

## Devoir Maison n° 2

**A rendre le jeudi 24 novembre**

### Exercice n°1 : CCS TSI 2016

On s'intéresse à quelques éléments du matériel d'un astronome amateur adepte de l'imagerie numérique et désirent photographier Jupiter lors d'une période favorable à son observation. Dans cette étude, on modélisera simplement les éléments optiques de son instrument d'observation.



Figure 3

#### A. Observation de Jupiter

- 1) Pour un observateur terrestre, Jupiter est vue sous un angle  $\alpha$  qui varie suivant la distance Terre-Jupiter. Les orbites de la Terre et de Jupiter sont assimilées à des cercles dans un même plan, ayant pour centre le Soleil, de rayons respectifs  $R_T = 150 \times 10^6$  km et  $R_J = 780 \times 10^6$  km et décrits dans le même sens. Jupiter est modélisée par une sphère de diamètre  $d_J = 140\,000$  km.
  - a) Calculer sous quel angle maximal  $\alpha_0$  on voit Jupiter depuis la Terre.
  - b) Cette situation, la plus favorable à l'observation, porte le nom d'opposition de Jupiter. Proposer une explication pour ce nom.
  
- 2) On admet que chacune des orbites est décrite à vitesse constante (pas la même pour la Terre et Jupiter) et que les périodes de révolution (temps pour décrire une orbite)  $T_T$  et  $T_J$  vérifient la troisième loi de Kepler :  $T_T^2 = KR_T^3$  et  $T_J^2 = KR_J^3$  où  $K$  est une constante (la même pour les deux planètes). On donne  $T_T = 365,25$  jours. Calculer  $T_J$  et le temps qui s'écoule entre deux oppositions de Jupiter.

À cause des imperfections du modèle, la valeur de  $\alpha_0$  n'est pas exactement celle trouvée au 1, mais  $\alpha_0 = 50''$  ( $3600'' = 1^\circ$ ). On adoptera cette valeur dans toute la suite du problème.

B. L'astronome amateur désire photographier la planète Jupiter vue depuis la Terre à l'opposition. Il utilise une lunette astronomique (voir figure 4 à gauche) dont l'objectif est assimilé à une lentille mince convergente  $L_1$  de diamètre  $d_1 = 235$  mm et de distance focale  $f'_1 = 2350$  mm, monté sur un tube  $\mathcal{T}_1$ . Une caméra CCD est fixée sur un tube  $\mathcal{T}_2$  appelé « porte oculaire ». La mise au point est faite en faisant coulisser  $\mathcal{T}_2$ . Dans toute la suite (sauf question D), on se placera dans le cadre de l'optique géométrique et dans les conditions de Gauss.

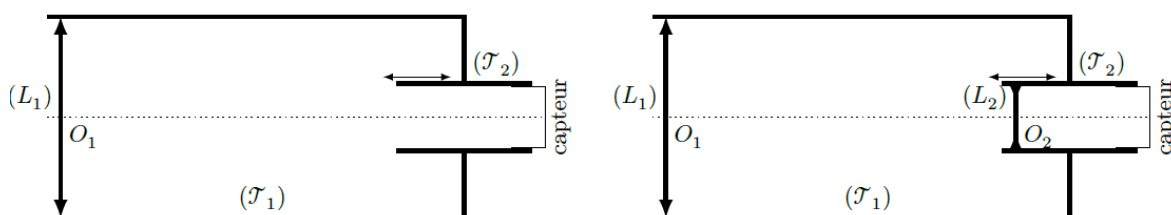


Figure 4

Le fabricant de la caméra donne les caractéristiques techniques suivantes pour le capteur : modèle ICX618, type CCD, noir et blanc, rectangulaire de diagonale  $d_c = 4,48$  mm, surface  $S_c = 9,63$  mm<sup>2</sup>, comptant  $N = 307200$  pixels de forme carrée.

- 1) Calculer la largeur  $\ell_c$  et la hauteur  $h_c$  du capteur, ainsi que la largeur  $\varepsilon_c$  d'un pixel.
  - 2) Expliquer pourquoi il est très raisonnable de considérer que Jupiter est située à l'infini, ce qu'on supposera pour toute la suite.
  - 3) À quelle distance de  $L_1$  faut-il placer le capteur pour y obtenir une image nette de Jupiter ? Quelle est alors la largeur, exprimée en nombre de pixels, de l'image de Jupiter sur le capteur ?
  - 4) Pour estimer la précision avec laquelle on doit faire la mise au point, on suppose que l'ensemble ( $\mathcal{T}_2$ -capteur) se trouve à une distance  $\varepsilon_0$  de la position assurant une image parfaitement nette. En raisonnant sur les rayons issus du point de Jupiter situé sur l'axe optique de  $L_1$ , expliquer physiquement (faire un schéma) que l'image de ce point sur le capteur n'est plus ponctuelle et forme une tache de largeur  $\varepsilon_t$ . On distinguera les deux sens possibles de décalage du porte oculaire.
  - 5) À quelle condition sur  $\varepsilon_t$  et  $\varepsilon_c$  cette non ponctualité ne se remarquera pas sur le capteur utilisé ? En déduire la valeur maximale autorisée pour  $\varepsilon_0$  sans qu'il y ait d'incidence sur la netteté de l'image formée sur le capteur (tolérance sur la mise au point).
- C.** Pour obtenir une image plus grande de la planète, on intercale une lentille de Barlow, modélisée ici par une lentille mince ( $L_2$ ) divergente, de distance focale  $f'_2$ , placée à la distance  $D_{2c} = 200$  mm du capteur (figure 4 à droite). La mise au point se fait en translatant l'ensemble ( $L_2$ -capteur), fixé sur le tube porte oculaire. On notera  $D_{12}$  la distance entre ( $L_1$ ) et ( $L_2$ ) et on admettra que  $F'_1$  est situé entre ( $L_2$ ) et le capteur.
- 1) Comment faut-il choisir  $f'_2$  et à quelle valeur doit-on régler  $D_{12}$  pour que le dispositif produise sur le capteur de la caméra une image de Jupiter trois fois plus large que précédemment ?
  - 2) Le dispositif de Barlow est alors qualifié de « tripleur de focale ». Proposer une justification à ce terme.
- D.** Jusqu'à présent, on a négligé les effets de la diffraction, qui produit un étalement des images. En supposant que l'effet dominant est la diffraction à travers l'ouverture délimitant  $L_1$ , estimer (ordre de grandeur) la largeur  $\varepsilon_u$  sur le capteur de l'image d'un objet ponctuel situé à grande distance suivant l'axe optique, dans le cas de la lunette munie du tripleur de focale. On considérera que la mise au point est parfaite et que l'ensemble de la chaîne optique est assimilable à une lentille de diamètre  $d_1$  et de focale  $3f'_1$ . Les candidats introduiront une longueur d'onde et en proposeront un ordre de grandeur raisonnable. Commenter le résultat obtenu.

## Exercice n°2 : Le Brome (Olympiades de Chimie)

### Voyage dans l'espace :

La sonde INA 13 a mis en évidence à 20 milliards d'années-lumière une planète qui ne possède que 36 éléments. La structure électronique obéit toujours aux règles de remplissage de Pauli, Klechkowski et Hund mais les nombres quantiques vérifient :  $n$  : entier strictement positif ;  $l$  : entier tel que  $0 \leq l \leq n-1$ ,  $m_l$  : entier tel que  $0 \leq m_l \leq l$ ,  $m_s = -\frac{1}{2}, 0$  ou  $\frac{1}{2}$  (notés  $\downarrow \cdot \uparrow$ )

- 1) Etablir le nouveau tableau périodique (les 4 premières lignes suffiront). Justifier soigneusement.
- 2) Placer le brome ( $Z = 35$ ) en donnant sa structure électronique.

### Retour sur Terre :

- 3) Ecrire la structure électronique du Brome.
- 4) A quelle famille appartient-il ?
- 5) Quel ion forme-t-il facilement ?