

Licence 1 – UE PHY202

Examen d'Optique

1ère session – 16 Mai 2019 (durée 2h)

Aucun document n'est autorisé – calculatrice, règle et rapporteur conseillés.

Le sujet comporte 4 pages plus 2 documents réponses à rendre avec la copie.

La présentation et la clarté des explications sont évaluées.

Le barème est donné à titre indicatif.

I. Tracé de rayons lumineux (~4 points)

Compléter le tracé de rayons sur le document réponse 1. Indiquer dans chaque cas si l'objet est réel ou virtuel et si l'image est réelle ou virtuelle, droite ou inversée.

II. L'Arc en ciel (~6 points)

Un arc-en-ciel est provoqué par la dispersion de la lumière du Soleil par des gouttes de pluie que l'on considérera comme sphériques. La lumière pénètre dans la goutte (point A), elle subit une réflexion à l'arrière de la goutte (point B), puis ressort de la goutte (point C).

on s'intéresse dans cette partie uniquement aux rayons qui entrent dans la goutte en A, qui subissent une réflexion en B, et qui ressortent de la goutte en C.

Question 1 :

Dans ce cas, quel(s) phénomène(s) subit la lumière en A et en C ?

Question 2 :

On s'intéresse dans cette question au rayon pénétrant en A, et ressortant en C tel que décrit ci-dessus. On considère un rayon monochromatique, de longueur d'onde λ , et un indice de l'eau $n=1.33$.

2.1) Sur le document réponse 2 (à joindre à votre copie), mesurez l'angle d'incidence en A. Que vaut l'angle de réfraction r en A en fonction de i et n ? Donner sa valeur numérique et tracer le trajet du rayon lumineux entre les points A et B.

2.2) Que valent les angles d'incidence et de réflexion en B ? Tracer le trajet du rayon entre B et C.

2.3) Que valent les angles d'incidence et de réfraction en C ? Tracer le trajet du rayon après la sortie de la goutte.

Question 3 :

Que vaut la déviation du rayon en A ? Même question en B puis en C. En déduire que la déviation totale est égale à $2i-4r+\pi$. Faites l'application numérique.

Question 4 :

Une réfraction est-elle présente en B ? Une réflexion est-elle présente en C ? Justifiez vos réponses.

Question 5 :

On considère maintenant un deuxième rayon monochromatique, de longueur d'onde λ' tel que $\lambda' < \lambda$. On rappelle la loi de Cauchy $n(\lambda) = A + B/\lambda^2$, où A et B sont des coefficients positifs.

Est-ce que l'indice optique de la goutte d'eau est différent de n ? Si oui, est-il plus grand ou plus petit ? Justifiez votre réponse.

La déviation D associé à ce rayon plus bleu est-elle plus grande ou plus petite que celle calculée à la question 3 ? Donnez sa valeur numérique.

L'observateur verra-t-il l'arc bleu à l'intérieur de l'arc rouge ou à l'extérieur ? Expliquez (faites un schéma qualitatif).

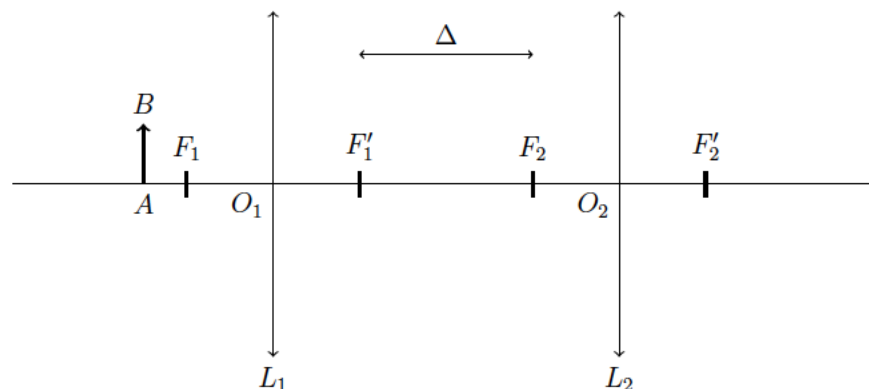
III. Le Microscope (~10 points)

Le microscope est un appareil courant en laboratoire, qui permet l'observation d'objets petits et proches. L'objet de ce problème est d'étudier une modélisation à deux lentilles minces du microscope.

1. Dispositif

Le microscope est constitué de deux lentilles convergentes. La première, L_1 de distance focale f'_1 , est placée à une distance de l'objet (AB) telle que son image réelle ($A'B'$) soit confondue avec le foyer objet de la seconde lentille, L_2 , de distance focale notée f'_2 .

1.1) Reproduisez le schéma suivant du microscope, tracez la marche de trois rayons issus de B. Faites apparaître l'image intermédiaire ($A'B'$).



1.2) Où se situe ($A''B''$) l'image de ($A'B'$) par L_2 ? Rappelez la définition du grossissement commercial pour une lentille simple et donnez son expression pour L_2 en fonction de $dp.p = 25$ cm, et f'_2 .

1.3) Soit γ le grandissement réalisé par L_1 , et $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$ (on le nomme l'intervalle optique). Exprimez γ en fonction de f'_1 et Δ .

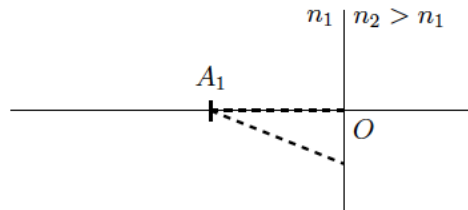
1.4) En déduire $\overline{O_1 A}$. Faites l'application numérique pour $\gamma = -40$ et $\Delta = 16$ cm.

2. Lamelle de verre :

La plupart du temps, l'échantillon observé au microscope est déposé entre une lame de verre épaisse, qui sert de support, et une lamelle fine, à travers laquelle est faite l'observation. Cette lamelle doit être plus fine que la distance $\overline{O_1 A}$ calculée précédemment, pour pouvoir

approcher suffisamment l'objectif du microscope. Le but de cette section est d'évaluer si la lamelle modifie l'observation.

2.1) Une source lumineuse A_1 est à une distance $\overline{A_1O}$ d'un dioptre plan, situé en O , séparant un milieu d'indice n_1 d'un autre milieu d'indice $n_2 > n_1$, tel qu'indiqué sur le schéma ci-après.

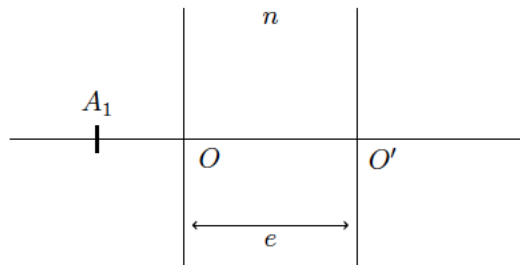


Reproduisez le schéma et complétez qualitativement la marche des deux rayons issus de A_1 , tracés en pointillés. Indiquez sur votre schéma le point A_2 d'où semblent provenir les rayons après leur traversée du dioptre.

2.2) Démontrez que, dans l'approximation des petits angles :

$$\frac{\overline{OA_1}}{n_1} = \frac{\overline{OA_2}}{n_2}$$

2.3) Considérons une lame à faces parallèles, d'épaisseur e et d'indice n , dans l'air. le schéma correspondant est :



Soit A_3 l'image de A_1 à travers les deux dioptries. Montrez que :

$$\overline{A_1A_3} = e \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad (\text{on rappelle que } \overline{AB} = \overline{AC} + \overline{CB})$$

L'objet paraît-il plus proche ou plus lointain avec la lamelle ?

3. Profondeur de champ :

Le microscope est réglé pour observer des images à l'infini : on ne devrait donc voir net que les objets à une distance bien définie du microscope. Cependant, si l'on prend en compte que l'observateur peut accommoder son œil, il y a toute une plage de distances objet-microscope qu'il peut voir nettes : cette plage d'images nettes est appelée la **profondeur de champ**.

3.1) Rappelez la définition du *punctum proximum* et du *punctum remotum* de l'oeil. Comment interprétez-vous la distance $d_{p.p.} = 25$ cm apparaissant dans la définition du grossissement commercial (voir question 1.1) ?

3.2) Démontrez que, pour une lentille mince de focale f' , de foyer objet F , de foyer image F' , l'objet A et son image A' vérifient :

$$\overline{FA} \overline{F'A'} = -f'^2 \text{ (Relation de Newton)}$$

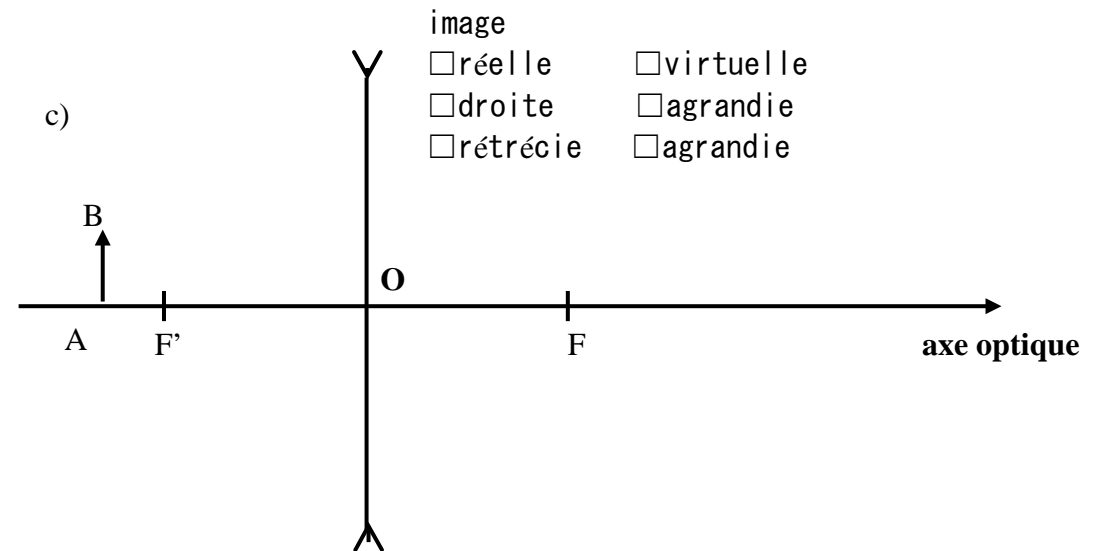
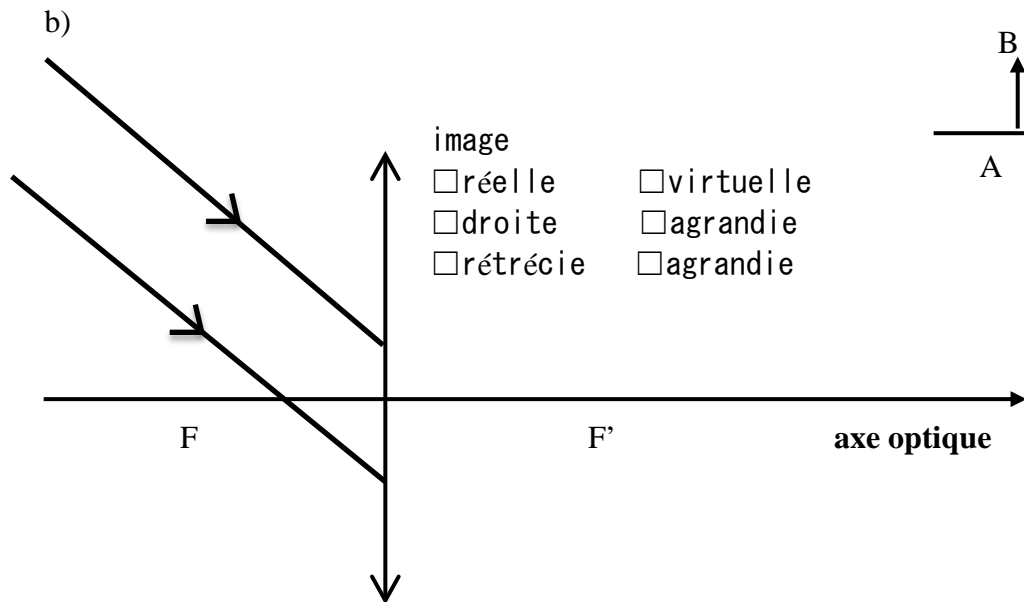
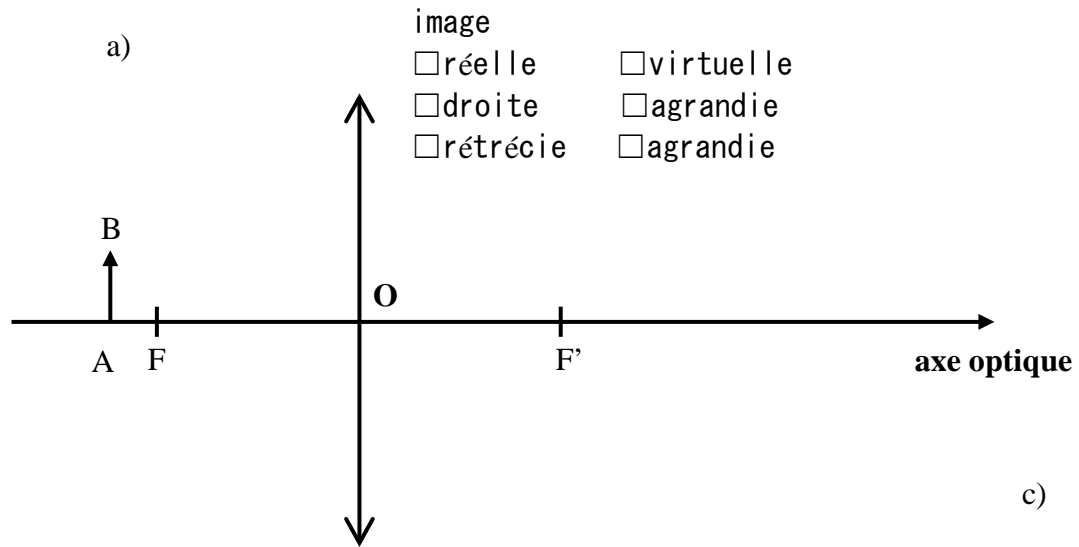
3.3) Sur le schéma du microscope de la Part. 1 (dispositif), on suppose l'œil de l'observateur en F'_2 . Il peut observer en accommodant au maximum une image finale $A''B''$ vérifiant $\overline{F'_2A''} = -d_{p.p.}$. Elle n'est alors plus à l'infini, comme dans la part.1. A l'aide de la relation de Newton, calculez $\overline{F_2A'}$, en fonction de f'_2 et D_{pp} .

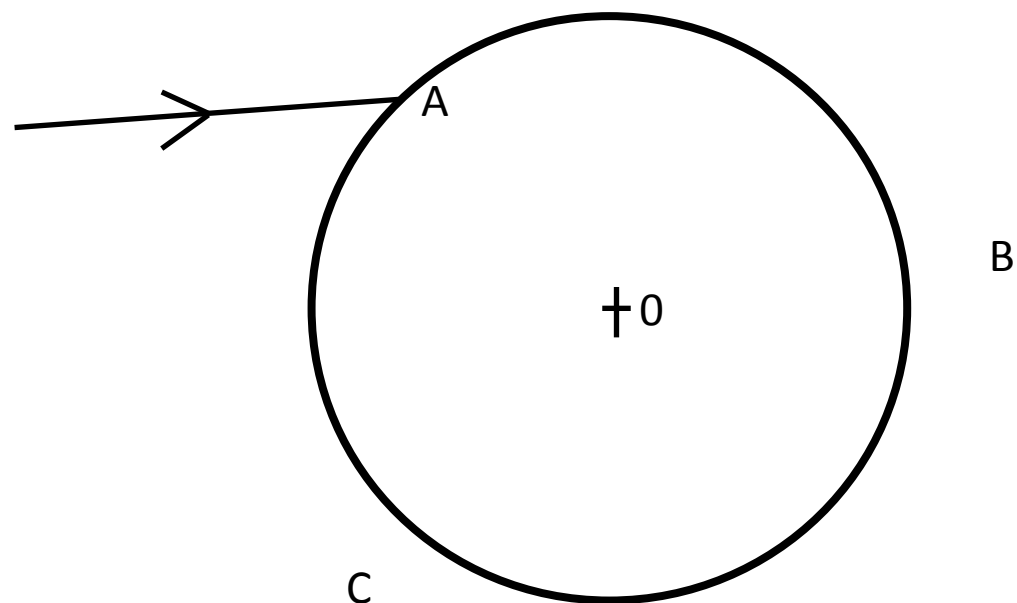
3.4) Évaluez numériquement $\overline{F_2A'}$ pour $f'_2 = 10$ cm et $d_{p.p.} = 25$ cm.

3.5) De même, exprimez $\overline{F_1A_1}$ (A l'objet initial) en fonction de $f'_1, f'_2, d_{p.p.}$ et Δ , toujours dans le cas de l'accommodation maximum. On pourra commencer par exprimer $\overline{F'_1A'}$ en fonction de $\overline{F_2A'}$ et d'une longueur connue.

3.6) Calculez la valeur numérique de la distance entre 2 objets vus nets respectivement en accommodant au maximum, et sans accommoder. (le cas sans accommodation correspond à la Part. 1), avec $f'_1 = 4$ mm, $f'_2 = 10$ cm, $\Delta = 16$ cm, $d_{p.p.} = 25$ cm. L'ajout d'une lamelle de verre de $n = 1.5$ et $e = 0.1$ mm est-elle perceptible avec notre microscope ?

EXO 1/ Tracé de rayons (prolongez le tracé des rayons incidents ou déterminez l'image A'B' de AB)





Observateur