

DS n°3
de PHYSIQUE-CHIMIE

durée : 2h

Consignes :

Calculatrice autorisée

- Rédiger votre devoir sur une **copie double**, avec une **marge en en-tête** et une **marge à gauche** de chaque page.
- Toute réponse non justifiée ne sera pas prise en compte.
- Encadrer vos **expressions littérales** (EL) ; souligner les **applications numériques** (AN) et les **mots-clés importants**.
- N'écrivez **rien au crayon de papier** sur votre copie (ce ne sera pas lu).
- Ne rendez pas l'énoncé (ou une partie de l'énoncé...) avec votre copie.
- Ecrire « Bonus » à la fin de la copie pour bénéficier d'une majoration de 0,5 point sur la note finale (pour avoir lu l'ensemble des consignes...).

Conseils :

- Vérifier **l'homogénéité** de vos expressions littérales.
- Une AN sans unité ne vaut en général rien.
- Limiter au maximum l'usage du brouillon (mais garder une copie qui ne ressemble pas à un brouillon).
- N'hésitez pas à aérer un minimum votre copie !

1^{ère} Partie : Reconnaissance de pierres précieuses (≈ 30 min)

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 (USI)	Indice de réfraction
Zircon	4690	1,95
Moissanite	3210	2,70
Verre Flint	3740	1,64
Iodure de méthylène	3330	1,75

Q0 : Préciser l'USI associée à la masse volumique, et préciser la valeur en écriture scientifique de la masse volumique de l'iodure de méthylène en $\text{dg} \cdot \text{mm}^{-3}$.

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

Q1 : L'immersion des trois pierres dans l'iodure de méthylène permet immédiatement de reconnaître la moissanite. Justifier.

Les deux pierres restantes sont alors posées sur un morceau de verre dépoli, immergées 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 sont sombres tandis que la pierre numéro 2 est entourée d'un contour sombre, et les arêtes paraissent brillantes. (cf. figure ci-dessous)



Pour expliquer cette observation, on modélise chaque pierre par un solide transparent, d'indice optique n_{sol} , et on considère que l'iodure de méthylène est liquide transparent d'indice optique n_{liq} . 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, cf. figure du document-réponse.

Q2 : Rappeler la signification d'une lumière monochromatique et citer une source lumineuse possédant cette propriété.

Q3 : Tracer sur les deux figures du document-réponse (à rendre avec votre copie !) 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.

Q4 : En déduire qualitativement les zones de plus forte et de plus faible intensité lumineuse sur l'écran.

Q5 : Identifier les pierres numérotées 1 et 2.

Q6 : On considère un dioptre iodure de méthylène / zircon, et une lumière arrivant sur ce dioptre avec un angle d'incidence $i_1 = 5,0^\circ$ par rapport à la normale. Calculer la valeur de l'angle de réfraction i_2 .

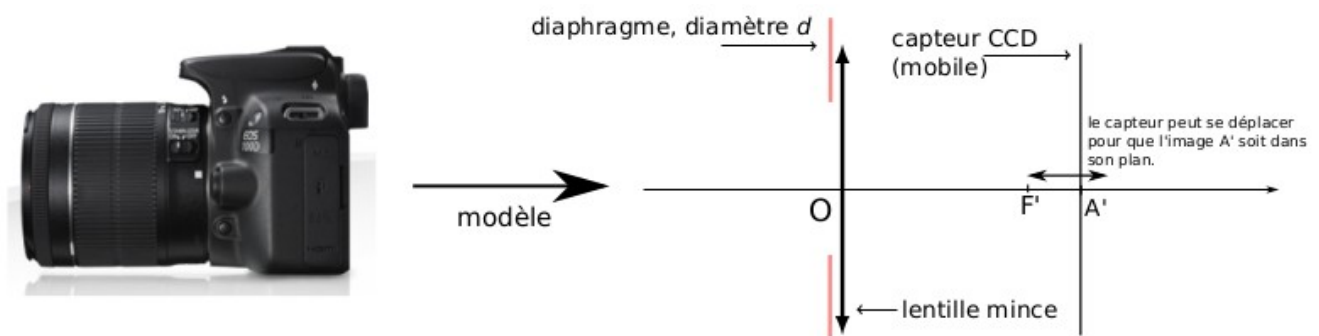
2^{ème} Partie : Appareil photographique numérique ($\approx 1h10$ min)

Données : On rappelle la relation de conjugaison de Descartes où A est le point objet conjugué au point image A' par la lentille de focale f' et de centre O : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

et la relation du grandissement transversal de Descartes : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

II.A) Principe de l'appareil

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



On désire photographier le tableau de La Joconde situé à $d = 3,0$ m en avant de l'objectif. Pour les applications numériques, on prendra $f' = 50$ mm.

Q7 : Compléter le document-réponse en traçant l'image A'B' de l'objet AB ; la mise au point étant telle que l'image est nette sur le capteur.

Q8 : 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 f' .

On définit le tirage de l'appareil photo par la distance $\zeta = \overline{F'A'}$.

Q9 : Rappeler le nom de la lettre (grecque) ζ .

Q10 : Déterminer l'expression du tirage dans le cas étudié en fonction des paramètres d et f' uniquement, puis réaliser l'application numérique et commenter le résultat obtenu.

Q11 : Sachant que le capteur a un format 24x36 (24 mm de hauteur et 36 mm de largeur) et que le tableau a pour dimension 77cm×53cm, déterminer si la Joconde sera intégralement photographiée. Si oui, préciser la taille de son image sur le capteur.

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

Q12 : Préciser la position où le capteur doit être placé pour que les étoiles apparaissent nettes. Justifier.

On s'intéresse plus particulièrement à la Lune. Elle est supposée sphérique, de rayon $R_L = 1,74$ Mm et de centre L situé à $D_L = 384$ Mm de l'objectif.

Q13 : Calculer, en minute d'arc (rappel : $1^\circ = 60$ minutes d'arc), le rayon angulaire apparent α du disque lunaire vu par l'objectif de l'appareil photo, c'est-à-dire l'angle sous lequel on voit la Lune.

Q14 : Prouver que la Lune est bien visible à l'œil nu depuis la surface de la Terre.

On photographie la pleine Lune avec l'appareil photographique étudié, l'axe optique de l'objectif étant dirigé vers le centre du disque lunaire.

Q15 : Calculer le diamètre D' de l'image de la Lune sur le capteur.

On effectue un tirage sur du papier de format $10 \times 15 \text{ cm}^2$.

Q16 : Calculer la valeur du diamètre D_p du disque lunaire sur le papier, et commenter la valeur obtenue.

II.B) Utilisation d'un téléobjectif

Afin d'obtenir une image de meilleur qualité, le photographe se munit d'un téléobjectif. Ce système est réalisé en associant deux lentilles séparées par une distance 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 application numériques : $f'_1 = 50 \text{ mm}$, $f'_2 = -50 \text{ mm}$ et $e = O_1O_2 = 31 \text{ mm}$.

Q17 : Faire un schéma du dispositif optique en respectant l'échelle.

On considère un objet AB à l'infini. A est sur l'axe optique. Les rayons provenant de B arrivent avec un angle α par rapport à l'axe optique. On note A_1B_1 l'image de AB par la lentille L_1 .

Q18 : Préciser la position du point A_1 , ainsi que le nom du plan contenant les points A_1 et B_1 .

Étude du grandissement

On note $A'B'$ l'image de A_1B_1 par la lentille L_2 . La position du capteur est telle que cette image est située sur le capteur.

Q19 : A partir de la question précédente, et en utilisant la relation de conjugaison, déterminer la distance $p' = \overline{O_2A'}$ entre la lentille L_2 et le capteur en fonction des paramètres f'_1 , f'_2 et e . Faire l'application numérique.

Le faisceau de rayons arrivant de B fait un angle $\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ avec l'axe optique.

Q20 : Déterminer l'expression de la taille de l'objet A_1B_1 en fonction des paramètres α et f'_1 . Faire l'application numérique.

Q21 : Exprimer le grandissement transversal γ_2 de la lentille L_2 en fonction de p' , f'_1 et e .

Q22 : En déduire l'expression de D'_L , le nouveau diamètre de l'image de la Lune sur le capteur en fonction de f'_1 , e , p' et α . Faire l'application numérique et conclure sur l'intérêt du téléobjectif.

Constructions géométriques

Q23 : Construire l'image A_1B_1 de l'objet AB par la lentille L_1 . On fera un schéma à l'échelle.

Q24 : Réaliser sur un second schéma la construction de l'image $A'B'$ de l'objet A_1B_1 par la lentille L_2 .

II.C) Une histoire de photons

On souhaite estimer le nombre de photons en provenance de la Lune reçus par le capteur de l'appareil pendant un temps de pause donné.

La puissance lumineuse par unité de surface, reçue sur Terre de la part de la pleine Lune, est de l'ordre de $\Phi = 2 \cdot 10^{-3} \text{ W.m}^{-2}$. Pour simplifier les calculs, on considérera que cette lumière peut-être assimilée à une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$.

On précise par ailleurs les valeurs de la constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ et de la célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$, ainsi que celle du diamètre de la lentille frontale de l'appareil : $D = 5 \text{ cm}$.

Q25 : Rappeler l'expression de l'énergie d'un photon associé à une onde de fréquence ν . Faire l'application numérique dans le cadre de la lumière reçue par la lune.

Q26 : Déterminer l'expression puis la valeur du nombre de photons reçus par le capteur de l'appareil pour un temps de pause égal à $\Delta t = 2,0 \text{ s}$.

Q31 : Parmi toutes les espèces étudiées, préciser celles qui sont polaires en justifiant la réponse.

IUPAC Periodic Table of the Elements																		18
1 H hydrogen 1.008 (1.0078, 1.0082)																	2 He helium 4.002	
3 Li lithium 6.94 (6.938, 6.997)	4 Be beryllium 9.0122	Key: atomic number Symbol name <i>Conventional atomic weight</i> standard atomic weight										13 B boron 10.81 (10.806, 10.821)	14 C carbon 12.011 (12.009, 12.012)	15 N nitrogen 14.007 (14.006, 14.008)	16 O oxygen 15.999 (15.999, 16.000)	17 F fluorine 18.998	18 Ne neon 20.180	
11 Na sodium 22.990	12 Mg magnesium 24.305 (24.304, 24.307)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al aluminium 26.982 (26.984, 26.986)	14 Si silicon 28.086 (28.084, 28.086)	15 P phosphorus 30.974	16 S sulfur 32.06 (32.059, 32.076)	17 Cl chlorine 35.45 (35.445, 35.457)	18 Ar argon 39.948	
19 K potassium 39.098	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.956	22 Ti titanium 47.867	23 V vanadium 50.942	24 Cr chromium 51.996	25 Mn manganese 54.938	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933	28 Ni nickel 58.693	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(2)	31 Ga gallium 69.723	32 Ge germanium 72.630(8)	33 As arsenic 74.922	34 Se selenium 78.971(8)	35 Br bromine 79.904	36 Kr krypton 83.798(2)	
37 Rb rubidium 85.468	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.906	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906	42 Mo molybdenum 95.95	43 Tc technetium 101.07(2)	44 Ru ruthenium 101.07(2)	45 Rh rhodium 106.42	46 Pd palladium 106.42	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60(3)	53 I iodine 126.90	54 Xe xenon 131.29	
55 Cs caesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(2)	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23(3)	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38 (204.38, 204.39)	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium	85 At astatine	86 Rn radon	
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganeson	



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

[illegible]

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 28 November 2016.
Copyright © 2016 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.