

DS 2 - Physique-chimie

Vendredi 25 novembre - 3h

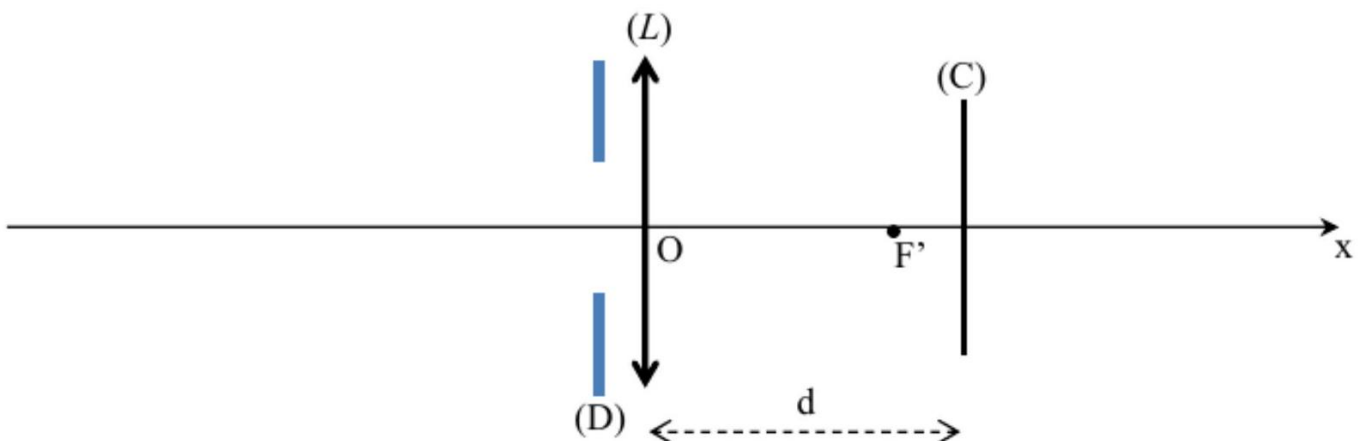
Les calculatrices sont autorisées

Le sujet est composé de quatre parties indépendantes

1 L'appareil photographique

1.1 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 :

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

- Q1.** La lentille mince est utilisée dans les "conditions de Gauss". Préciser en quoi elles consistent.
- Q2.** Quelle partie de l'appareil permet d'assurer que ces conditions sont remplies ? Dire ce que ces conditions permettent.
- Q3.** 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 $A'B'$.
- Q4.** Exprimer la distance $d = \overline{OA'}$ en fonction de f' et L .
- Q5.** 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 .

Q6. Calculer cette taille avec $f' = 50$ mm, $h = 5$ m et $L = 20$ m.

Q7. Quelle est la valeur de d lorsque l'objet est à l'infini ?

Q8. 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} .

Q9. Exprimer L_{\min} en fonction de f' et d_{\max} .

Q10. Calculer L_{\min} pour $f' = 50$ mm et $d_{\max} = 55$ mm.

1.2 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.

Q11. Quelle sera la taille de l'image de l'arbre sur le capteur ?

Q12. 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 ?

Q13. 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.

1.3 Téléobjectif

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 $A'B'$.

Q14. 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 .

Q15. 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.

Q16. 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 Q14, que $L \gg f'_1$).

Q17. Vérifier que cette condition est réalisée avec $f'_1 = 10$ cm, $f'_2 = -5$ cm et $e = 8$ cm.

Q18. Avec les valeurs numériques précédentes, calculer la distance d entre O_2 et le capteur.

Q19. Calculer de même la taille de l'image $A'B'$ de l'arbre sur le capteur.

Q20. Indiquer si ce téléobjectif est équivalent à l'objectif utilisé précédemment (une lentille convergente de focale 100 mm).

1.4 Exploitation d'une photo (résolution de problème)

Document 1 : Informations

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

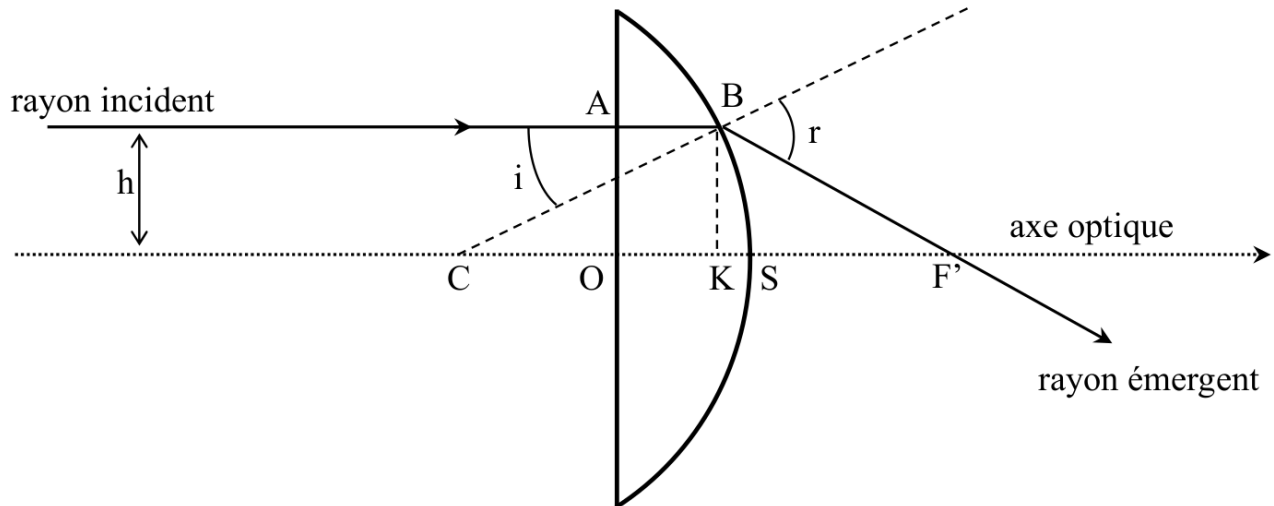


La photo ci-dessus a été prise avec un appareil photo numérique de type "Canon G10", qui possède un capteur dont les dimensions sont de 5,7 par 7,6 mm. Les informations relatives à la photo sont consignées dans le document 1. Il s'agit d'une photo prise dans la baie du Mont Saint-Michel, à une distance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

Q21. A 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.**

1.5 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.



Q22. Montrer que la distance CK est $CK = R \cos i$. En déduire l'expression de KS .

Q23. Montrer que la distance KF' peut se mettre sous la forme :

$$KF' = \frac{R \sin i}{\tan(r - i)}$$

Q24. Enfin, montrer que la distance OF' peut se mettre sous la forme :

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

Q25. Rappeler la définition du stigmatisme rigoureux.

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

Q26. Si on considère une lentille mince (e faible devant R) et des rayons paraxiaux, peut-on dire que le système est approximativement stigmatique ? Justifier.

Q27. Dans le cas de la lentille mince ($e \ll R$) dans les conditions de Gauss ($i \ll 1 \text{ rad}$, $r \ll 1 \text{ rad}$), donner une expression approchée de la distance OF' en fonction de R et de n . On utilisera les approximations, valable pour tout $x \ll 1 \text{ rad}$: $\cos x \simeq 1$, $\sin x \simeq x$ et $\tan x \simeq x$.

2 Alliage de cuivre

Le cuivre peut être utilisé pur, notamment pour ses propriétés conductrices, ou bien en alliage tel que le laiton (alliage cuivre-zinc) ou le bronze (alliage cuivre-étain).

Un alliage métallique résulte de l'incorporation à un métal d'un ou plusieurs éléments. On distingue :

- Les alliages d'insertion dans lesquels les atomes étrangers s'insèrent dans des sites cristallins.
- Les alliages de substitution dans lesquels les atomes se substituent à des atomes de la structure cristalline.

Données :

- Masse volumique du cuivre pur : $\rho_{\text{Cu}} = 8,96 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Masses molaires $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{Ag}) = 108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

On se place dans le cadre du modèle des sphères dures tangentes.

Le cuivre pur cristallise dans un réseau cubique faces centrées (CFC).

Q28. Représenter la maille.

Q29. Déterminer le nombre d'atomes de cuivre contenus dans la maille.

Q30. Déterminer le paramètre de maille a .

L'alliage Cu-Ag est utilisé pour augmenter la résistance à la température du matériau. Dans cette structure, les atomes d'argent remplacent les atomes de cuivre aux sommets de la maille CFC.

Q31. Faire un schéma de la maille.

Q32. Déterminer la composition de cet alliage.

Q33. Calculer la masse volumique de cet alliage.

3 Autour du soufre

Le soufre est situé en dessous de l'oxygène. Il a la propriétés d'être hypervalent, c'est-à-dire qui ne respecte pas toujours la règle de l'octet.

Q34. Rappeler la règle de l'octet et du duet.

Q35. Proposer une représentation de Lewis pour les molécules suivantes :

- Dioxygène O_2
- Ozone O_3
- Dioxyde de soufre SO_2
- Trioxyde de soufre SO_3

Q36. Prévoir la géométrie du dioxyde de soufre et du trioxyde de soufre.

Q37. Définir la notion d'électronégativité.

Q38. Les molécules de dioxyde de soufre et de trioxyde de soufre sont-elles polaires ? L'angle entre deux liaisons S-O pour la molécule de trioxyde de soufre est de 120° .

La solubilité du dioxyde de soufre SO_2 dans l'eau $1,77 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. On peut comparer cette solubilité à deux autres composés gazeux, le dioxyde de carbone CO_2 et l'ammoniac NH_3 .

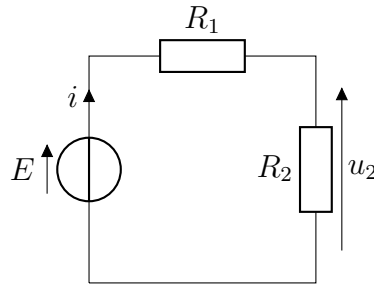
Gaz	CO_2	SO_2	NH_3
$s \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$	$3,8 \times 10^{-2}$	1,77	31,1

Q39. Dessiner le schéma de Lewis de CO_2 et de NH_3 .

Q40. Interpréter la différence de solubilité dans l'eau à température ambiante des trois composés gazeux.

4 Indications données par un voltmètre

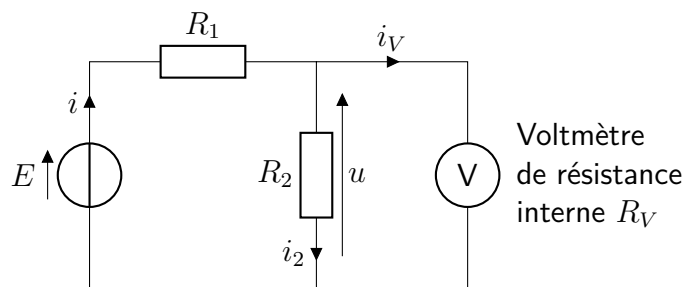
Deux résistances R_1 et R_2 , sont montées en série avec une source indépendante de tension, de f.é.m. E constante.



Q41. Donner, en fonction de E , R_1 et R_2 l'expression de la tension u_2 aux bornes de la résistance R_2 .

Q42. Comment se nomme ce type de montage ?

Afin de mesurer la tension aux bornes de la résistance R_2 , un voltmètre V de résistance interne R_V est branché en dérivation. Parcouru par un courant d'intensité i_V , l'appareil indique la tension U .



Q43. Établir en fonction de E , R_1 , R_2 et R_V l'expression de la tension u .

Q44. Pour quelle valeur de la résistance interne R_V le voltmètre indique-t-il une tension u identique à la tension u_2 calculée précédemment ? Quelle est, dans ce cas, la valeur de l'intensité i_V ?