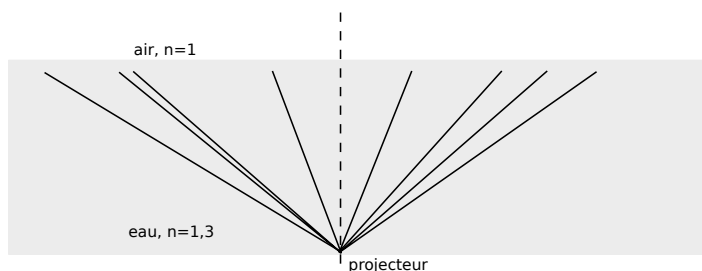


- Calculatrices autorisées.
- Toute A.N. sans **unité** ne comptera aucun point, et dégradera l'humeur du correcteur.
- Vérifiez l'**homogénéité** de vos relations.
- Encadrez vos résultats et soignez votre copie.

I Projecteur de piscine

Un bassin de profondeur $d = 1,5$ m est rempli d'eau. Un projecteur se trouve au fond du bassin. On considère que cette source de lumière est un point et émet de la lumière dans toutes les directions.

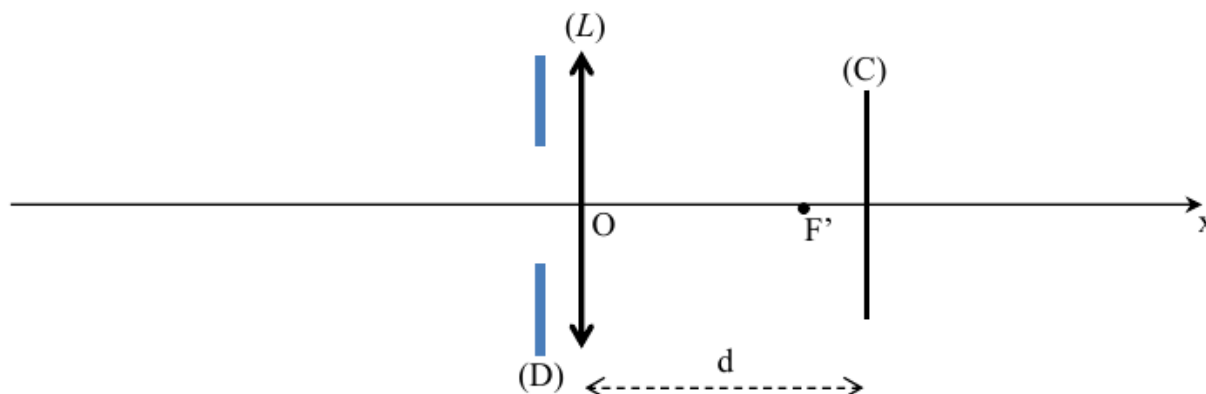


- 1 - Quel phénomène fait que tous les rayons émis ne sortent pas dans l'air ?
- 2 - Donner l'expression puis la valeur de l'angle limite à partir duquel il y a réflexion totale (faire un schéma pour noter cet angle).
- 3 - Quel est le rayon de la tache lumineuse formée à la surface de l'eau ?

II L'appareil photographique

II.1 Objet et image

On modélise un appareil photo (figure ci-dessous) par l'association d'une lentille mince (L) de focale $f' = \overline{OF'}$ appelée "objectif", d'un capteur (C) sur lequel on souhaite récupérer l'image et d'un diaphragme (D) placé devant la lentille.



La distance d entre la lentille (L) et le capteur (C) est réglable, grâce à un mécanisme lié à l'objectif ; elle est comprise entre d_{\min} et d_{\max} . À l'aide de cet appareil, on souhaite former sur le capteur l'image d'un arbre de hauteur h situé à une distance L devant l'objectif.

Rappel : l'objet AB et l'image $A'B'$ donnée par la lentille mince de centre O et de foyers principaux F (objet) et F' (image) dans les conditions de Gauss sont liés par les relations :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}, \quad \overline{FA} \overline{F'A'} = -f'^2, \quad \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

- 4 - La lentille mince est utilisée dans les "conditions de Gauss". Préciser en quoi elles consistent.
- 5 - Quelle partie de l'appareil permet d'assurer que ces conditions sont remplies ?
Dire ce que ces conditions permettent.
- 6 - Faire un schéma soigné de la situation en notant AB l'objet et $A'B'$ son image sur le capteur (A est sur l'axe et AB appartient à un plan orthogonal à l'axe). Positionner les foyers principaux et tracer au moins deux rayons lumineux issus de B pour justifier la position de l'image $A'B'$.
- 7 - Exprimer la distance $d = \overline{OA'}$ en fonction de f' et L .
- 8 - Exprimer le grandissement γ en fonction de f' et L . En déduire ensuite la taille $A'B'$ de l'image de l'arbre sur le capteur en fonction de h , f' et L .
- 9 - Calculer cette taille avec $f' = 50$ mm, $h = 5$ m et $L = 20$ m .
- 10 - Quelle est la valeur de d lorsque l'objet est à l'infini ?
- 11 - Montrer qu'il existe une distance limite notée L_{\min} en dessous de laquelle il ne sera pas possible d'obtenir une image sur le capteur, alors que ce serait toujours possible pour des valeurs supérieures à L_{\min} .
- 12 - Exprimer L_{\min} en fonction de f' et d_{\max} .
- 13 - Calculer L_{\min} pour $f' = 50$ mm et $d_{\max} = 55$ mm.

II.2 Influence de la focale

On souhaite obtenir une image de l'arbre sur le capteur plus grande sans changer de place (donc en gardant la même valeur pour L). On change donc l'objectif et on le remplace par un objectif de focale $f'_1 = 100$ mm. La distance d est toujours réglable mais les valeurs d_{\min} et d_{\max} sont différentes des valeurs précédentes.

- 14 - Quelle sera la taille de l'image de l'arbre sur le capteur ?
- 15 - Si on suppose que le capteur a pour dimensions : 24 mm \times 36 mm, sera-t-il possible de voir l'arbre en entier sur la photo obtenue ?
- 16 - L'objectif utilisé est appelé "téléobjectif" ou "objectif de longue focale". Sur un site internet dédié à la photographie, on peut lire que ce genre d'objectif "rapproche les objets". Commenter cette phrase en indiquant la part de vérité ou d'inexactitude qu'elle contient.

II.3 Téléobjectif avec deux lentilles

On souhaite maintenant réaliser un téléobjectif en utilisant deux lentilles : une lentille (L1) convergente et une lentille (L2) divergente, séparées par une distance e . La distance L entre (L1) et l'arbre n'a pas changé.

La lentille (L1), de focale f'_1 , donne de l'arbre AB une image intermédiaire A_1B_1 qui joue le rôle d'objet pour la lentille (L2), de focale f'_2 , qui en donne une image finale $A'B'$.

17 - Étant donné que $L \gg f'_1$, où se situe approximativement le point A_1 ?

On admet pour l'instant que $\overline{O_2A_1} > 0$. Exprimer alors $\overline{O_2A_1}$ en fonction de f'_1 et e .

18 - On considère dans cette question une lentille divergente seule. On place un objet A_1B_1 virtuel entre le centre O de cette lentille et son foyer objet F . Faire un schéma sur lequel vous tracerez deux rayons particuliers qui permettent de construire l'image $A'B'$ de A_1B_1 .

On admet pour la suite que le seul cas où l'image formée par une lentille divergente est réelle est lorsque l'objet est entre O et F comme ci-dessus.

19 - On revient au téléobjectif. L'image $A'B'$ doit être réelle (sur le capteur). En déduire où doit se situer l'image intermédiaire A_1B_1 , puis que la distance e entre les centres des deux lentilles doit être située dans une plage de valeurs bien précise. Exprimer cette condition sur e sous la forme d'une double inégalité sur e , f'_1 et f'_2 (toujours en supposant, comme en q17, que $L \gg f'_1$).

20 - Vérifier que cette condition est réalisée avec $f'_1 = 10$ cm, $f'_2 = -5$ cm et $e = 8$ cm.

21 - Avec les valeurs numériques précédentes, calculer la distance d entre O_2 et le capteur.

22 - Calculer de même la taille de l'image $A'B'$ de l'arbre sur le capteur.

23 - Indiquer si ce téléobjectif est équivalent à l'objectif utilisé précédemment (une lentille convergente de focale 100 mm).

II.4 Exploitation d'une photo (résolution de problème)

Document 2 - Informations

Sensibilité : 100 ISO
Vitesse : 1/250 s
Ouverture : f/7,1
Focale : 18 mm

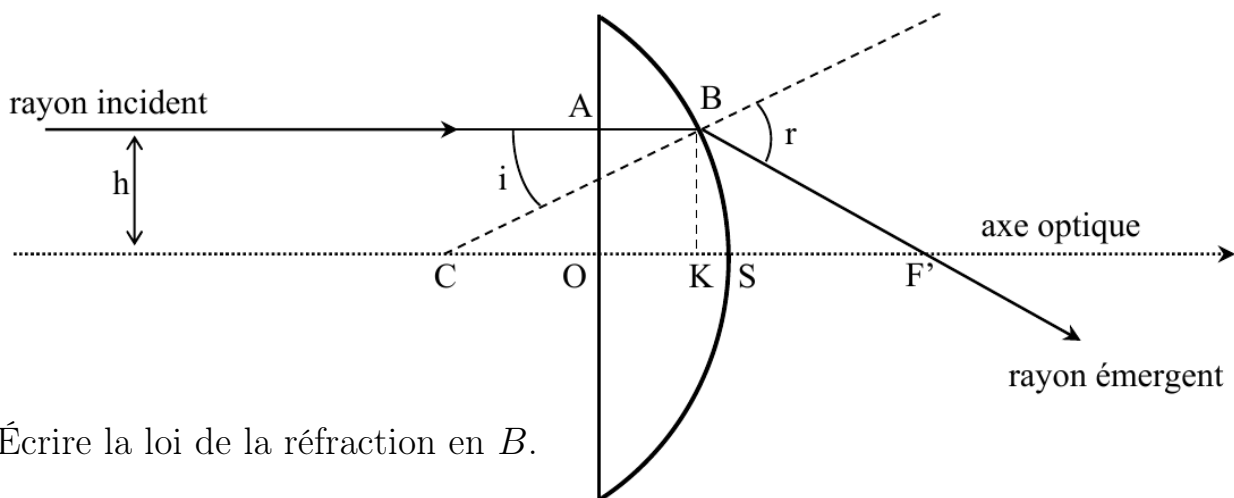


La photo ci-dessus a été prise avec un appareil photo numérique de type “Canon G10”, qui possède un capteur dont les dimensions sont de 5,7 par 7,6 mm. Les informations relatives à la photo sont consignées dans le document 2. Il s’agit d’une photo prise dans la baie du Mont Saint-Michel, à une distance de 1,46 km de celui-ci.

- 24 - À partir de la photo obtenue et des documents, déterminer la hauteur du Mont Saint-Michel (flèche comprise) en indiquant les hypothèses posées, la modélisation du problème (par exemple par un schéma légendé) et les calculs effectués. Même si vous n’aboutissez pas, toute piste pertinente sera valorisée.

II.5 Comment expliquer les propriétés des lentilles ?

Les propriétés optiques des lentilles viennent de leur forme géométrique. Pour en proposer une explication, on considère une lentille plan-convexe (ci-dessous) constituée d’un verre d’indice n . L’indice de l’air ambiant est égal à 1. La partie sphérique de la lentille est une portion de sphère de centre C et de rayon $R = CB$. L’épaisseur de la lentille au centre est $e = OS$. On considère un rayon incident parallèle à l’axe optique, à une distance h de celui-ci. Ce rayon pénètre dans la lentille en A et est réfracté en B . On note i et r les angles incident et réfracté, comptés par rapport à la normale (CB). Le rayon émergent coupe l’axe optique en F' . On note K le projeté orthogonal de B sur l’axe optique.



- 25 - Écrire la loi de la réfraction en B .

- 26 - Montrer que la distance OF' peut se mettre sous la forme :

$$OF' = e - R(1 - \cos i) + \frac{R \sin i}{\tan(r - i)}.$$

- 27 - Rappeler la définition du stigmatisme rigoureux.

La lentille constitue-t-elle un système rigoureusement stigmatique ? Justifier à l’aide de la formule ci-dessus.

- 28 - Si on considère une lentille mince (e faible devant R) et des rayons paraxiaux, peut-on dire que le système est approximativement stigmatique ? Justifier.

- 29 - Dans le cas de la lentille mince ($e \ll R$) dans les conditions de Gauss ($i \ll 1$ rad, $r \ll 1$ rad), donner une expression approchée de la distance OF' en fonction de R et de n . On utilisera les approximations, valable pour tout $x \ll 1$ rad : $\cos x \simeq 1$, $\sin x \simeq x$ et $\tan x \simeq x$.