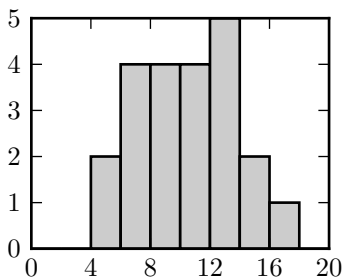


# Atomistique et instruments d'optique

## Bilan du devoir

### Notes



- ▷ Barème brut sur 93, transformé en note sur 20 par proportionnalité.
- ▷ Moyenne de la classe : 31/90, arbitrairement choisie à 10,5/20 car j'estime le devoir plutôt réussi ... sans qu'il n'y ait pour autant lieu de s'emballer vue la difficulté du sujet.
- ▷ Les notes sont raisonnablement étalées, comprises entre 4,2 et 16,3/20 (48/93) alors que la meilleure copie perd plusieurs points bêtement. La structure de classe se confirme avec trois copies au dessus de 15 et un grand nombre de copies assez homogènes entre 10 et 13.

### Commentaires principaux

- ▷ La partie I concerne des chapitres plutôt simples et a été globalement bien traitée. À de rares exceptions près, les principaux objectifs du cours sont atteints. Le bilan est donc satisfaisant ! Seul point décevant, l'énoncé des règles n'est pas parfaitement maîtrisé alors que la question tombe tous les ans ...
- ▷ La partie II a été moins bien traitée, souvent par manque de temps. Cependant, les questions faites en cours (instrument afocal, calcul du grossissement) sont massivement refaites à peu près correctement, ce qui est positif. Vous êtes dans l'ensemble en bonne voie et il faut continuer.
- ▷ En revanche, vous perdez de nombreux points faute de justifier correctement et complètement vos réponses. Il est regrettable de ne gagner que la moitié des points, voire même parfois aucun, pour un raisonnement que vous *savez faire*.

### Erreurs trop courantes à éviter

- 2** - Un atome compte aussi des électrons.
- 9** - Il faut justifier par des arguments de science plus que par votre apprentissage du tableau périodique.
- 14** - Attention, ce sont les électrons de la sous-couche  $4s$  ( $n$  le plus grand) qui sont arrachés avant ceux de la  $3d$ .
- 23** - Les mauvaises réponses sont étonnamment nombreuses.
- 24** - En tout début d'énoncé, une justification complète et précise est attendue : presque tout le monde connaît la réponse, mais la moyenne de classe n'est que de 1,3/2,5.
- 26** - Beaucoup d'entre vous ont changé de rayon au niveau de l'image intermédiaire, et ne répondent donc pas à la question qui demande *tout* le trajet du *même* rayon.
- 27** - Sans surprise, beaucoup de dérapages pas très contrôlés sur les signes.
- 28** - Il faut convertir l'angle en radian pour les applications numériques.

## I - Autour du chrome

❖ *Barème : 43 pts au total.*

### I.A - Isotopes

1 Deux isotopes sont deux noyaux qui possèdent le même nombre de protons, mais pas le même nombre de neutrons.

❖ *Barème : 1 pt*

2 Un atome de chrome 52 compte 24 protons, 24 électrons, et  $52 - 24 = 28$  neutrons.

❖ *Barème : 1 pt*

3 Estimons d'abord la masse moyenne  $m_{\text{Cr}}$  d'un atome de chrome en tenant compte des abondances isotopiques. Notons  $m_{\text{nucl}} \simeq 1,6 \cdot 10^{-27}$  kg la masse d'un nucléon.

$$m_{\text{Cr}} = \frac{4,3 \times 50 m_{\text{nucl}} + 83,8 \times 52 m_{\text{nucl}} + 9,5 \times 53 m_{\text{nucl}} + 2,4 \times 54 m_{\text{nucl}}}{100} \simeq 8,5 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

La masse molaire s'en déduit,

$$M_{\text{Cr}} = N_{\text{A}} \times m_{\text{Cr}} \simeq 51 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

| La valeur tabulée est  $M_{\text{Cr}} = 52,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

❖ *Barème : 4 pts : 1+1 pts pour la masse atomique moyenne, 1+1 pts pour la masse molaire*

4 Un noyau de chrome est transformé en noyau de vanadium au cours de la transformation : il s'agit d'une transformation nucléaire.

❖ *Barème : 1 pt*

5 Par conservation du nombre de charge,

$$Z_{\text{Cr}} - 1 = Z_{\text{V}} + 0 \quad \text{d'où} \quad Z_{\text{V}} = 23.$$

Par conservation du nombre de masse,

$$51 + 0 = A + 0 \quad \text{d'où} \quad A = 51.$$

❖ *Barème : 1 pt*

### I.B - Configuration électronique

6 Dans l'état fondamental d'un atome, les sous-couches électroniques sont remplies par ordre de  $n + \ell$  croissant, et à  $n + \ell$  égal par ordre de  $n$  croissant. La configuration électronique du chrome est donc

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4.$$

❖ *Barème : 3 pts : 2 pour l'énoncé, 1 pour la configuration*

7 Comme la configuration termine en  $d^4$  alors le chrome appartient à la quatrième colonne du bloc  $d$ . Le bloc  $d$  se trouvant juste à droite du bloc  $s$ , on en déduit que le chrome se trouve dans la sixième colonne du tableau périodique. Enfin, la valeur maximale de  $n$  dans la configuration du chrome est 4, il appartient donc à la quatrième ligne.

❖ *Barème : 3 pts : 1 par élément de réponse*

8 La position du molybdène indique que sa configuration électronique se termine en  $4d^4$ , elle s'écrit donc

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^4.$$

On en déduit son numéro atomique

$$Z_{\text{Mo}} = 42.$$

❖ *Barème : 1 pt*

9 L'élément au dessus du chrome aurait une configuration qui terminerait par  $2d^4$ . Or la sous-couche  $2d$  n'existe pas : on en déduit qu'il n'y a pas d'élément au dessus du chrome dans le tableau périodique.

Il faut justifier par des arguments scientifiques, pas parce que vous connaissez par cœur le tableau périodique.

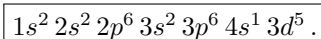
❖ *Barème : 1 pt*

**10** Les électrons de valence du chrome sont les six électrons  $4s^2$  et  $3d^4$ . La règle de Hund indique que dans le cas d'une sous-couche incomplète, l'état fondamental est celui dans lequel les électrons occupent le maximum d'orbitales atomiques, le spin des électrons non-appariés étant parallèle. Ici la sous-couche  $3d$  est incomplète et compte cinq orbitales. On en déduit que les quatre électrons  $3d$  occupent quatre orbitales différentes où ils sont seuls : l'atome de chrome compterait donc **quatre électrons célibataires**.

Il est tout à fait possible de justifier par un diagramme énergétique.

❖ *Barème : 3 pts : 1,5 pts pour la règle de Hund, 1 pt pour la justification et 0.5 pt pour le nombre.*

**11** Si les six électrons de valence sont célibataires, c'est que l'un des électrons  $4s$  se trouve en fait dans l'orbitale  $3d$  initialement vide. La configuration correcte est donc



Cela permet au chrome d'avoir une **sous-couche de valence à moitié remplie**, ce qui lui confère un gain de stabilité.

❖ *Barème : 2 pts : 1 pour la config, 1 pour sous-couche à demi-remplie*

## I.C - Ionisations successives

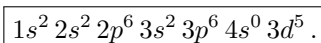
**12** L'ion  $\text{Cr}^{6+}$  a pour configuration électronique  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  qui est celle du gaz noble argon. Il s'agit donc d'une configuration extrêmement stable, c'est pourquoi arracher un septième électron devient nettement plus coûteux en énergie.

❖ *Barème : 2 pts*

**13** Ioniser la totalité des électrons de valence d'un atome donne toujours une configuration de type gaz noble, et la rupture dans l'évolution des énergies d'ionisations discutée à la question précédente se retrouve systématiquement. Il faut donc repérer pour quelle ionisation a lieu cette rupture, **cette valeur correspondant au nombre d'électrons de valence de l'atome**.

❖ *Barème : 2 pts*

**14** L'ion  $\text{Cr}^+$  a pour configuration



Attention, ce sont les électrons de la sous-couche de  $n$  le plus grand qui sont arrachés les premiers lors de la formation d'un cation monoatomique.

❖ *Barème : 1 pt*

**15** Pour que l'ionisation ait lieu, la fréquence  $\nu$  du photon doit valoir

$$\nu = \frac{E_1^{(i)}}{h}$$

avec  $h$  la constante de Planck. D'après la relation de dispersion,  $\nu = c/\lambda$  d'où

$$\lambda = \frac{hc}{E_1^{(i)}}.$$

Numériquement,  $h \simeq 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,  $c \simeq 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  et  $E_1^{(i)} = 6,8 \times 1,6 \cdot 10^{-19} \simeq 1,0 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ , d'où

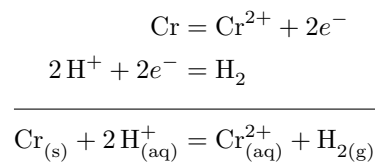
$$\lambda \simeq 180 \text{ nm}.$$

Il s'agit d'un **rayonnement ultraviolet**.

❖ *Barème : 3 pts : 1 pour l'expression littérale, 1 pour la valeur numérique, 1 pour l'UV*

## I.D - Oxydoréduction

16 Les couples impliqués sont  $\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}$  et  $\text{H}^+/\text{H}_2$ . L'équation bilan s'écrit donc



| L'ion  $\text{Cl}^-$  est spectateur et n'apparaît donc pas dans l'équation bilan.

❖ Barème : 2 pts

17 Au cours de la transformation le chrome cède deux électrons, il agit donc en tant que **réducteur**. Cela n'est pas très surprenant car le chrome se trouve plutôt à gauche du tableau périodique, du côté des éléments peu électronégatifs.

❖ Barème : 2 pts

## I.E - Éthylotest

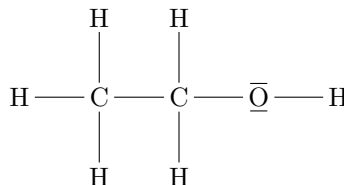
18 ▷ H :  $Z_{\text{H}} = 1$  donc  $1s^1$  ;  
▷ C :  $Z_{\text{C}} = 6$  donc  $1s^2 2s^2 2p^2$  ;  
▷ O :  $Z_{\text{O}} = 8$  donc  $1s^2 2s^2 2p^4$ .

❖ Barème : 1 pt : 0.5+0.5 pour C et O. H est évident et ne rapporte pas de point :)

19 Le carbone et l'oxygène font partie de la deuxième période et doivent absolument respecter la **règle de l'octet**, c'est-à-dire qu'ils ne sont jamais entourés de plus de quatre doublets dans une molécule. Le chrome fait partie de la quatrième période et peut donc être hypervalent.

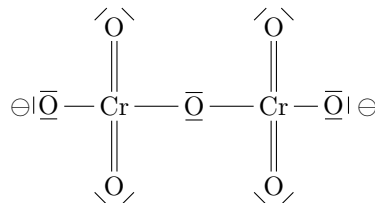
❖ Barème : 2 pts : 1 pour l'octet si elle est expliquée, 1 pour l'hypervalence

20 Nombre de doublets :  $\frac{2 \times 4 + 5 + 6 + 1}{2} = 10$ , d'où



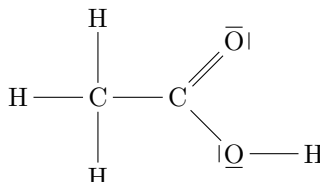
❖ Barème : 1 pt

21 Nombre de doublets :  $\frac{2 \times 6 + 7 \times 6 + 2}{2} = 28$  d'où



❖ Barème : 3 pts

22 Nombre de doublets :  $\frac{4 + 3 \times 1 + 4 + 2 \times 6 + 1 + 1}{2} = 12$  d'où



La structure des acides carboxyliques doit être connue !

❖ Barème : 2 pts

## II - Observation de Jupiter [adapté CCP PC 2015 et Centrale TSI 2016]

❖ Barème : 51 points au total

**23** La distance Terre-Jupiter est **beaucoup plus grande que les distances focales des lentilles** dont il est question dans le sujet. Il est donc raisonnable de considérer Jupiter à l'infini optique.

❖ Barème : 1 pt

### II.A - Observation à l'œil à l'aide d'une lunette astronomique

#### Grossissement

**24** Un œil normal n'accomode pas **lorsque l'objet qu'il observe se trouve à l'infini optique**. Dans le cas de la lunette astronomique, l'objet pour l'œil est l'image finale formée par l'oculaire, qui doit se trouver à l'infini. On en déduit que l'image intermédiaire, qui sert d'objet pour l'oculaire, se trouve dans le plan focal objet de l'oculaire, à une distance  $f'_2$  avant  $O_2$ . Or l'image intermédiaire est l'image formée par l'objectif d'un objet se trouvant à l'infini. L'image intermédiaire se trouve donc dans le plan focal image de l'objectif, à une distance  $f'_1$  après  $O_1$ . Finalement, on en déduit que **le plan focal image de l'objectif doit coïncider avec le plan focal objet de l'oculaire**, ou encore

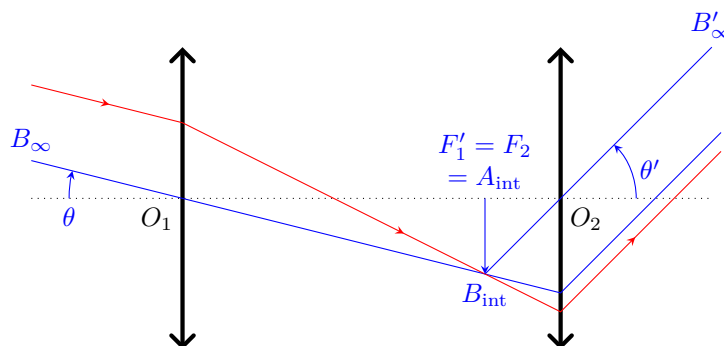
$$\overline{O_1O_2} = f'_1 + f'_2 = 2,02 \text{ m.}$$

❖ Barème : 2.5 pts : 0.5 pour l'infini, 1 pour  $A_{\text{int}} = F_2$ , 1 pour  $A_{\text{int}} = F'_1$  et la conclusion

**25** L'image par la lunette d'un objet situé à l'infini est également à l'infini. Une lunette astronomique ne possède donc **ni foyer objet, ni foyer image : c'est un instrument afocal**.

❖ Barème : 1 pt

**26** Voir figure 8.



**Figure 8 – Marche des rayons dans une lunette astronomique.** Les rayons bleus correspondent à ceux du schéma de l'énoncé. Le rayon rouge est le rayon d'intérêt. Version couleur sur le site de la classe.

**Protocole de construction :** (pas à détailler sur la copie)

- ▷ Le prolongement entre les deux lentilles des deux rayons donnés sur l'énoncé permet de déterminer la position de l'image intermédiaire  $B_{\text{int}}$  au sein de la lunette.
- ▷ On en déduit ensuite la marche du rayon quelconque : il arrive sur l'objectif parallèlement au rayon tracé (même incidence  $\theta$  car objet à l'infini), il est dévié par l'objectif afin de passer par l'image intermédiaire (propriété de stigmatisme), et est dévié par la l'oculaire afin d'émerger parallèlement au rayon tracé (même angle  $\theta'$  car image à l'infini). Bien sûr, ce rayon n'est pas dévié au niveau de l'image intermédiaire.
- ▷ Enfin, compte tenu de la position de l'image intermédiaire on peut placer les foyers :  $F'_1 = F_2 = A_{\text{int}}$ .

❖ Barème : 3.5 pts : 1 pt pour l'image intermédiaire, 2 pts pour le rayon quelconque, 0.5 pour les foyers

**27** Les notations sont celles de la figure 8, et comme la lunette est utilisée dans les conditions de Gauss on utilise l'approximation des petits angles. On identifie dans le triangle  $O_1A_{\text{int}}B_{\text{int}}$

$$\tan \theta = -\frac{A_{\text{int}}B_{\text{int}}}{O_1A_{\text{int}}} \quad \text{soit} \quad \theta = -\frac{A_{\text{int}}B_{\text{int}}}{f'_1}$$

car l'image intermédiaire se trouve dans le plan focal image de l'objectif.

On sait à partir du dessin que  $\theta < 0$ , donc que  $\tan \theta < 0$ . Il faut donc penser à rajouter le signe – « à la main » lorsqu'on exprime la tangente en fonction des longueurs. Il est aussi possible d'exprimer la tangente à partir des longueurs algébriques.

De même, dans le triangle  $O_2A_{\text{int}}B_{\text{int}}$ ,

$$\tan \theta' = \frac{A_{\text{int}}B_{\text{int}}}{O_2A_{\text{int}}} \quad \text{soit} \quad \theta' = \frac{A_{\text{int}}B_{\text{int}}}{f_2'}$$

car l'image intermédiaire se trouve dans le plan focal objet de l'oculaire. Finalement

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = -\frac{A_{\text{int}}B_{\text{int}}}{f_2'} \frac{f_1'}{A_{\text{int}}B_{\text{int}}} \quad \text{soit} \quad \boxed{G = -\frac{f_1'}{f_2'} = -100.}$$

❖ **Barème** : 5 pts : 2 pour la méthode et les signes, 2 pour  $\theta$  et  $\theta'$ , 1 pour  $G$

**28** À la limite de résolution,  $\theta' = 60''$  donc  $|\theta| = \theta' / |G| = 0,6''$ . Comme la distance  $D$  entre la Terre et Jupiter est connue, alors la hauteur  $h$  du plus petit détail visible s'en déduit par

$$h = D\theta \simeq 1,7 \cdot 10^3 \text{ km.}$$

Attention à penser à convertir  $\theta$  en radians pour l'application numérique.

❖ **Barème** : 3 pts : 2 littéral, 1 numérique

### Diaphragme d'ouverture

**29** Voir figure 9. Les déviations des deux rayons extrêmes sont déterminées en utilisant le stigmatisme : ces rayons se coupent forcément sur l'axe optique au niveau de l'image intermédiaire.

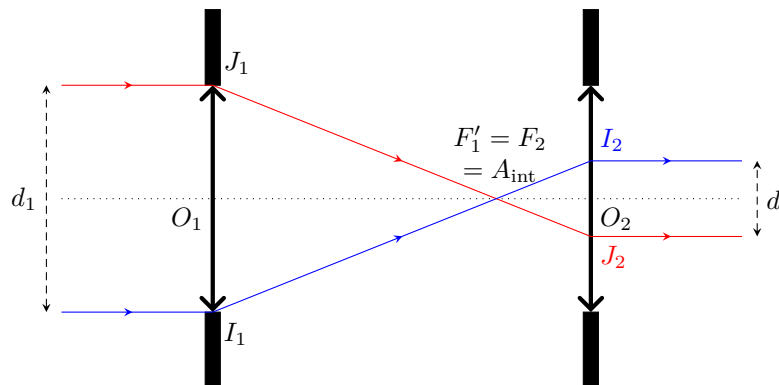


Figure 9 – Diaphragme d'ouverture d'une lunette astronomique. Version couleur sur le site de la classe.

❖ **Barème** : 2 pts

**30** D'après le théorème de Thalès dans les triangles  $O_1J_1A_{\text{int}}$  et  $O_2J_2A_{\text{int}}$ ,

$$\frac{O_1J_1}{O_1A_{\text{int}}} = \frac{O_2J_2}{O_2A_{\text{int}}} \quad \text{soit} \quad \frac{d_1/2}{f_1'} = \frac{d'/2}{f_2'}$$

connaissant la position de l'image intermédiaire. En identifiant  $|G| = f_1'/f_2'$ , on aboutit à

$$\boxed{d' = \frac{d_1}{|G|}.}$$

On peut également raisonner à partir de tangentes d'angles bien choisis.

❖ **Barème** : 4 pts : 2 pour la méthode, 1 pour le résultat, 1 pour faire apparaître  $G$  sans erreur de signe

**31** Avec  $|G| = 100$  et  $d_1 = 20$  cm, on trouve que le diamètre du faisceau en sortie de l'oculaire vaut  $d' = 2,0$  mm. Comme  $d' < d_2$ , c'est bien la monture de l'objectif qui limite le diamètre du faisceau de sortie et non pas la monture de l'oculaire.

❖ *Barème : 1 pt*

**32** La luminosité de l'image est reliée au nombre de rayons issus du même point de l'objet qui peuvent entrer dans la lunette. Or ce nombre de rayons est d'autant plus grand que le diaphragme d'ouverture  $d_1$  est grand. On en déduit que **c'est le diaphragme d'ouverture qui contrôle la luminosité de l'image finale.**

❖ *Barème : 1 pt***Diaphragme de champ**

**33** Lorsque l'angle  $\theta$  devient grand, les rayons sont très inclinés par rapport à l'axe optique. Dans ce cas, certains d'entre eux ne contribuent pas à l'image finale car ils sont arrêtés par la monture de l'oculaire. L'image finale du point objet associé à cette inclinaison **devient alors moins lumineuse** lorsque seule une fraction des rayons est occultée, et **disparaît complètement** si l'inclinaison est telle que tous les rayons issus de ce point et passant par l'objectif sont arrêtés par la monture de l'oculaire.

❖ *Barème : 2 pts*

**34** La question précédente montre que c'est la monture de l'oculaire qui est responsable de la visibilité ou non d'un point au travers de l'objectif : si la taille de cette monture est augmentée, moins de rayons seront arrêtés, et plus de points sont visibles. Cela permet de conclure que c'est **la monture de l'oculaire qui joue le rôle de diaphragme de champ** de la lunette astronomique.

❖ *Barème : 1 pt***II.B - Photographie de la planète****Formation de l'image**

**35** Par définition, l'image d'un objet situé à l'infini se forme dans le plan focal image de la lentille  $L_1$ . C'est donc là qu'il faut placer le capteur, **à distance  $f'_1 = 2,0$  m derrière  $L_1$ .**

❖ *Barème : 1 point*

**36** Les notations sont celles du schéma figure 10. Comme Jupiter est vue sous un angle  $\alpha_0$  alors les rayons les plus extrêmes arrivent sur la lentille en formant un angle  $\alpha_0/2$  avec l'axe optique. Ainsi, l'image de Jupiter a pour rayon

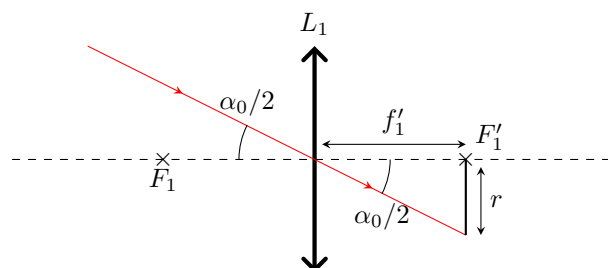
$$r = f'_1 \tan \frac{\alpha_0}{2}$$

ce qui donne en linéarisant une image de diamètre total

$$D = 2r = \alpha_0 f'_1.$$

Le nombre de pixels occupé par l'image vaut donc

$$N = \frac{D}{\varepsilon_c} = \frac{\alpha_0 f'_1}{\varepsilon_c} \simeq 80.$$



**Figure 10 – Taille de l'image de Jupiter sur le capteur.**

❖ *Barème : 4 points : 1.5 pour le diamètre, 1.5 pour le passage aux pixels, 1 pour la valeur numérique*

**37** Pour augmenter la luminosité de sa photo, l'astronome peut augmenter le diamètre de l'objectif, ce qui semble compliqué ici, ou plus simplement **augmenter la durée d'exposition.**

❖ *Barème : 1 pt*

**Tolérance de mise au point**

**38** Le stigmatisme est la capacité d'un système optique à **former une image ponctuelle à partir d'un point objet**. Si l'image d'un point de l'objet s'avère être une tâche plutôt qu'un point, l'image perd en netteté.

❖ *Barème : 1 point*

**39** Raisonnons sur le schéma figure 11. Les rayons issus du point de Jupiter situé sur l'axe optique de  $L_1$  arrivent sur la lentille parallèlement à l'axe optique et convergent au foyer image  $F'$ . Si le capteur n'est pas parfaitement placé au foyer image, on constate sur le schéma que les rayons ne convergent pas en un point mais s'étendent en une tâche circulaire dont on note le diamètre  $\varepsilon_t$ . Le résultat est le même quel que soit le signe de l'écart algébrique  $\delta$ .

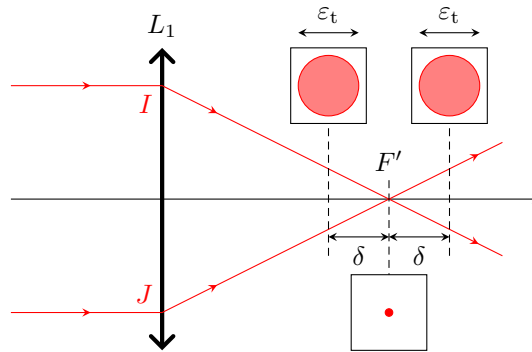


Figure 11 – Tache image due à un défaut de mise au point.

❖ *Barème : 2 points*

**40** Le défaut de mise au point ne se remarque pas tant que la taille  $\varepsilon_t$  de la tâche image est inférieure à la taille  $\varepsilon_c$  d'un pixel. En supposant que les rayons passant par les extrémités de  $L_1$  ne sont pas coupés par le porte-oculaire  $\mathcal{T}_2$ , on a  $IJ = d_1$  et d'après le théorème de Thalès,

$$\frac{d_1/2}{f'_1} = \frac{\varepsilon_t/2}{\delta} \quad \text{d'où} \quad \varepsilon_t = \frac{\delta d_1}{f'_1}.$$

La condition  $\varepsilon_t < \varepsilon_c$  se traduit en terme de décalage  $\delta$  par

$$\delta < \delta_{\max} = \frac{\varepsilon_c f'_1}{d_1} = 120 \mu\text{m}.$$

Pour que l'image soit parfaitement nette, le capteur doit être positionné très précisément.

❖ *Barème : 4 points : 1.5 pour Thalès, 1.5 pour le passage à  $\delta$ , 1 pour la valeur numérique*

**Oculaire de Barlow**

**41** Voir figure 12. Le rayon rouge et le début du rayon bleu servent à construire l'image intermédiaire  $A_1B_1$  virtuelle. Le rayon auxiliaire orange et la suite du rayon bleu permettent de construire l'image finale, qui est l'image de  $A_1B_1$  par la lentille  $L_3$ .

❖ *Barème : 5 pts : 2 pour l'image intermédiaire, 2 pour l'image finale et 1 pour la propriété globale*

**42** L'objet pour  $L_3$  est l'image de Jupiter par  $L_1$ . On sait qu'elle se trouve dans le plan focal image de  $L_1$ . Ainsi, en notant  $O_c$  le centre du capteur où se trouve l'image finale, la relation de grandissement donne

$$\frac{\overline{O_3 O_c}}{\overline{O_3 F'_1}} = 3 \quad \text{donc} \quad \overline{O_3 F'_1} = \frac{1}{3} \overline{O_3 O_c} \quad \text{soit} \quad \overline{O_3 O_1} + \overline{O_1 F'_1} = \frac{1}{3} \overline{O_3 O_c}$$

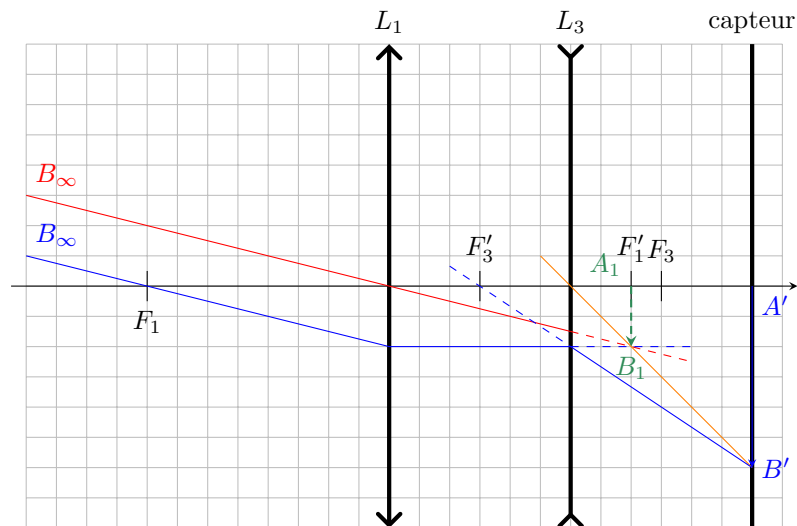
En remplaçant les distances algébriques par les paramètres géométriques de la lunette,

$$-D_{13} + f'_1 = \frac{D_{3c}}{3} \quad \text{d'où} \quad D_{13} = f'_1 - \frac{D_{3c}}{3} = 1933 \text{ mm}.$$

La relation conjugaison de Descartes appliquée à  $L_3$  donne ensuite

$$\frac{1}{\overline{O_3 O_c}} - \frac{1}{\overline{O_3 F'_1}} = \frac{1}{f'_3} \quad \text{soit} \quad \frac{1}{\overline{O_3 O_c}} - \frac{3}{\overline{O_3 O_c}} = \frac{1}{f'_3}$$





**Figure 12 – Marche des rayons dans une lunette astronomique avec oculaire de Barlow.** Version couleur sur le site de la classe.

d'où

$$f'_3 = -\frac{D_{3c}}{2} = -100 \text{ mm} .$$

La lentille est divergente, il est donc normal de trouver  $f'_3 < 0$ .

❖ *Barème : 5 points*

**43** Comme indiqué question 36, la taille de l'image sur le capteur sans oculaire est directement proportionnelle à la distance focale image de l'objectif  $L_1$ . L'oculaire de Barlow permet d'obtenir une image trois fois plus grande sur le capteur, ce qui nécessiterait de tripler la focale de la lentille objectif si on voulait l'utiliser seule. L'intérêt de l'oculaire est bien sûr un encombrement bien moindre.

❖ *Barème : 1 point*