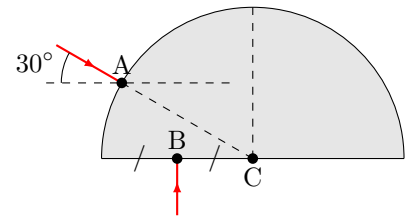


Exercice 1 : Incidence sur un bloc de verre

On considère un bloc de verre hémicylindrique d'indice $n = 1,5$, de centre C et de rayon R , placé dans l'air d'indice considéré égal à celui du vide. Déterminer les trajets des deux rayons indiqués sur la figure ci-dessous jusqu'à la sortie du bloc.



Exercice 2 : Une brève histoire de la photographie

Les images sont omniprésentes dans l'environnement et il peut sembler qu'elles l'ont toujours été. C'est pourtant loin d'être le cas. Longtemps le dessin et la peinture furent les seuls moyens utilisés pour représenter la réalité sur un support à deux dimensions et ce n'est qu'au XIX^e siècle qu'un procédé technique permit de « capturer » des images.

La date conventionnelle de l'invention de la photographie a été fixée au 7 janvier 1839, date à laquelle Arago présenta à l'Académie des Sciences l'invention de Daguerre : le daguerréotype. Mais l'histoire de la photographie commence bien avant notamment avec la *camera obscura* (chambre noire) qui est utilisée dès le XVI^e siècle pour des travaux topographiques. Les historiens de l'art ont également montré qu'elle était utilisée par des peintres, comme Vermeer ou les frères Van Eyck.

Le fonctionnement de cet ancêtre de l'appareil photo repose sur les propriétés des lentilles.

2.1 Objet et image

On modélise un appareil photo (figure 1) par l'association d'une lentille mince ($\mathcal{L}$) 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.

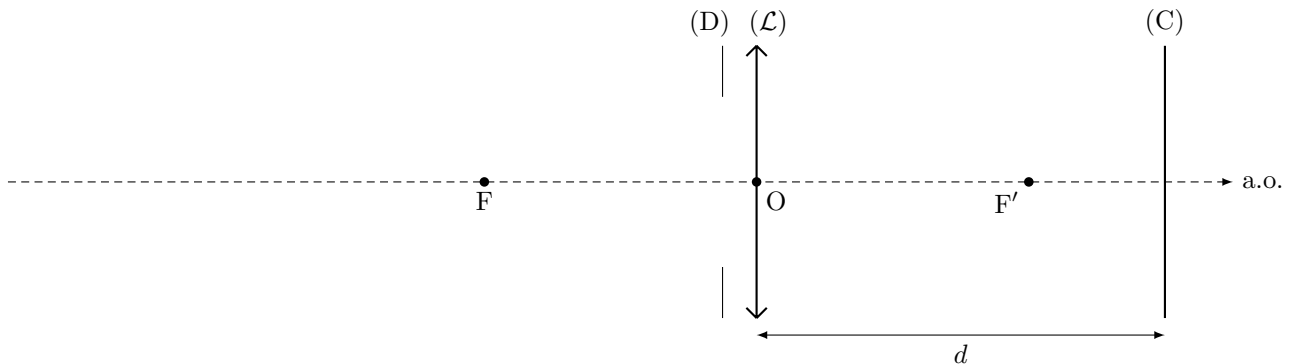


FIGURE 1 – Modélisation d'un appareil photo.

La distance d entre la lentille ($\mathcal{L}$) et le capteur (C) est réglable, grâce à un mécanisme lié à l'objectif, ceci permettant de faire l'image de l'objet sur le capteur (C). Celle-ci est réglable entre $d_{\min}$ et $d_{\max} = 55$ mm. La distance entre le diaphragme et l'objectif est supposée nulle. La distance focale de l'objectif est $f' = 50$ mm.

1. (a) Quelle est la valeur de d lorsque l'objet est à l'infini ?
- (b) Expliquer pourquoi cette distance correspond à $d_{\min}$.
- (c) Montrer qu'il existe une distance limite, entre l'objet photographié et l'objectif, notée $L_{\min}$ en dessous de laquelle il ne sera pas possible d'obtenir une image sur le capteur, et exprimer $L_{\min}$ en fonction de f' et $d_{\max}$. En faire l'application numérique.

À l'aide de cet appareil, on souhaite former sur le capteur l'image d'un arbre de hauteur $h = 5$ m situé à une distance $L = 20$ m devant l'objectif.

2. (a) Faire un schéma soigné de la situation en notant $\overline{AB}$ l'objet et $\overline{A'B'}$ son image sur le capteur (A est sur l'axe et $\overline{AB}$ appartient à un plan orthogonal à l'axe). Positionner les foyers et tracer au moins deux rayons lumineux issus de B pour justifier la position de l'image $\overline{A'B'}$. On se s'attachera pas au respect de l'échelle horizontale, on privilégiera la lisibilité du schéma.

- (b) Calculer la taille $\overline{A'B'}$ de l'image de l'arbre sur le capteur en fonction de h , f' et L .
 (c) Montrer qu'avec les valeurs numériques données :

$$\overline{A'B'} \approx -\frac{hf'}{L}$$

3. (a) La lentille mince est utilisée dans les « conditions de Gauss ». Préciser en quoi elles consistent et leur utilité.
 (b) Quelle partie de l'appareil aide à ce que ces conditions soient remplies ?

2.2 Influence de la focale

On souhaite obtenir une image de l'arbre sur le capteur plus grande sans changer de place, c'est à dire que l'on a toujours la distance entre l'objectif et l'arbre qui vérifie $L = 20$ m. 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 de la partie précédente.

4. (a) Quelle sera la taille de l'image de l'arbre sur le capteur ?
 (b) Si on suppose que le capteur a pour dimensions : $24 \text{ mm} \times 36 \text{ mm}$, sera-t-il possible de voir l'arbre en entier sur la photo obtenue ?
 (c) Sachant que la photographie a une résolution de 960×1280 pixels, sera-t-il possible d'y distinguer les feuilles de l'arbre qui ont une taille réelle $t = 60$ mm ?
 5. 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. Un raisonnement et un calcul numérique sont attendus (en utilisant une approximation justifiée).

On souhaite maintenant réaliser un téléobjectif en utilisant deux lentilles : une lentille ($\mathcal{L}_1$) convergente et une lentille ($\mathcal{L}_2$) divergente, séparées par une distance e . La distance L entre ($\mathcal{L}_1$) et l'arbre n'a pas changé.

6. La lentille ($\mathcal{L}_1$), de focale f'_1 , donne de l'arbre $\overline{AB}$ une image intermédiaire $\overline{A_1B_1}$ qui joue le rôle d'objet pour la lentille ($\mathcal{L}_2$), de focale f'_2 , qui en donne une image finale $\overline{A'B'}$.
 (a) Exprimer la distance $\overline{O_2A_1}$ en fonction de f'_1 et e (en utilisant une approximation justifiée).
 (b) L'image $\overline{A'B'}$ doit être réelle. En déduire 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 (en utilisant une approximation justifiée).
 (c) Vérifier que cette condition est réalisée avec $f'_1 = 10$ cm, $f'_2 = -5$ cm et $e = 8$ cm.
 7. Avec les valeurs numériques de la question 6.c) :
 (a) Calculer la distance d entre la première lentille et le capteur.
 (b) Calculer la taille de l'image $\overline{A'B'}$ de l'arbre sur le capteur.
 (c) Indiquer si ce téléobjectif est équivalent à l'objectif de la question 4.

2.3 Exploitation d'une photo

Les tailles des capteurs dont sont équipés les appareils numériques actuels sont variables, comme l'indique le document 1.

Document 1 – Exemples de capteurs d'appareils photo numériques.

Standard Diagonale	Dimensions	Exemples
1/2,5"	7,18 mm	4,29x5,76 mm
1/2,3"	7,7 mm	4,62x6,16 mm
1/2"	8 mm	4,8x6,4 mm
1/1,7"	9,5 mm	5,7x7,6 mm
1/1,6"	10 mm	6x8 mm
4/3"	21,6 mm	13x17,3 mm
APS	24,8 mm	13,8x20,7 mm (Sigma)
	à 28,4 mm	à 15,8x23,6 mm (Nikon, Sony)
24x36	43,3 mm	24x36 mm

reflex amateurs

Nikon D700, Sony Alpha 900

Source : Wikipedia

La photo ci-dessous a été prise avec un appareil photo numérique de type « Canon G10 ». Les informations relatives à la photo sont consignées dans le document 2.

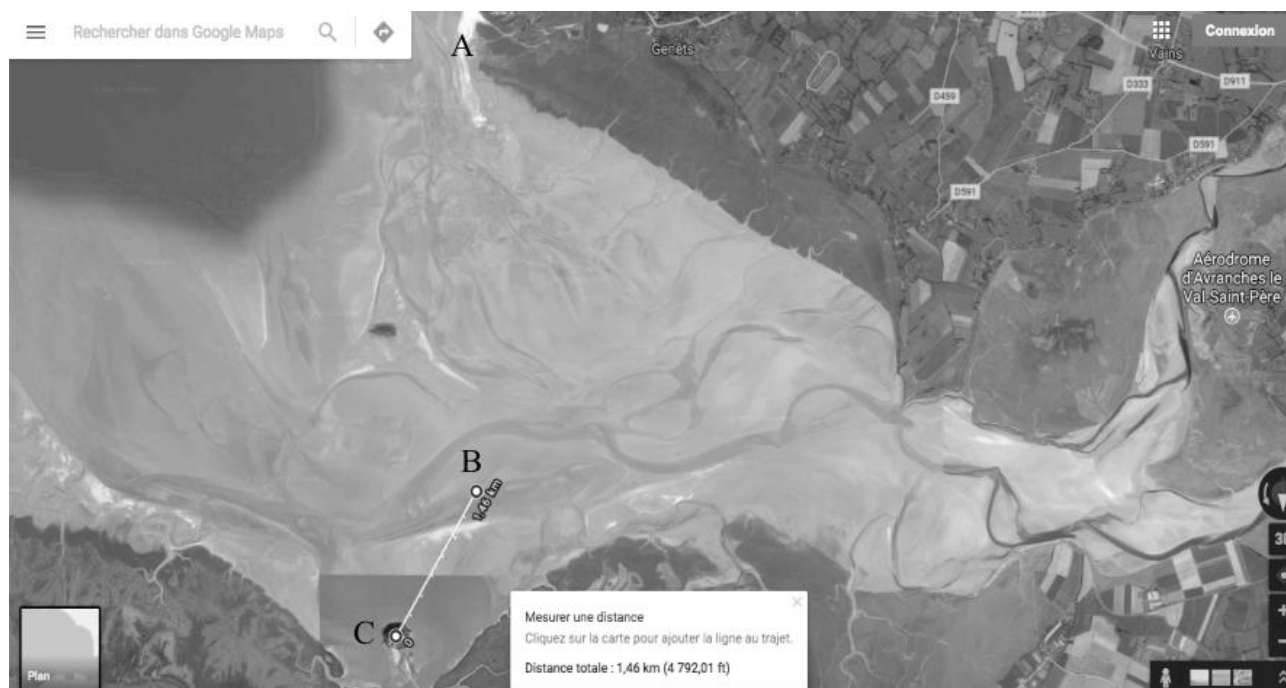


Il s'agit d'une photo prise dans la baie du Mont Saint-Michel (au point B sur la carte satellite du document 3). La distance BC vaut 1,46 km.

Document 2 – Informations relatives à la prise de vue (Photo Mont Saint-Michel).

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

Document 3 – Image satellite de la baie du Mont Saint-Michel.



A : Bec d'Andaine

B : lieu de la prise de vue

C : Mont Saint-Michel

BC = 1,46 km

8. À partir de la photo obtenue et des documents 1, 2 et 3, 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.

2.4 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 (figure 2) 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 de la lentille coupe l'axe optique en F' . On note K le projeté orthogonal de B sur l'axe optique.

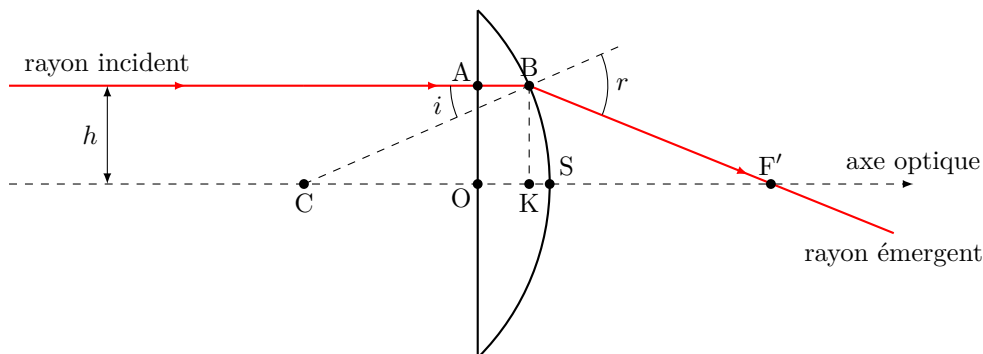


FIGURE 2 – Lentille plan-convexe

9. (a) Écrire la loi de la réfraction en B .
 (b) Montrer que la distance OF' peut se mettre sous la forme :

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

10. (a) La lentille constitue-t-elle un système rigoureusement stigmatique ?
 (b) Si on considère une lentille mince (e faible devant R) et des rayons paraxiaux (parallèles à l'axe optique et proches de celui-ci), peut-on dire que le système est approximativement stigmatique ? Justifier. Dans ce cas donner une expression approchée de la distance OF' .
11. Donner deux façons de mesurer la distance focale de cette lentille. On détaillera les protocoles expérimentaux et on les justifiera (formules utilisées, précautions manipulatoires) avec soin.

Exercice 3 : Décomposition du bromure de carbonyle

Un récipient de volume $V_0 = 2,00$ L contient initialement $n = 0,500$ mol de COBr_2 , qui se décompose à une température de 346 K selon la réaction :



Tous les gaz sont supposés parfaits.

- Déterminer la composition du système à l'équilibre, sachant que la constante d'équilibre à 346 K est $K^\circ = 5,46$.
- Calculer le pourcentage de COBr_2 décomposé à cette température.
- L'équilibre précédent étant réalisé, on ajoute $n' = 2,00$ mol de monoxyde de carbone $\text{CO}_{(g)}$. Calculer le quotient de réaction juste après l'ajout et conclure quant à l'évolution ultérieure du système.

On donne $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Exercice 4 : Test d'identification du fer (III)

Les ions fer Fe^{3+} réagissent avec les ions thiocyanate SCN^- et forment un complexe de thiocyanatofer de formule $[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$ selon la réaction :



Ce complexe est d'un rouge caractéristique qui est visible à l'œil nu si sa concentration dépasse $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Si on dispose d'une solution d'ions fer à environ $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ dans un tube à essai, combien de gouttes de thiocyanate de potassium à $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ doit-on ajouter pour voir le complexe ?