

## Physique-chimie – DS 2

- Calculatrices autorisées.
- Toute A.N. sans **unité** ne comptera aucun point, et dégradera l'humeur du correcteur.
- Vérifiez l'**homogénéité** de vos relations.
- Le sujet est assez long, il n'est donc pas nécessaire de faire toutes les questions pour avoir une bonne note. Les sous-parties du problème II sont indépendantes, ne bloquez donc pas trop longtemps sur une seule, mais essayez les toutes.

## I Reconnaissance de pierres précieuses

Un collectionneur de pierres précieuses possède trois petites pierres transparentes et incolores : une moissanite, un zircon et du flint, ainsi qu'un flacon d'iodure de méthylène liquide. Les propriétés physiques de ces quatre substances sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Substance	Masse volumique ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	Indice de réfraction
Zircon	4690	1,95
Moissanite	3210	2,70
Verre Flint	3740	1,64
Iodure de méthylène	3330	1,75

Les trois pierres ont été interverties, si bien que leur propriétaire doit conduire une série d'expériences pour les reconnaître.

- 1 - L'immersion des trois pierres dans l'iodure de méthylène permet immédiatement de reconnaître la moissanite, pourquoi ?

Les deux pierres restantes sont posées sur un morceau de verre dépoli, recouvertes d'iodure de méthylène, puis éclairées depuis le haut. Un miroir incliné situé sous le verre dépoli permet d'observer le verre dépoli par en dessous. Le collectionneur constate que la pierre numéro 1 est entourée d'un contour brillant, et que ses arêtes vives sont sombres tandis que la pierre numéro 2 est entourée d'un contour sombre, et les arêtes paraissent brillantes. Pour expliquer cette observation, on modélise une pierre par un solide transparent, d'indice optique  $n_{\text{sol}}$ , et on considère que l'iodure de méthylène est liquide transparent d'indice optique  $n_{\text{liq}}$  (figure ci-dessous). Un faisceau lumineux monochromatique, en incidence normale, vient éclairer le solide, et après la traversée de celui-ci, illumine un écran situé sous le solide.



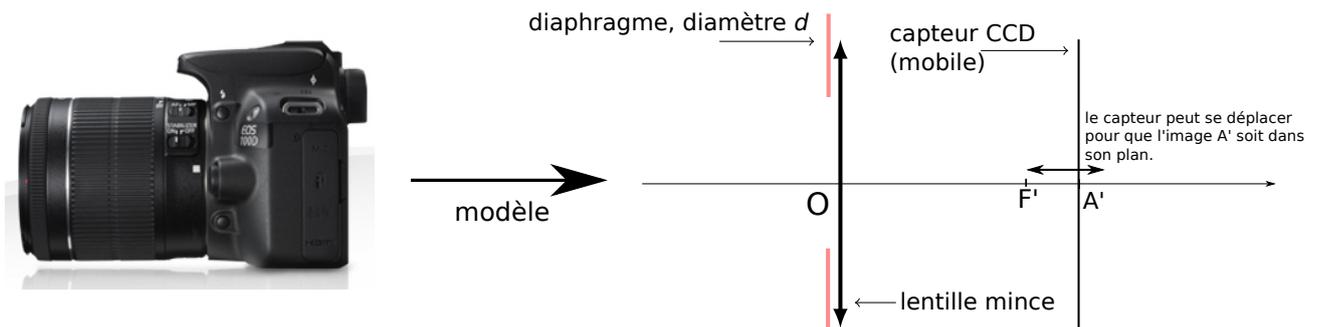
- 2 - Que signifie monochromatique ? Citer une source de lumière possédant cette propriété.
- 3 - Tracer sur les deux figures du document réponse l'allure des trajets des rayons issus de A, B, C et D jusqu'à l'écran, dans les deux cas (on ne tiendra pas compte des rayons réfléchis) en justifiant votre démarche.

- 4 - En déduire qualitativement les zones de plus forte et de plus faible intensité lumineuse sur l'écran.
- 5 - Application : Identifier les pierres numéro 1 et numéro 2.
- 6 - Prenons l'exemple du zircon. On considère un dioptre iodure de méthylène - zircon, et une lumière arrivant sur ce dioptre avec un angle d'incidence  $i_1 = 5^\circ$  par rapport à la normale. Que vaut l'angle de réfraction  $i_2$  ?

## II Appareil photographique

### II.1 Principe de l'appareil

Le modèle simple de l'appareil photographique avec lequel nous travaillerons est décrit sur le schéma ci-dessous.



On desire photographier le tableau de La Joconde situé à  $d = 3,0\text{ m}$  en avant de l'objectif. Pour les applications numériques, on prendra  $f' = 50\text{ mm}$ . On donne la relation de conjugaison de Descartes :  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$ , et celle pour le grandissement transversal  $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$ , où les notations sont celles usuellement employées.

- 1 - Compléter le document réponse en traçant l'image  $A'B'$  de l'objet  $AB$ . La mise au point est telle que l'image est nette sur le capteur.
- 2 - Exprimer la distance  $\overline{OA'}$  à laquelle il faut placer le capteur CCD pour obtenir une image nette de la toile en fonction de  $d$  et de  $f'$ .
- 3 - On définit le tirage de l'appareil photo par la distance  $\tau = F'A'$ . Que vaut-il dans le cas présent ? Commentaire ?
- 4 - La toile a pour dimensions  $77\text{ cm} \times 53\text{ cm}$ . Sachant que le capteur a un format  $24 \times 36$  (24 mm de hauteur et 36 mm de largeur), pourra-t-on voir la Joconde entièrement ? Si oui, quelle sera sa taille sur le capteur ?

Cet appareil photographique est désormais utilisé pour photographier le ciel nocturne.

- 5 - Où doit-on placer le capteur pour que les étoiles apparaissent nettes ?

On s'intéresse plus particulièrement à la Lune. Elle est supposée sphérique, de rayon  $R_L = 1740\text{ km}$ , et de centre situé à  $D_L = 384\,000\text{ km}$  de l'objectif.

- 6 - Calculer, en minute d'arc ( $1^\circ = 60$  minutes), le rayon angulaire apparent  $\alpha$  du disque lunaire vu par l'objectif de l'appareil photographique, c'est-à-dire l'angle sous lequel on voit la Lune.
- 7 - Avec cet appareil, on photographie la pleine Lune, l'axe optique de l'objectif étant dirigé vers le centre du disque lunaire. Quel est le diamètre de la Lune sur le capteur ?
- 8 - On effectue un tirage sur du papier de format  $10 \times 15\text{ cm}^2$ . Quel est le diamètre  $d_p$  du disque lunaire sur le papier ? Commentaire ?

## II.2 Téléobjectif

Afin d'obtenir une image de meilleure qualité, le photographe se munit d'un téléobjectif. Ce système est réalisé en associant deux lentilles distantes de  $e$  : une lentille convergente  $L_1$  de centre optique  $O_1$  et de focale  $f'_1$  et une lentille divergente  $L_2$  de centre  $O_2$  et de focale  $f'_2$ . On prendra pour les applications numériques :  $f'_1 = 50$  mm,  $f'_2 = -50$  mm et  $e = \overline{O_1O_2} = 31$  mm.

9 - Faire un schéma optique du dispositif en respectant l'échelle.

10 - On considère un objet  $AB$  à l'infini.  $A$  est sur l'axe optique. Les rayons provenant de  $B$  arrivent avec un angle  $\alpha$  par rapport à l'axe optique.

On note  $A_1B_1$  l'image de  $AB$  par la lentille  $L_1$ . Où se situe le point  $A_1$  ? Dans quel plan est le point  $B_1$  ?

### Étude du grandissement

11 - On note  $A'B'$  l'image de  $A_1B_1$  par la seconde lentille. La position du capteur est telle que cette image est située sur le capteur.

À partir de la question précédente, et en utilisant la relation de conjugaison, déduire la distance  $p' = \overline{O_2A'}$  entre la lentille  $L_2$  et le capteur en fonction de  $f'_1$ ,  $f'_2$  et  $e$ . Faire l'application numérique.

12 - Le faisceau de rayons arrivant de  $B$  fait un angle  $\alpha = 4,5 \times 10^{-3}$  rad avec l'axe optique. Quelle est l'expression et la valeur de la taille de l'objet  $A_1B_1$  ?

13 - Exprimer le grandissement transversal  $\gamma_2$  de la lentille 2 en fonction de  $p'$ ,  $f'_1$  et  $e$ .

14 - En déduire l'expression de  $r$ , le rayon de l'image de la Lune sur le capteur en fonction de  $f'_1$ ,  $e$ ,  $p'$  et  $\alpha$ . Faire l'application numérique.

Par combien ce diamètre a-t-il été multiplié par rapport au cas précédant sans téléobjectif ?

### Constructions géométriques

15 - On considère d'abord la lentille  $L_1$  seule. Construire l'image  $A_1B_1$  de  $AB$  par cette lentille. On fera un schéma à l'échelle.

16 - Faire ensuite, sur un second schéma, la construction de l'image  $A'B'$  de  $A_1B_1$  par la lentille  $L_2$ .

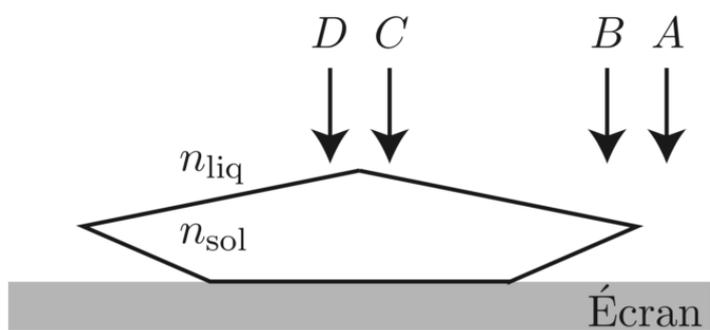
## II.3 Photons

On souhaite estimer le nombre de photons en provenance de la Lune reçus par le capteur de l'appareil. La puissance lumineuse par unité de surface, reçue sur Terre de la part de la pleine Lune est de l'ordre de  $\Phi = 2 \times 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Pour nos calculs, on considérera que cette lumière peut-être assimilée à une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 500$  nm. On donne la constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  et le diamètre de la lentille frontale de l'appareil  $D = 5$  cm. Il faudra aussi utiliser la célérité de la lumière. On considère un temps de pose  $\Delta t = 2,0$  s, c'est-à-dire que le capteur reçoit de la lumière pendant deux secondes.

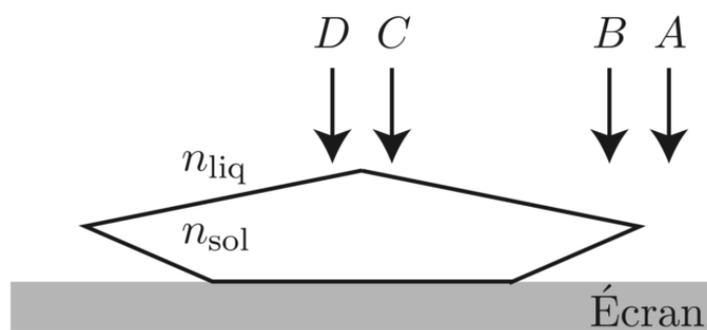
17 - Donner l'expression puis la valeur du nombre de photons reçu par le capteur de l'appareil.

### III Document réponse

#### Partie I



Cas  $n_{\text{liq}} > n_{\text{sol}}$



Cas  $n_{\text{sol}} > n_{\text{liq}}$

#### Partie II

Tracer l'image de AB (on fera apparaître trois rayons).

