

Épreuve de Physique-Chimie - 4 Novembre

Durée : 4h

- L'usage de la calculatrice est interdit.
- Un résultat d'application numérique **ne doit pas** contenir d'opérations ou de fonctions (fraction, racine, logarithme, etc.) et **sera compté comme faux** s'il en contient.
- Les expressions littérales seront encadrées, et les applications numériques soulignées. **Une application numérique sans unité sera considérée fautive.**
- Si vous constatez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, indiquez le sur votre copie. Vérifiez tout de même que l'erreur ne provient pas de vous (homogénéité, ordre de grandeur, etc.).

1 Optique de l'appareil photo (extrait du concours CCINP 2021 filière MP)

1.1 Objet et image

On modélise un appareil photo (figure 1) 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.

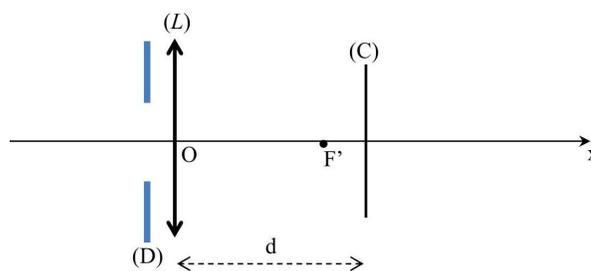


FIGURE 1 – Modélisation d'un appareil photo

1. La lentille mince est utilisée dans les "conditions de Gauss". Préciser en quoi elles consistent.
2. Quelle partie de l'appareil permet d'assurer que ces conditions sont remplies ?
3. 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 $A'B'$.
4. Exprimer la taille $\overline{A'B'}$ de l'image de l'arbre sur le capteur en fonction de h , f' et L . Calculer cette taille avec $f' = 50$ mm, $h = 5$ m et $L = 20$ m.

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 :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad ; \quad \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \quad ; \quad \overline{F'A'} \cdot \overline{FA} = -(\overline{OF'})^2 \quad ; \quad \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$$

5. Quelle est la valeur de d lorsque l'objet est à l'infini ?
6. 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} .
7. Exprimer L_{\min} en fonction de f' et d_{\max} .
8. 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 calculées précédemment.

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

10. 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 ?
11. 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. 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 (L_1) convergente et une lentille (L_2) divergente, séparées par une distance e . La distance L entre (L_1) et l'arbre n'a pas changé. La lentille (L_1), de focale f'_1 , donne de l'arbre AB une image intermédiaire $A_1 B_1$ qui joue le rôle d'objet pour la lentille (L_2), de focale f'_2 , qui en donne une image finale $A'B'$.

12. Exprimer la distance $\overline{O_2 A_1}$ en fonction de f'_1 et e (en utilisant une approximation justifiée).
13. L'image $A'B'$ 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).
14. Vérifier que cette condition est réalisée avec $f'_1 = 10 \text{ cm}$, $f'_2 = -5 \text{ cm}$ et $e = 8 \text{ cm}$.

Avec les valeurs numériques de la question 14 :

15. Calculer la distance d .
16. Calculer la taille de l'image $\overline{A'B'}$ de l'arbre sur le capteur.
17. Indiquer si ce téléobjectif est équivalent à l'objectif des questions 9 et 10.

1.3 Exploitation d'une photo



| | | |
|--|-----------------------------|-----------------------|
| 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 |

La photo ci-dessus a été prise avec un appareil photo numérique de type "Canon G10" (capteur de taille $5,7 \times 7,6 \text{ mm}$). 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 (au point B sur la carte satellite du document 3). La distance BC vaut $1,46 \text{ km}$.

18. À partir de la photo obtenue et des documents 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.

1.4 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.

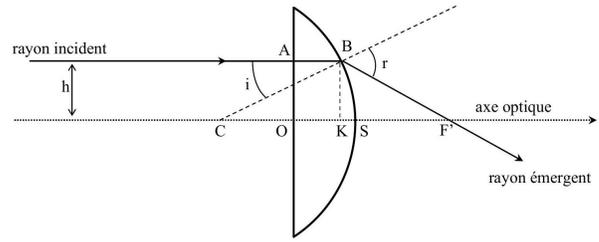


FIGURE 2 – Lentille plan-convexe

19. Écrire la loi de la réfraction en B .

20. Montrer que la distance OF' peut se mettre sous la forme : $OF' = e - R[1 - \cos(i)] + \frac{R \sin(i)}{\tan(r - i)}$

21. La lentille constitue-t-elle un système rigoureusement stigmatique ?

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

23. Dans le cas de la lentille mince, donner une expression approchée de la distance OF' .

On suppose que cette lentille possède les propriétés des lentilles minces utilisées dans les conditions de Gauss, que F' est son foyer principal image et O est son centre optique. On considère le rayon qui coïncide avec l'axe et qui n'est donc pas dévié par la lentille.

24. Exprimer le chemin optique (OSF') en fonction de e , n et r .

25. Quelle relation existe-t-il entre le chemin optique (ABF') et le chemin optique (OSF') ?

2 Transducteur

Dans le cas d'une onde acoustique ultrasonore, il est possible d'émettre une onde focalisée dans un corps humain via un dispositif électronique qui introduit un retard temporel sur le signal envoyé à chaque transducteur (figure 3). C'est une technique employée en échographie.

Soit Δt_i le retard correspondant au transducteur T_i de position x_i par rapport à l'axe Oz . On choisit les décalages temporels Δt_i de manière à focaliser le faisceau ultrasonore en un point précis, F sur la figure 5, situé à une distance f du transducteur.

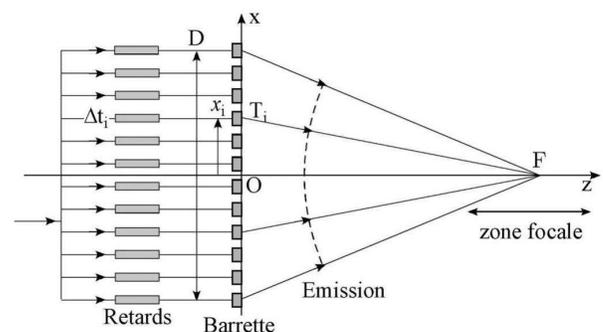


FIGURE 3 – Schéma d'une barrette de transducteurs et circuits de retard associés

26. Donner, en fonction de x_i , f et c et à une constante additive près, l'expression des Δt_i tels que les ondes émises par les N transducteurs de la barrette soient constructives au point F .

27. L'écho émis par un obstacle placé en F revient vers l'ensemble des transducteurs. Fonctionnant maintenant en récepteurs, ils délivrent chacun un signal. Quel retard temporel faut-il mettre sur le signal du transducteur T_i pour que leur addition donne un signal maximal ?

3 Décomposition de l'éthanal

On étudie la décomposition de l'éthanal CH_3CHO en CH_4 et CO . Tous les composés sont gazeux. On place n_0 moles d'éthanal seul dans une enceinte fermée, indéformable, de volume V à la température T . À l'instant initial, la pression dans l'enceinte est notée p_0 .

- Écrire l'équation de réaction. Représenter la structure de Lewis des molécules mentionnées dans l'énoncé sachant que l'éthanal présente une double liaison $\text{C}=\text{O}$ et que la forme prédominante du monoxyde de carbone ne présente pas de lacune électronique.
- L'éthanal est miscible dans l'eau alors que le monoxyde de carbone et le méthanal le sont peu (entre 20 et 30 mg/L à température ambiante). Justifier. On commentera particulièrement l'électronégativité des éléments présent dans le monoxyde de carbone et la position des charges partielles.
- Exprimer le nombre d'oxydation de chaque atome de carbone dans chaque molécule. Distinguer l'atome de carbone qui a été oxydé de celui qui a été réduit.

4 Liaisons entre molécules

- Justifier que les composés hydrogénés des éléments d'une colonne ont des températures d'ébullition plus basse que celles des composés hydrogénés de la colonne suivante.
- Justifier que, pour des composés hydrogénés d'une même colonne, la température d'ébullition augmente en fonction du numéro de ligne (ligne 2 exclue).
- Interpréter l'anomalie apparente observée par l'eau et l'ammoniac.

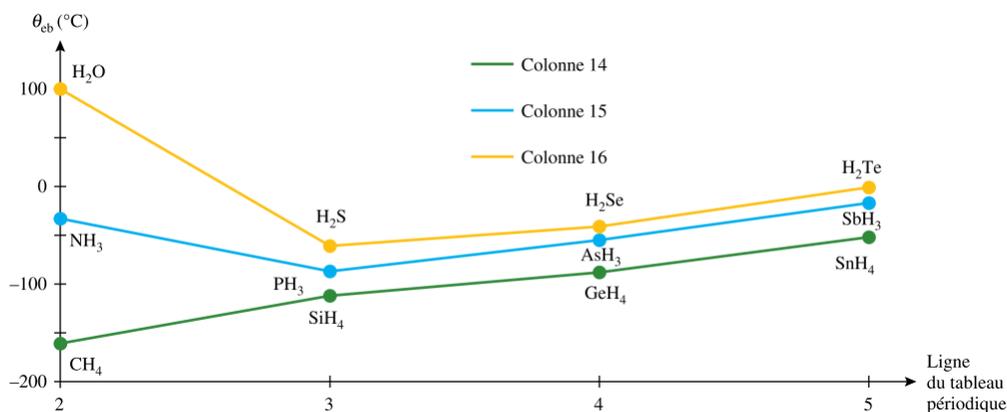


FIGURE 4 – Évolution des températures d'ébullition sous une pression de 1 bar, des composés hydrogénés des éléments des colonnes 14, 15 et 16.