille convergente de focale  $f'$  telle que  $f' \gg a$ .

On éclaire avec une source monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ .

On place un écran dans le plan focal image et on lui associe un repère cartésien. On étudie un point M de coordonnées  $(0, y, 0)$  sur  $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ .

1. Quel phénomène cette expérience permet-elle d'illustrer ?
2.
  - 2.1 Déterminer la différence de marche.
  - 2.2 Établir l'expression de l'éclairement  $E$  au point M.
  - 2.3 Tracer la courbe de l'éclairement en fonction de la valeur de  $y$ .
3. On imagine la situation suivante, deux étoiles  $S_1$  et  $S_2$  identiques sont situées à l'infini. Il existe un écart angulaire noté  $\epsilon$  entre  $S_1$  et  $S_2$ .
  - 3.1 Calculer  $E_{\max}$  et  $E_{\min}$ .
  - 3.2 Quel paramètre permet de modifier  $E_{\max}$  et  $E_{\min}$  ?
  - 3.3 Trouver une méthode pour déterminer  $\epsilon$ .





On considère un objet AB tel que  $AB = 1 \text{ cm}$  situé à 10 cm devant une lentille convergente de distance focale 5 cm.

1. Déterminer la nature, le sens, la grandeur, la distance, le grandissement de l'image créée.
2. Retrouver ces informations par un dessin.
3. Tracer un rayon d'angle quelconque.
4. Si on rapproche l'objet d'1 cm vers la lentille, que se passe-t-il ?
5. Reprendre les questions 1 et 2 pour un objet situé à 3 cm devant la lentille, puis 10 cm après la lentille.

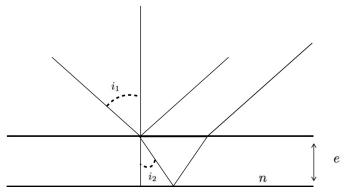
On donne la relation de conjugaison  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$



1. Pourquoi observe-t-on des interférences ?
2. Quel autre dispositif nous permet de voir le même type d'interférence ?
3. Calculer la différence de marche.
4. Quel est l'ordre maximum visible, et donner le rayon des anneaux.

écran

$\longleftrightarrow \mathcal{L}$







On modélise un microscope par la succession de deux lentilles convergentes,  $L_1$   $L_2$ , caractérisées par  $f'_1=5\text{mm}$ ,  $f'_2=3\text{mm}$ .

La distance entre  $F'_1$  et  $F_2$  est de  $\delta=16\text{ cm}$ . Un objet  $AB$  avec  $A$  sur l'axe optique de hauteur  $0.1\text{ mm}$  est situé à gauche de  $L_1$ .

$A_1B_1$  est son image à travers  $L_1$  et  $A'B'$  l'image de  $A_1B_1$  à travers  $L_2$

(Les formules de conjugaison de Descartes  $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ ,

Newton  $\overline{F'A'} \cdot \overline{FA} = f \cdot f'$ , et formule de grandissement transversal

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$  sont rappelées )

1. Où doit se trouver l'image  $A'B'$  pour qu'il n'y ait pas besoin d'accommoder ?
2. En déduire où est  $A_1$  et calculer  $F_1A_1$
3. Tracer le schéma expliquant comment on obtient  $AB$
4.
  - 4.1 Calculer le grandissement 1 transversal lié à  $L_1$
  - 4.2 Calculer l'angle  $\alpha'$  sous lequel est vu l'objet
  - 4.3 Calculer l'angle  $\alpha$  sous lequel est vu l'objet s'il n'y avait pas le microscope (en plaçant l'œil à  $25\text{ cm}$  de l'objet).
  - 4.4 En déduire le grossissement  $\left| \frac{\alpha'}{\alpha} \right|$  du microscope.



Fentes d'Young  $O_1$  et  $O_2$  séparées d'une distance  $a$ , chacune à une distance  $a/2$  de l'axe optique. Point  $M(x,0,0)$  situé dans le plan focal image. Lentille convergente entre les fentes et le plan focal image. Longueur d'onde du faisceau arrivant sur les fentes de 500 nm et d'intensité  $I_0$ .

1.
  - 1.1 Tracer deux rayons sortant de  $O_1$  et  $O_2$  et arrivant en  $M$ .
  - 1.2 Calculer la différence de marche.
  - 1.3 Donner l'intensité lumineuse en fonction des données du problème.
  - 1.4 Définir l'interfrange et donner son expression. Dessiner l'intensité.
  - 1.5 Définir le contraste. Quelle est sa valeur?
2. On met une cuve d'épaisseur  $e$  devant  $O_2$  contenant un gaz d'indice  $n$ 
  - 2.1 Calculer la différence de marche.
  - 2.2 Donner l'expression de l'intensité lumineuse.
  - 2.3 Exprimer le contraste.

3. On suppose désormais que  $n$  dépend de  $\lambda$ . On donne  $n(\lambda)=n_0+C/\lambda^2$ , avec  $C$  et  $n_0$  des constantes.
- 3.1 Montrer que l'ordre d'interférence est une fonction de  $y$  et  $\lambda$   
 $p(y,\lambda)$
  - 3.2 Donner les longueurs d'onde limites du visible  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ .
  - 3.3 Trouver à l'aide de  $p(y=0,\lambda_1)$  et  $p(y=0,\lambda_2)$  la forme des franges.



Un écran est disposé à une distance  $D$  d'une source ponctuelle, au sol se trouve un miroir de longueur  $L$  à une distance  $l$  de l'écran, on s'intéresse à un point  $M$  sur l'écran.

1. Montrer que ce montage est équivalent à celui des trous d'Young
2. Déterminer la différence de marche et l'intensité en  $M$
3. On décale la source d'une hauteur  $dh$  et on mesure  $i' = 1,5 \times i$  exprimer la longueur d'onde de la source en fonction des données du problème et décrivez les nouvelles inter-franges
4. On remplace la source ponctuelle par une fente, que se passe-t-il ?



On souhaite projeter un film sur un écran (E). On utilise une lentille convergente (L) de foyer objet F, de foyer image F' et de distance focale  $f'$ . La pellicule, modélisée par un objet AB perpendiculaire à l'axe optique, est située à une distance  $d > f'$  du centre O de la lentille. La distance entre la pellicule et l'écran est notée D.

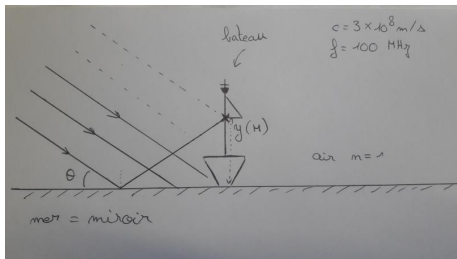
1. Construire l'image de l'objet AB sur l'écran par la lentille (L) en traçant trois rayons.
2. Montrer que la distance d existe si et seulement si  $f'$  et D vérifient une relation que l'on donnera.
3. Exprimer le grandissement transversal  $G_t$  de la lentille (L) en fonction de D et  $f'$
4. Quel grandissement  $G_t$  choisir pour obtenir une projection convenable de la pellicule sur l'écran ? En déduire la valeur de d.





Un bateau se situe à 10 km de la côte. Il reçoit sur un récepteur un faisceau d'ondes parallèles arrivant avec un angle  $\theta$  au niveau de la mer. On donne  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ,  $f=100 \text{ MHz}$ ,  $n_{\text{air}}=1$ . Lorsque la mer est calme, on considère l'interface comme un miroir parfait.

1. Quel phénomène physique apparaît en M ? Expliquer.
2. Montrer que l'on peut faire une analogie avec des trous d'Young, déterminer les positions des 2 sources S et S'.
3. Calculer la différence de marche  $\Delta L(M)$ , que l'on mettra sous la forme  $\Delta L(M)=f(y)\sin\theta$ , expliciter  $f(y)$ .
4. Lors de la réflexion sur la mer, on observe un déphasage de  $+\pi$ , calculer la différence de phase.
5. Soit  $I_0$ , l'intensité de la source déterminer l'intensité en M.
6. Calculer l'interfrange en fonction de  $\lambda$  et  $\theta$ .
7. Calculer l'interfrange pour les 2 positions de l'émetteur :
  - ▶ Premier cas : colline à 700 m (hauteur),
  - ▶ Second cas: immeuble à 10 m (hauteur).
8. Quel cas semble plus favorable à la réception ?

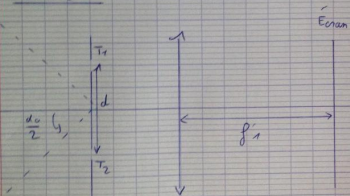




On considère le système interférentiel suivant dans lequel on ajoute un filtre pour conserver seulement la longueur d'onde  $\lambda=0,50 \mu\text{m}$ . La lentille a une distance focal  $f'_1$ .

1. Quel est l'ordre d'interférence en un point d'abscisse  $x$  sur l'écran d'un point d'une étoile arrivant sur le dispositif avec un angle  $\alpha$  ?
2. Quelle est la différence d'ordre d'interférence lorsque  $\alpha$  varie entre 0 et  $\alpha_0/2$  ?
3. On augmente  $d$  pour avoir un brouillage de la figure d'interférence. Quelle est la plus petite distance  $d_1$  pour avoir un brouillage de la figure d'interférence ? Que vaut  $\alpha_0$  si l'on a  $d_1=1,6 \text{ km}$  ?

## Exercice 2





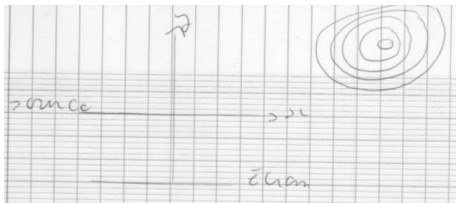
On considère un réseau constitué de  $N$  fentes, espacées les unes des autres d'une distance  $a$ . On envoie sur ce réseau un faisceau lumineux constitué de rayons tous parallèles entre eux, monochromatiques de même longueur d'onde  $\lambda$ . Chaque rayon forme un angle d'incidence  $i_0$  avec le réseau et ressort avec un angle  $i_p$ .

1. Établir la relation liant  $i_0$ ,  $i_p$ ,  $a$ ,  $\lambda$  et  $p$  l'ordre du spectre ?
2. On considère maintenant que le faisceau est constitué de deux longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ . On considère le spectre normal de ces rayons, c'est-à-dire le cas  $i_p=0$ . On place une lentille de distance focale  $f$  après le réseau, ainsi qu'un écran (E) après cette lentille.
  - 2.1 En quels points de l'écran observe-t-on les raies dues à  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  ?
  - 2.2 Quelle est la distance que sépare ces raies ?
  - 2.3 À quelle conditions les raies correspondant aux 2 longueurs d'onde sont-elles séparées ?





1. Donner les éléments constituant un interféromètre de Michelson et compléter le schéma ci-dessus.
2.
  - 2.1 Donner la configuration de l'interféromètre pour observer le type d'interférences représentées sur le schéma.
  - 2.2 Tracer la marche d'un rayon faisant un angle  $i$  avec l'axe  $x$
  - 2.3 Donner l'expression de  $i_3$ , l'angle sous lequel on voit le 3ème cercle, sachant qu'au centre du champ d'interférences, l'ordre d'interférences est un entier.
3. Application numérique avec  $\lambda=540$  nm et  $e=5,4$  mm. Donner  $p_0$  et  $i_3$





On étudie une lame de verre d'épaisseur  $e$  sur laquelle on envoie un rayon lumineux d'incidence normale et d'intensité  $I_0 = a^2$ .

1. Expliquer pourquoi il y a des interférences.
2. La figure d'interférence est-elle localisée, si oui où ?
3. Calculer la différence de marche et l'intensité au sein du champ d'interférence. Commenter la forme des interférences.
4. On prend  $e = 20 \mu\text{m}$  et on éclaire la lame avec de la lumière blanche Combien de longueurs d'onde sont-elles éteintes ?

