

## Vers l'optique ondulatoire

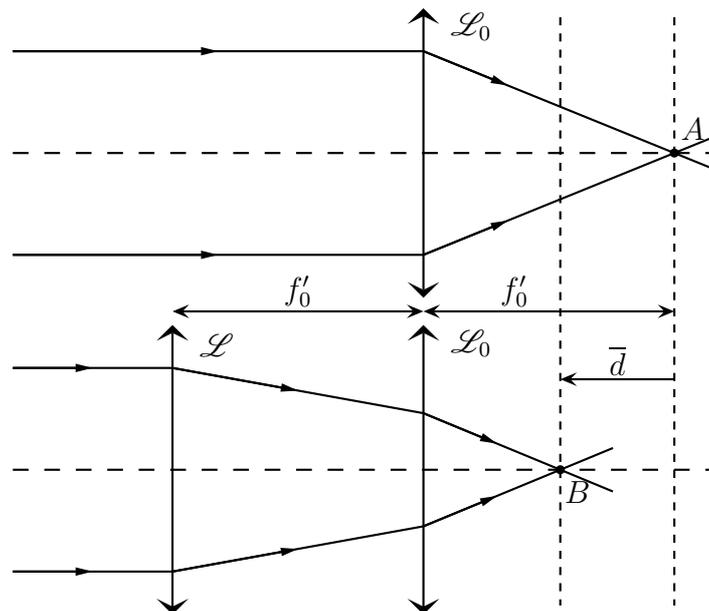
### Exercice 1 AMATEUR DE POISSON

- Un observateur se situant à 20 cm de la paroi d'un aquarium de salon observe un poisson réellement situé à 1,00 m droit devant lui.  
À quelle distance l'animal semble-t-il être pour l'observateur ?
- Ce même amateur de poisson visite un parc aquatique où les aquariums ont un épaisseur de verre de 60 cm . Toujours situé à 20 cm devant la vitre, il observe un squalo réellement à 1,00 m devant lui.  
À quelle distance le poisson semble-t-il être pour l'observateur ?

*Données :* les indices de l'air, de l'eau et du verre sont respectivement de  $n_{\text{air}} = 1,00$  ;  $n_{\text{eau}} = 1,33$  et  $n_{\text{verre}} = 1,50$ .

### Exercice 2 FOCOMÉTRIE : MÉTHODE DE BADAL

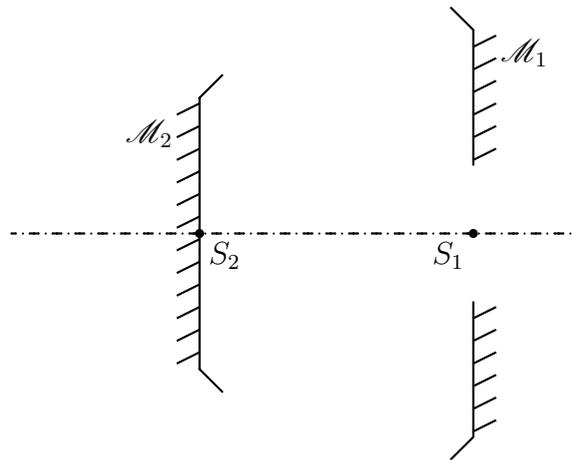
On cherche à déterminer la distance focale  $f'$  d'une lentille  $\mathcal{L}$  inconnue à l'aide d'une lentille  $\mathcal{L}_0$  de distance focale  $f'_0$  connue. On repère tout d'abord l'image  $A$  que donne  $\mathcal{L}_0$  d'un objet à l'infini. On positionne ensuite  $\mathcal{L}$  dans le plan focal objet de de  $\mathcal{L}_0$ . On repère alors l'image  $B$  donnée par l'ensemble  $\{ \mathcal{L} + \mathcal{L}_0 \}$  et on note  $\bar{d} = \overline{AB}$ .



- Montrer que la distance focale  $f'$  peut s'exprimer en fonction de  $\bar{d}$  et de  $f'_0$ .
- Y a-t-il des conditions à respecter sur  $f'$  et  $f'_0$  pour pouvoir réaliser expérimentalement cette méthode ?

### Exercice 3 TÉLESCOPE

Un miroir concave  $\mathcal{M}_1$ , à bord circulaire, de sommet  $S_1$  et de distance focale  $|f_1| = 7,2$  m est percé d'une petite ouverture centrée sur l'axe de  $\mathcal{M}_1$  en  $S_1$ . Un miroir concave  $\mathcal{M}_2$  de sommet  $S_2$  de même axe que le précédent donne de l'image d'un astre fournie par  $\mathcal{M}_1$  une image agrandie trois fois ( $|\gamma_2| = 3,0$ ) située dans le plan de front de  $S_1$  (plan passant par  $S_1$  et perpendiculaire à l'axe).



1. Déterminer la position et distance focale  $f_2$  de  $\mathcal{M}_2$ .
2. Déterminer la position et le grandissement dans ce système d'un objet placé sur l'axe à 9,0 m en avant de  $S_2$ .
3. Quel peut être l'avantage ou l'inconvénient d'utiliser un miroir  $\mathcal{M}_2$  concave par rapport à un miroir convexe?

#### Exercice 4 VISEUR À FRONTALE FIXE

L'œil voit sans accommoder les objets situés à l'infini et en accommodant les objets situés à une distance supérieure à  $d_0 = 12,5$  cm, distance minimale de vision distincte.

Un viseur constitué d'un objectif  $\mathcal{L}_1$  (assimilable à une lentille mince convergente de distance focale  $f'_1 = 10$  cm et de diamètre  $d_1 = 3,0$  cm) et d'un oculaire  $\mathcal{L}_2$  (assimilable à une lentille mince convergente de distance focale  $f'_2 = 2,0$  cm).

Le viseur est réglé de façon à viser à  $d = 20$  cm de la face d'entrée de l'objectif (c'est-à-dire que l'œil regardant à travers le viseur voit nettement et sans accommoder les objets situés dans le plan de front situé à 20 cm devant  $\mathcal{L}_1$ ).

1. Déterminer numériquement la distance  $\ell$  entre  $\mathcal{L}_1$  et  $\mathcal{L}_2$ .
2. Déterminer numériquement la position et le diamètre du cercle oculaire, c'est-à-dire de l'image de l'objectif donnée par l'oculaire.
3. Soit  $AB$  un petit objet du plan de front situé à 20 cm en avant de  $\mathcal{L}_1$  et  $\alpha'$  l'angle sous lequel l'observateur voit  $AB$  à travers le viseur. Calculer le rapport  $P = \frac{\alpha'}{AB}$ .
4. Quelle région de l'espace objet l'observateur peut-il voir en accommodant à travers le viseur ?
  - (a) On supposera l'œil placé dans le plan focal image  $\mathcal{L}_2$ .
  - (b) On supposera l'œil placé contre la lentille  $\mathcal{L}_2$ .
5. Préciser le rôle du réticule dans le viseur.

#### Exercice 5 SYSTÈME CATADIOPTRIQUE

On considère le système constitué par une lentille mince convergente de distance focale  $f' = 1,5$  m et d'un miroir sphérique concave de rayon  $R = 1,0$  m de même axe optique.

Déterminer le miroir équivalent dans le cas où les deux systèmes sont accolés.

**Exercice 6 CORRECTION DE MYOPIE ET D'HYPERMÉTROPIE** 🔍

- Un œil myope a son punctum proximum à 12 cm et son punctum remotum à 1,2 m. Le centre optique de la lentille équivalente est à 15,2 mm de la rétine.  
Entre quelles limites la distance focale de cet œil varie-t-elle ?  
Déterminer la vergence de la lentille cornéenne qu'il faut lui adjoindre pour le permettre une bonne vision de loin.  
Où se situe alors le punctum proximum de l'œil corrigé ?
- Un œil hypermétrope a une distance focale image au repos de 15,1 mm. Le centre optique de la lentille équivalente est à 14,1 mm de la rétine.  
Déterminer la vergence de la lentille cornéenne qu'il faut lui adjoindre pour le permettre une bonne vision.

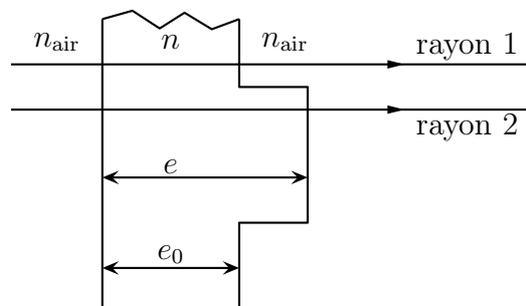
**Exercice 7 MICROSCOPE** 🔍

Un microscope est modélisé par deux lentilles minces convergentes de même axe optique. L'une  $\mathcal{L}_1$  (objectif) de distance focale image  $f'_1 = 5,0$  mm, l'autre  $\mathcal{L}_2$  (oculaire) de distance focale image  $f'_2 = 25$  mm. Le foyer image  $F'_1$  de l'objectif et le foyer objet  $F_2$  de l'oculaire sont écartés de  $\ell = 25$  cm.

- Un observateur, l'œil placé au foyer image de l'oculaire, étudie un petit objet  $AB$  disposé dans un plan de front, le point  $A$  étant situé sur l'axe optique.  
Où doit-être situé  $A$  pour que l'œil effectue l'observation sans accomoder ?  
Représenter la marche d'un pinceau lumineux étroit issu du point  $B$ .  
Calculer le grandissement angulaire  $G$ , rapport entre l'angle sous lequel est vu l'objet  $AB$  et l'angle sous lequel celui-ci serait vu à l'œil nu s'il était placé au punctum proximum d'un œil normal (donc situé à  $d_{pp} = 25$  cm).
- En accomodant, l'œil peut observer nettement un objet situé entre son punctum proximum et l'infini.  
De combien peut-on modifier la distance entre l'objectif et l'oculaire si l'on veut toujours pouvoir observer nettement l'objet  $AB$  à travers le microscope (latitude de mise au point) ?

**Exercice 8 DÉFAUT SUR UNE LAME DE VERRE**

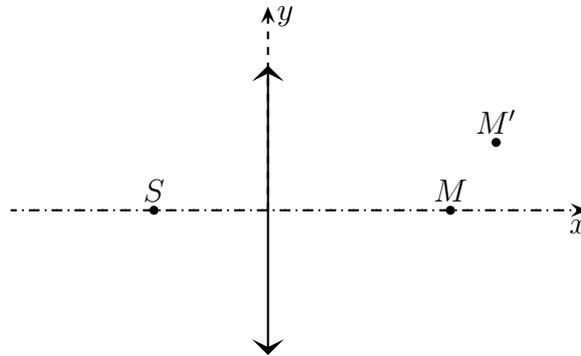
Une lame de verre parfaitement transparente, à faces parallèles, d'indice de réfraction  $n$  et de faible épaisseur  $e_0$ , comporte un petit défaut localisé où l'épaisseur devient  $e$ . Elle est éclairée par un faisceau de lumière parallèle issu d'une source monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ .



- Déterminer le déphasage à l'infini entre les rayons 1 et 2.
- Représenter sur une figure une surface d'onde avant la traversée de la lame et une surface d'onde après la traversée de la lame. En préciser les caractéristiques.

**Exercice 9 DIFFÉRENCE DE MARCHE AVEC UNE LENTILLE** 

La lentille  $\mathcal{L}$  est en verre d'indice  $n$  et a une épaisseur  $e$  au niveau de son centre optique  $O$ . Sa distance focale image est  $f'$ . Soient  $M$  et  $M'$  deux points dont les coordonnées dans le repère  $Oxy$  sont respectivement  $(x,0)$  et  $(x',y')$ . Une source  $S$  est placée devant  $\mathcal{L}$  sur l'axe  $Ox$ .



- On suppose que  $OS = f'$ .  
Construire les rayons issus de  $S$  qui parviennent en  $M$  et en  $M'$ .  
Exprimer les chemins optiques  $(SM)$  et  $(SM')$ .
- Mêmes questions avec  $OS = \frac{3f'}{2}$ .

**Exercice 10 FAISCEAU LASER**

Un laser, de puissance lumineuse  $\mathcal{P} = 5,0$  mW, émet un fin pinceau lumineux sensiblement parallèle, de longueur d'onde  $632,8$  nm, non polarisé. La répartition radiale d'éclairement est supposée gaussienne, c'est-à-dire modélisable par

$$\mathcal{E}(w) = \mathcal{E}_0 \exp\left(-\left(\frac{w}{w_0}\right)^2\right)$$

où  $w$  est la distance à l'axe et  $w_0 = 1,0$  mm s'appelle le diamètre (en anglais *waist*) du laser.

- Représenter la fonction  $\mathcal{E}(w)$ .  
Déterminer l'éclairement  $\mathcal{E}_0$ .
- On élargit le faisceau laser à l'aide d'un dispositif afocal pour lui donner un diamètre de  $w'_0 = 10$  cm.  
Que devient alors l'éclairement ?
- On limite alors le faisceau à l'aide d'un diaphragme de diamètre égal à  $4,0$  cm.  
Quelle erreur relative commet-on sur l'éclairement en considérant que le faisceau obtenu est une onde plane ?