Optique, atomistique et Lewis

Exercice 1 : Raie du sodium

1 - Le sodium a pour numéro atomique $Z = 11$. Déterminer sa configuration électronique.

2 - Comment se nomme la famille à laquelle il appartient ?

3 - En phase vapeur, le sodium émet une forte lumière colorée. Cette lumière est associée à la transition entre un état excité et l'état fondamental de l'atome, séparés de $\Delta E = 2{,}11\,\mathrm{eV}$. Déterminer la longueur d'onde de la lumière émise et sa couleur.

Éléments de correction de l'exercice 1 :

Alcalins.

$\lambda = \frac{\Delta E}{hc} = 589{,}0\,\mathrm{nm}$: c'est du jaune.

Exercice 2 : Lunette de Galilée

❖ ***Barème :*** *12 points au total*

La lunette astronomique donne une image finale renversée par rapport à l'objet : elle n'est donc pas adaptée à l'observation d'objets terrestres éloignés, pour lesquels on veut une image droite. Une première solution consiste à ajouter une troisième lentille convergente à l'intérieur de la lunette astronomique, ce qui donne un instrument appelé lunette terrestre. La lunette de Galilée consiste au contraire à remplacer l'oculaire convergent de la lunette astronomique par un oculaire divergent.

1 - Justifier que la lunette de Galilée doit être un instrument d'optique afocal. En déduire la position relative des deux lentilles L_1 modélisant l'objectif et L_2 modélisant l'oculaire. Les représenter sur un schéma en prenant $|f_1'| = 4\,|f_2'|$ (cela ne correspond pas aux valeurs réelles des focales).

2 - Construire l'image par la lunette de Galilée d'un objet AB situé à l'infini.

3 - On note α la taille apparente de l'objet en entrée de la lunette et α' la taille apparente de l'image. Calculer le grossissement de la lunette de Galilée. Conclure : l'image est-elle comme on le souhaite droite et agrandie ?

4 - La première lunette construite par Galilée était longue d'une quarantaine de centimètres et permettait d'avoir un grossissement d'environ 30. En déduire les focales des lentilles qu'il utilisait.

5 - Pour montrer à ses mécènes l'efficacité de son instrument, Galilée les invita sur une colline proche de Venise à observer l'île de Murano, distante de $3\,\mathrm{km}$. L'histoire raconte que les riches vénitiens furent très impressionnés de voir les habitants de Murano avec une précision telle qu'ils les voyaient bouger au travers de la lunette alors qu'ils pouvaient à peine les distinguer à l'œil nu. Cela vous semble-t-il possible ? Un raisonnement argumenté est attendu, s'appuyant sur des ordres de grandeur que vous proposerez et/ou rappellerez. La question est ouverte, il n'y a donc pas qu'une seule argumentation possible, et la qualité de l'argumentation importe autant voire plus que la réponse.

Éléments de correction de l'exercice 2 :

$\boxed{1}$ La lunette de Galilée sert à observer des objets éloignés, que l'on peut considérer comme étant à l'infini. Elle est destinée à une observation à l'œil : pour que l'œil ne fatigue pas, il ne doit pas accomoder, et donc l'image finale par la lunette de Galilée doit se trouver à l'infini. Finalement, la lunette de Galilée forme une image à l'infini d'un objet à l'infi : c'est bien la définition d'un instrument afocal.

Comme l'objet est à l'infini, l'image intermédiaire se trouve dans le plan focal image de L_1. Pour que l'image finale soit également à l'infini, elle doit se trouver dans le plan focal objet de L_2. On en déduit donc que **le plan focal image de l'objectif doit coïncider avec le plan focal objet de l'oculaire.**

❖ ***Barème :*** *1 point*

$\boxed{2}$ Voir figure 1. On construit l'image intermédiaire à partir des deux rayons rouges parallèles issus de B : celui qui passe par F_1 et celui qui passe par O_1. Comme ils ne se coupent pas entre L_1 et L_2, c'est leur prolongement virtuel au delà de L_2 qui donne B_0. On contruit ensuite l'image finale à partir des deux rayons oranges passant par B_0 : celui passant par O_2 et celui qui arrive sur L_2 parallèlement à l'axe optique, et qui ressort donc tel que son prolongement passe par F_2'. Remarquons que ce dernier rayon est aussi celui qui passe par F_1.

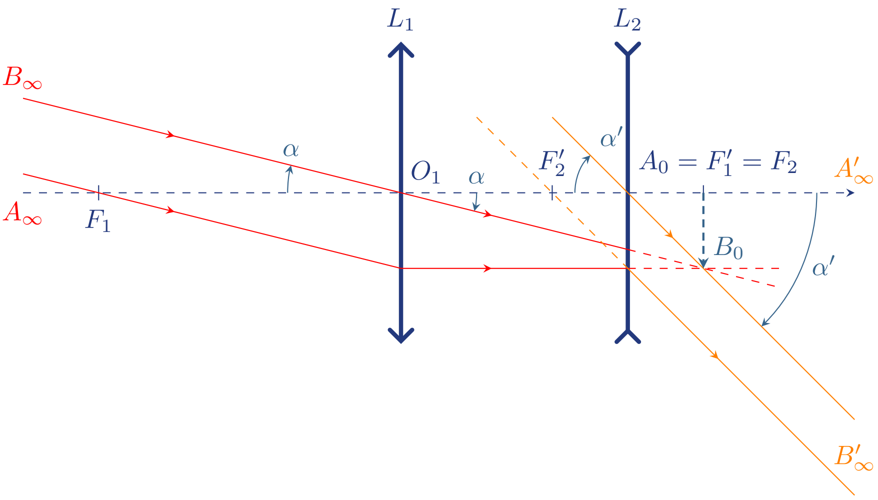


Figure 1 – Marche des rayons dans une lunette de Galilée. Version couleur sur le site de la classe.

❖ ***Barème :*** *4 points au total. Image intermédiaire : 1 point, image finale : 2 points, respect des conventions de fléchage des rayons et de pointillés : 1 point. Une méthode farfelue coûte des points.*

$\boxed{3}$ Les angles $\alpha < 0$ et $\alpha' < 0$ sont représentés figure 1. Ils sont très exagérés sur la figure : on peut en fait les traiter dans l'approximation des petits angles. Le grossissement est défini à partir de ces angles par

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}\,.$$

En raisonnant dans le triangle $O_1A_0B_0$,

$$\alpha \simeq \tan\alpha = \frac{\overline{A_0B_0}}{\overline{O_1F'_1}} = \frac{\overline{A_0B_0}}{f'_1}\,.$$

En raisonnant de même dans le triangle $O_2A_0B_0$,

$$\alpha' \simeq \tan\alpha' = \frac{\overline{A_0B_0}}{\overline{O_2F_2}} = \frac{\overline{A_0B_0}}{-f'_2}\,.$$

> *Faites très attention aux signes : ici $\overline{A_0B_0} < 0$, $f'_1 > 0$ et $f'_2 < 0$ (car lentille divergente) donc on a bien deux angles négatifs.*

Finalement,

$$G = -\frac{\overline{A_0B_0}}{f'_2} \times \frac{f'_1}{\overline{A_0B_0}} \qquad \text{soit} \qquad \boxed{G = -\frac{f'_1}{f'_2}\,.}$$

Comme l'oculaire est une lentille divergente, alors $f'_2 < 0$ donc $G > 0$: **on obtient bien une image droite**. De plus, la focale de l'objectif est (en valeur absolue) supérieure à la focale de l'oculaire, ce qui donne $G > 1$, c'est-à-dire que **l'image finale est agrandie**.

❖ ***Barème :*** *1.5 pour les angles + 0.5 pour G + 0.5 point pour la discussion*

$\boxed{4}$ La longueur L de la lunette correspond approximativement à la distance séparant le centre optique des deux lentilles. Comme $f'_2 < 0$, cette distance est donnée par

$$L = f'_1 + f'_2\,.$$

En utilisant en plus l'expression de G obtenue à la question précédente, on en déduit

$$L = (-G+1)f'_2 \qquad \text{soit} \qquad \boxed{f'_2 = \frac{L}{1-G} \simeq 1{,}3\,\text{cm}\,.}$$

et de même

$$L = \left(1 - \frac{1}{G}\right) f'_1 \qquad \text{soit} \qquad \boxed{f'_1 = \frac{G}{G-1}L = 41{,}3\,\text{cm}\,.}$$

❖ ***Barème :*** *1.5 points*

5 Compte tenu des questions précédentes portant sur les angles et de la vision à l'œil nu, on se doute qu'il s'agit de comparer la taille angulaire des habitants de Murano avec et sans lunette.

Commençons par la première partie de la légende : les habitants de Murano seraient à peine discernables à l'œil nu lorsqu'ils sont vus du haut de la colline, à une distance $D = 3\,\mathrm{km}$. La taille apparente d'un habitant mesurant $h = 1{,}80\,\mathrm{m}$ vaut alors

$$\alpha \simeq \tan\alpha = \frac{h}{D} = 6 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{rad}\,.$$

Sachant que le pouvoir de résolution d'un œil emmétrope est de l'ordre de $3 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{rad}$, la première partie de l'histoire est plausible.

Une fois que l'habitant est regardé au travers de la lunette, il est vu avec une taille angulaire $\alpha' = G\alpha = 18 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{rad}$, ce qui est visible sans difficulté. Pour pouvoir voir les habitants bouger, il faut par exemple que leur bras, de taille $a \sim 10\,\mathrm{cm}$, soit visible. La taille angulaire d'un bras vu au travers de la lunette vaut

$$\alpha'_{\mathrm{bras}} \simeq \frac{Ga}{D} = 1 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{rad}\,,$$

ce qui est à nouveau nettement supérieur au pouvoir de résolution de l'œil. Comme un bras peut être vu au travers de la lunette, alors le mouvement est perceptible également.

En conclusion, **le fait que les mécènes voient les habitants de Murano bouger au travers de la lunette est tout à fait vraisemblable**.

❖ ***Barème :*** *3 points, décomposé à peu près en 1 pour avoir pensé aux angles, 1 pour avoir évoqué le pouvoir de résolution, et 1 pour avoir clairement défini ce que veut dire « voir bouger » ... mais d'autres réponses peuvent aussi apporter des points.*

Optique, atomistique et Lewis

Exercice 1 : Électron confiné dans un atome

1 - Rappeler l'ordre de grandeur du rayon atomique a et de la masse d'un électron m_e.

2 - Énoncer l'inégalité d'Heisenberg. En déduire la vitesse minimale de l'électron dans l'atome.

3 - Quel autre conséquence le confinement a-t-il sur l'état quantique de l'électron ?

Éléments de correction de l'exercice 1 :

1 $a \sim 10^{-10}\,\mathrm{m}$ et $m_e \sim 10^{-30}\,\mathrm{kg}$.

2 $\Delta x\,\Delta p_x \geq \hbar/2$ avec pour l'électron $\Delta x \sim a$ et $\Delta p \sim mv$, d'où

$$v \geq \frac{\hbar}{a m_e} = 10^6\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}\,.$$

3 Quantification de l'énergie.

Exercice 2 : Soufre et cinabre

Le soufre est connu depuis l'Antiquité, car on peut le trouver à l'état natif au voisinage des zones volcaniques. C'est vers la fin des années 1770 qu'Antoine Lavoisier attribue au soufre le statut d'élément chimique. Le corps simple se présente sous de nombreuses formes selon son mode d'obtention : cristaux ou aiguilles jaune pâle, poudre jaune mat (fleur de soufre), etc.

Le numéro atomique du soufre est $Z = 16$.

1 - Déterminer la position du soufre dans le tableau périodique (numéro de ligne, numéro de colonne).

2 - Combien un atome de soufre admet-il d'électrons célibataires ? d'électrons de valence ?

3 - Quel est le numéro atomique de l'élément situé juste au-dessus du soufre dans la classification ? Quel est cet élément ? Comparer son électronégativité à celle du soufre.

4 - Parmi les éléments soufre, chlore et argon, l'un d'eux n'a pas de valeur d'électronégativité de Pauling connue, lequel ? Pour les autres on relève les valeurs 2,58 et 3,16. Attribuer à chaque élément son électronégativité.

Le cinabre est un minéral d'origine volcanique de formule HgS, se présentant sous la forme de cristaux rouge vif. Il s'agit du minerai de mercure le plus important. Le mercure Hg fait partie du bloc d de la classification périodique des éléments.

5 - Supposons le minéral formé d'ions mais globalement neutre (on apprendra au chapitre AM5 qu'il s'agit d'un cristal ionique). On admet que l'ion du soufre possède une configuration électronique identique à celle du gaz noble de plus proche numéro atomique, mais ce n'est pas le cas pour le mercure. Quels sont les ions constituant le cinabre HgS ?

6 - Combien le bloc d comporte-t-il de colonnes ? Justifier ce nombre de colonnes en introduisant les nombres quantiques appropriés.

7 - Sachant que l'ion du mercure identifié à la question précédente ne comporte aucun électron célibataire dans sa configuration électronique, en déduire dans quelle colonne du tableau périodique se situe le mercure.

8 - Sachant que le mercure est situé dans la sixième période de la classification, déterminer le numéro atomique du mercure.

Éléments de correction de l'exercice 2 :

Voir le site professionnel de Stéphane Cortot, `http://chimie-pcsi-jds.net/exercices/ato_08.pdf`

Étienne Thibierge, 9 novembre 2017, www.etienne-thibierge.fr

Colles semaine 8 – Sujet C — Langevin-Wallon, PTSI 2017-2018

Optique, atomistique et Lewis

Exercice 1 : Ion dithionate

1 - Énoncer les règles permettant d'établir la configuration électronique d'un élément chimique.

2 - Écrire les configurations électroniques de l'oxygène ($Z = 8$) et du soufre ($Z = 16$). En déduire leur position relative dans le tableau périodique.

3 - Tous les électrons $3s$ et $3p$ du soufre peuvent être impliqués dans des doublets liants. Quelle règle n'est donc pas forcément respectée par le soufre ? Comment appelle-t-on cette propriété ?

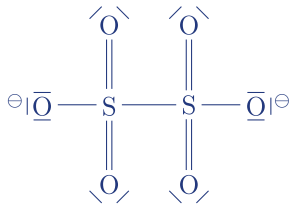
4 - En déduire le schéma de Lewis de l'ion dithionate $S_2O_6{}^{2-}$ sachant que les deux atomes de soufre sont liés entre eux.

Éléments de correction de l'exercice 1 :

$\boxed{1}$ cf. cours.

$\boxed{2}$ $1s^2\,2s^2\,2p^4$ et $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^4$. Même configuration de valence donc l'un au dessus de l'autre.

$\boxed{3}$ Le soufre peut ne pas respecter la règle de l'octet : on parle d'hypervalence.

$\boxed{4}$ 

Exercice 2 : Viseur à frontale fixe

Un viseur est un instrument optique souvent utilisé en spectroscopie. Il permet de pointer avec une grande précision la position d'un objet le long d'un axe, l'objet pouvant être indifféremment réel ou virtuel.

Un viseur est constitué d'un objectif L_1, assimilable à une lentille mince convergente de distance focale $f_1' = 10\,\mathrm{cm}$, et d'un oculaire L_2, assimilable à une lentille mince convergente de distance focale $f_2' = 2{,}0\,\mathrm{cm}$. Le viseur est réglé de façon à viser à $d = 2f_1' = 20\,\mathrm{cm}$ de la face d'entrée de l'objectif. Cela signifie qu'un œil regardant à travers le viseur voit nettement *et sans accomoder* les objets se trouvant dans le plan de front situé $20\,\mathrm{cm}$ devant L_1.

1 - Où se situe l'image finale en sortie du viseur ? En déduire la distance ℓ séparant L_1 et L_2.

2 - Construire l'image par le viseur d'un objet AB se trouvant dans le plan de front sur lequel le viseur est réglé.

3 - Notons α' l'angle sous lequel l'observateur voit AB à travers le viseur. Calculer la puissance du viseur, définie par

$$P = \frac{\alpha'}{AB}\,.$$

4 - Quelle région de l'espace objet l'observateur peut-il voir au travers du viseur en accomodant s'il place son œil contre la lentille L_2 ? Calculer numériquement sa profondeur. Commenter.

5 - Pour faciliter le réglage du viseur, un réticule fait de deux fins fils croisés est placé dans le plan conjugué par L_1 du plan de front visé. À quoi sert-il ?

Donnée : relations de conjugaison et de grandissement pour une lentille mince.

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \qquad \text{et} \qquad \overline{FA} \times \overline{F'A'} = -f'^2$$

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \qquad \text{et} \qquad \gamma = -\frac{\overline{F'A'}}{f'} = -\frac{f}{\overline{FA}}$$

La distance focale *image* est notée f' alors que la distance focale *objet* est notée $f = -f'$.

Éléments de correction de l'exercice 2 :

$\boxed{1}$ Image à l'infini. Image intermédiaire dans le plan focal image de L_2. Relation de conjugaison appliquée à l'objectif :

$$\frac{1}{\overline{O_1F_2}} - \frac{1}{-d} = \frac{1}{f'_1} \qquad \text{d'où} \qquad \overline{O_1F_2} = \frac{f'_1 d}{d - f'_1} \qquad \text{donc} \qquad \overline{O_1O_2} = \frac{f'_1 d}{d - f'_1} + f'_2 = f'_1 + f'_2 = 22\,\text{cm}\,.$$

$\boxed{2}$ Voir figure 1.

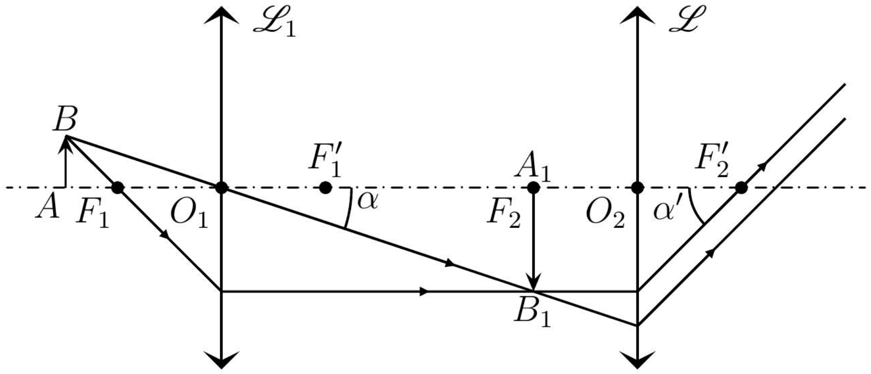


Figure 1 – Construction d'image au travers d'un viseur.

$\boxed{3}$ $\alpha' = \dfrac{A_0B_0}{f'_2}$ et $A_0B_0 = |\gamma|\, AB$ avec ici

$$|\gamma| = \frac{O_1F_2}{O_1A} = \frac{f'_1 d}{d - f'_1} \times \frac{1}{d} = \frac{f'_1}{d - f'_1} = 1$$

On a donc $P = 1/f'_2$.

$\boxed{4}$ Pour que l'image soit vue par l'œil il faut qu'elle se trouve entre $d_{\text{PP}} = 25\,\text{cm}$ devant l'œil et l'infini. On sait déjà que si l'image est à l'infini alors l'objet se trouve à distance $d = 20\,\text{cm}$ devant L_1 : $\overline{O_1A} = -d = -20\,\text{cm}$.

Cherchons donc la position de l'objet telle que A' l'image finale se trouve 25 cm devant l'œil, lui-même placé en O_2 : on veut donc $\overline{O_2A'} = -d_{\text{PP}}$. On en déduit la position de l'image intermédiaire :

$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_0}} = \frac{1}{f'_2} \qquad \text{soit} \qquad \overline{O_2A_0} = \frac{-f'_2\, d_{\text{PP}}}{f'_2 + d_{\text{PP}}} = -1{,}85\,\text{cm}$$

On en déduit ensuite $\overline{O_1A_0} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2A_0} = 20{,}15\,\text{cm}$, puis la position de l'objet :

$$\frac{1}{\overline{O_1A_0}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f'_1} \qquad \text{soit} \qquad \overline{O_1A} = \frac{-f'_1\, \overline{O_1A_0}}{f'_1 - \overline{O_1A_0}} = -19{,}85\,\text{cm}$$

Même en accomodant, l'œil ne peut voir net que sur 0,15 cm : très faible profondeur de champ, ce qui explique la précision du viseur.

$\boxed{5}$ Voir net l'objet et le réticule force l'œil à observer à l'infini, ce qui diminue encore la profondeur de champ.