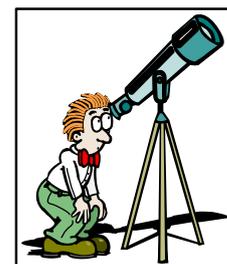


1 OPTIQUE

Julien, élève de Terminale S, spécialité Physique Chimie, passionné d'astronomie, vient de recevoir en cadeau, la lunette astronomique dont il rêve depuis longtemps. Sur l'emballage, il trouve la description suivante : « Lunette astronomique équipée d'une superbe monture équatoriale permettant un suivi parfait des astres lors des observations. C'est un appareil de très belle finition, la focale de 800 mm associée à un objectif achromatique de diamètre 60 mm rigoureusement surfacé améliore la qualité optique. Cet instrument très complet est livré avec 3 oculaires de focales 6 mm, 12,5 mm et 20 mm. Grossissements : 133×, 64× et 40× ».

À la lumière des connaissances qu'il vient d'acquérir dans ses derniers cours d'optique, Julien décide d'en analyser le fonctionnement et d'en vérifier les caractéristiques, en assimilant l'objectif et l'oculaire à des lentilles minces.



I – L'objectif

- Pour mesurer la distance focale f'_{ob} de l'objectif, Julien, après l'avoir soigneusement démonté de son tube support, le place perpendiculairement à la direction du Soleil et observe sur un carton également perpendiculaire à cette direction, la tache lumineuse obtenue. Il constate alors que le diamètre de la tache est minimal pour une distance entre ce carton et le centre de l'objectif égale à 800 mm.

Quelle distance focale f'_{ob} Julien peut-il en déduire ? Ce résultat est-il en accord avec le texte ? S'aider si nécessaire d'un schéma pour illustrer le raisonnement de Julien.

- Sachant que le diamètre d_s du Soleil est d'environ $1,4 \times 10^6$ km, que la distance D à la Terre est de $1,5 \times 10^8$ km, calculer le diamètre d_t de la tache qu'observe Julien.

II – Les oculaires

Trois oculaires, de distances focales respectivement f'_{oc} égales à 6 mm, 12,5 mm et 20 mm sont fournis avec la lunette de Julien qui constate qu'ils peuvent lui servir de loupe pour examiner un texte dont les lettres ont 0,8 mm de hauteur moyenne.

- Sous quel angle α ces lettres seront-elles vues, à l'œil nu, si Julien se place à 30 cm de la feuille ?
- À quelle distance de la feuille faut-il placer le centre de chacun des oculaires pour que Julien, qui possède une vue normale, puisse voir le texte grossi, sans accommoder (l'image du texte dans l'oculaire doit se trouver à l'infini) ?
- (a) Avec lequel des oculaires le texte paraîtra-t-il le plus gros ?
Justifier votre réponse en vous aidant d'un schéma.
(b) Sous quel angle θ l'image d'une lettre sera-t-elle vue avec cet oculaire ?
En déduire le grossissement de l'oculaire $G = \theta/\alpha$.

On admettra que pour un petit angle u exprimé en radians, $\tan u = u$.

III – La lunette

Julien observe maintenant le ciel nocturne à travers la lunette, équipée avec l'un des oculaires. Il effectue les réglages de telle sorte que l'image dans l'instrument d'un objet céleste soit à l'infini.

- (a) Quelle doit être, en fonction de f'_{ob} et f'_{oc} la distance d entre les centres optiques de l'oculaire et de l'objectif pour qu'il en soit ainsi ?
(b) Représenter le dispositif sur un schéma, sans utiliser d'échelle, mais en faisant apparaître les centres optiques et les foyers des lentilles.
- Julien pointe sa lunette vers la planète Vénus, dont le diamètre apparent, à l'œil nu, est d'une minute.
(a) Représenter sur le schéma, sans utiliser d'échelle, le trajet, dans la lunette, d'un rayon lumineux incliné d'un angle ε sur l'axe optique, mais passant par le centre optique de l'objectif. On notera ε' l'angle que fait, avec l'axe optique, le rayon émergent correspondant.

- (b) Dans le cas où ε est petit, exprimer le grossissement $G_L = \varepsilon'/\varepsilon$ de la lunette en fonction des distances focales f'_{ob} et f'_{oc} de l'objectif et de l'oculaire.
- (c) Application numérique : calculer numériquement le grossissement obtenu et l'angle sous lequel Julien verra Vénus avec chacun des oculaires.
Ces grossissements sont-ils conformes à ceux annoncés par le fabricant ?
3. Julien dirige maintenant sa lunette vers une zone du ciel, où aucun objet n'est visible à l'œil nu. Il est surpris de constater que plusieurs étoiles apparaissent comme des points lumineux dans le champ de l'instrument. Quelle explication peut-on donner de cette apparition ?

2 CHIMIE

Le fer est un élément vital . . . et toxique pour la santé. il intervient dans de nombreuses réactions biochimiques et permet notamment, le transport de l'oxygène par l'hémoglobine des globules rouges.

Cet exercice concerne l'étude d'un médicament qui contient l'élément fer sous forme d'ions fer(II) : Fe^{2+} . Il se présente sous forme de comprimés, dont l'enrobage contient un colorant alimentaire (code E127) de couleur rose. La notice de ce médicament mentionne la composition quantitative d'un comprimé : « sulfate ferreux sesquihydraté : 256,30 mg soit 80 mg en ions fer(II) ».

Nous proposons de vérifier la teneur en élément fer dans ce comprimé.

I – Principe

On effectue un dosage spectrophotométrique des ions $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ contenus dans un comprimé dissous dans l'eau.

En présence d'o-phénanthroline (o-phen), les ions $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ réagissent avec apparition d'une coloration rouge. La concentration des ions $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ de cette solution peut être déterminée par la mesure de son absorbance à une certaine longueur d'onde (ici 500 nm). Il faut préalablement réaliser une échelle de teintes.

Les ions $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ sont facilement oxydés à l'état ions fer(III) : $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$. Afin d'éviter cette oxydation, on ajoute dans la solution d'ions $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ un réducteur approprié en excès, l'hydroquinone. L'hydroquinone restante n'absorbe pas à la longueur d'onde de 500 nm et la forme oxydée de l'hydroquinone non plus.

Écrire la demi-équation de réduction de l'ion $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$ en ion $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$.

II – Préparation de l'échelle de teintes

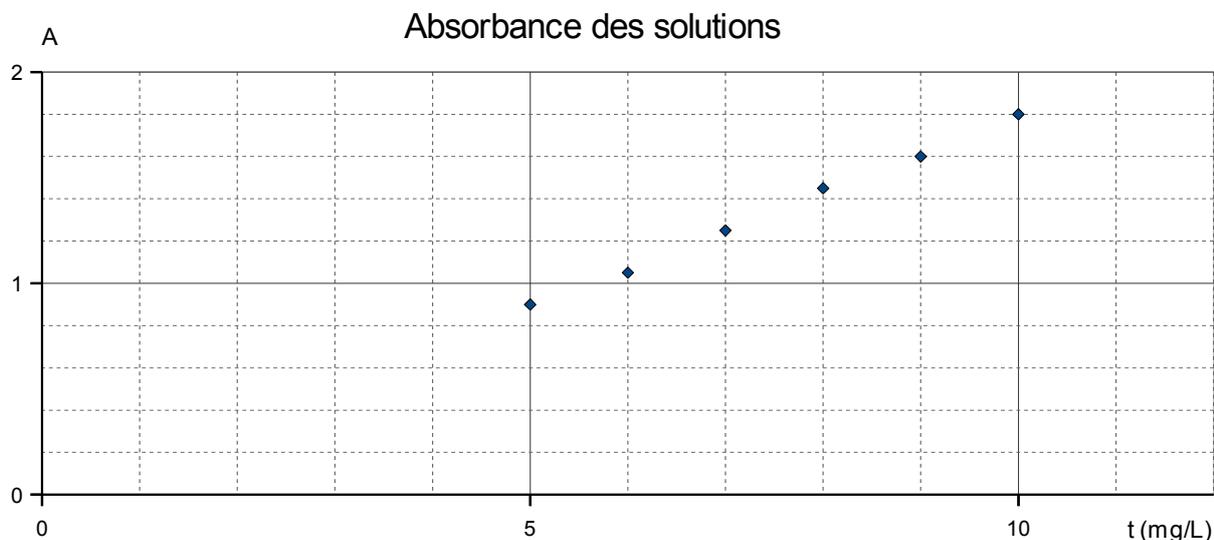
À partir d'une solution S_0 contenant 20,0 mg d'ions $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ par litre (ce qui donne une concentration massique de $t_0 = 20,0 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), on réalise les mélanges présentés dans le tableau, on les complète à 50,0 mL avec de l'eau distillée puis on mesure l'absorbance A de chaque solution obtenue.

| mélange n° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| volume de solution S_0 (en mL) | 25,0 | 22,5 | 20,0 | 17,5 | 15 | 12,5 |
| volume de solution d'o-phén (en mL) | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| volume d'hydroquinone (en mL) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| volume total (en mL) | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 |
| absorbance | 1,80 | 1,60 | 1,45 | 1,25 | 1,05 | 0,90 |

Pour réaliser les différents mélanges, on dispose d'une solution d'o-phen à $0,015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; d'une solution d'hydroquinone à 1% ; de la verrerie suivante : des pipettes jaugées de 1,00 et 2,00 mL, d'une burette graduée de 25 mL, d'éprouvettes graduées de 25 et 50 mL, de béchers de 25 et 50 mL, de fioles jaugées de 50,0 et 100,0 mL.

1. Indiquer la verrerie qu'il faut utiliser pour préparer le mélange 1.
2. Calculer la concentration massique t_1 en ion $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ introduit dans le mélange 1.
3. On veut disposer d'une échelle de teintes indicatrices de la concentration en ions $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ de chaque mélange. Pourquoi la solution incolore d'o-phen ne doit-elle pas être introduit en défaut ?

4. Le graphe donnant l'évolution de l'absorbance A en fonction de la concentration massique t en ions $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ est représentée sur le graphe ci-après.
En exploitant ce graphe, donner la relation numérique qui existe entre les grandeurs A et t , en précisant les unités.



III – Détermination expérimentale de la teneur en élément fer

On lave rapidement à l'eau distillée un comprimé de façon à retirer la totalité du colorant. On écrase ensuite ce comprimé dans un mortier. La totalité du comprimé écrasé est introduite dans une fiole jaugée de 1000,0 mL (solution S_x). On complète le mélange suivant puis on mesure son absorbance A à 500 nm :

| | |
|-------------------------------------|------|
| volume de solution S_x (en mL) | 5,00 |
| volume de solution d'o-phen (en mL) | 2,00 |
| volume d'hydroquinone (en mL) | 1,00 |
| volume total (en mL) | 50,0 |
| absorbance A | 1,35 |

- Pourquoi retire-t-on la totalité du colorant avant d'écraser le comprimé ?
- En utilisant le graphe ou la relation établie à la question II.4., déterminer la concentration massique t'_x en ion $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ dans le mélange.
En déduire la valeur t_x de la concentration massique en ion $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ dans la solution S_x .
- Calculer la masse d'ions $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ contenue dans un comprimé. Calculer l'écart relatif entre le résultat expérimental et l'indication du fabricant.
- D'après la notice, la masse de « sulfate ferreux sesquihydraté » dans un comprimé est de 256,30 mg alors que la masse d'ions $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ est de 80 mg. En notant $\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ la formule du sulfate ferreux sesquihydraté, montrer que $x = 1,5$.

Données : masse molaire en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: $M(\text{Fe}) = 55,8$; $M(\text{S}) = 32,1$; $M(\text{O}) = 16,0$; $M(\text{H}) = 1,0$.

CORRECTION

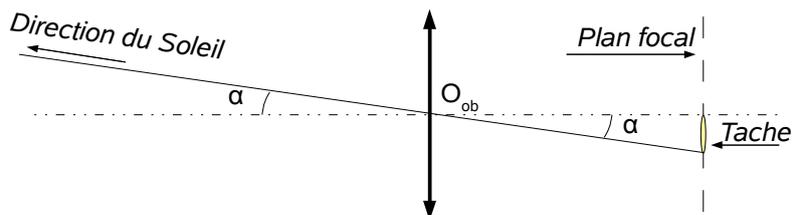
OPTIQUE

I – L'objectif

1/ L'image d'un objet lointain se trouve dans le plan focal image de la lentille. La distance entre le centre optique de la lentille et ce plan est la distance focale de la lentille soit :

$$f'_{ob} = 800 \text{ mm} ; \text{résultat en accord avec le texte.}$$

2/ Calcul du diamètre apparent du Soleil : $\alpha = d_s/D$; c'est aussi le diamètre apparent de la tache sur le carton : $\alpha = d_t/f'_{ob}$. D'où $d_t = 7,5 \text{ mm}$.

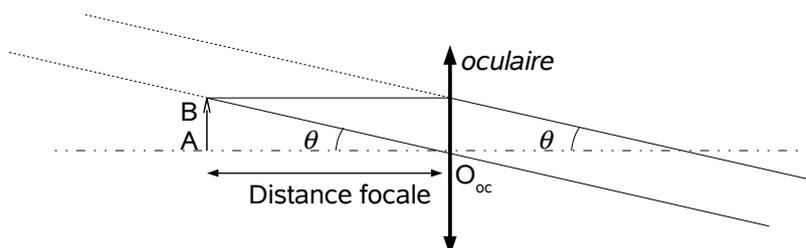


II – Les oculaires

1/ Diamètre apparent des lettres : $\alpha = 0,8 \text{ mm}/300 \text{ mm}$ soit $\alpha = 2,7 \times 10^{-3} \text{ rad}$.

2/ Pour ne pas accommoder, il faut placer l'image à l'infini. L'objet est alors placé dans le plan focal objet des lentilles. La distance qui sépare la feuille du centre des oculaires est la distance focale de ces oculaires.

3/ Schéma



Le diamètre apparent θ sera plus grand si la distance focale est la plus faible, soit 6 mm.

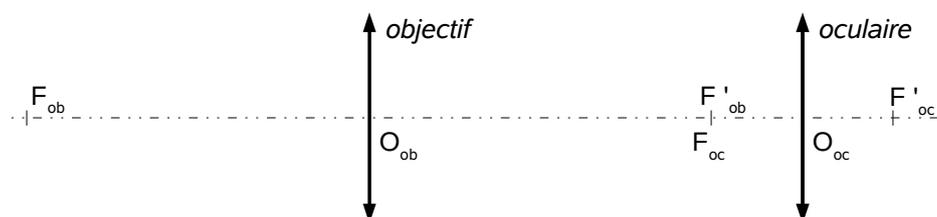
$$\text{Diamètre apparent } \theta = \frac{AB}{f'_{oc}}. \text{ Calcul : } \theta = \frac{0,8 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} \text{ soit } \theta = 0,13 \text{ rad.}$$

Calcul du grossissement : $G = \theta/\alpha$ soit environ 50.

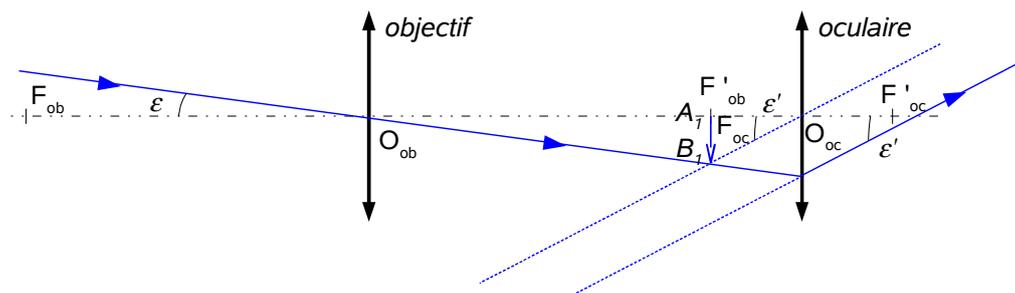
III – La lunette

1/ La lunette doit être afocale pour avoir une image finale à l'infini. La distance d est alors la somme des distances focales de l'objectif et de l'oculaire.

Schéma d'une lunette afocale.



2/ Schéma.



Le diamètre apparent de Vénus est de 1' d'arc ce qui correspond à $\varepsilon = \frac{\pi}{180} \times \frac{1}{60}$ soit $2,9 \times 10^{-4}$ rad.

Calcul du grossissement : $\varepsilon = \frac{A_1B_1}{f'_{ob}}$ et $\varepsilon' = \frac{A_1B_1}{f'_{oc}}$ d'où $G = \frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$.

Tableau des différentes possibilités.

| distance focale objectif | distance focale oculaire | grossissement | diamètre apparent de Vénus à travers la lunette |
|--------------------------|--------------------------|---------------|---|
| 800 mm | 6 mm | 133 | 0,036 rad ou 2°13' |
| 800 mm | 12,5 mm | 64 | 0,0186 rad rad ou 1°4' |
| 800 mm | 20 mm | 40 | 0,0116 rad rad ou 40' |

Les grossissements sont conformes à ceux de l'énoncé.

3/ La lunette astronomique est un collecteur de lumière, elle envoie sur une petite surface de l'œil la lumière qu'elle collecte sur la surface de l'objectif (à un facteur près dû à l'absorption des différents verres des lentilles).

CHIMIE

I – Le principe

Demi-équation de la réduction des ions fer(III) : $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+} + e^- = \text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$.

II – La préparation de l'échelle de teintes

1/ Pour préparer le mélange 1, les 25,0 mL de solution S_0 seront versés à la burette graduée dans une fiole jaugée de 50,0 mL mL. La solution d'orthophénanthroline sera ajoutée à l'aide de la pipette jaugée de 2,00 mL, la solution d'hydroquinone, à l'aide de la pipette jaugée de 1,00 mL (pour cette solution, la verrerie jaugée n'est pas nécessaire, mais c'est la seule disponible). Après agitation, le volume de la fiole sera complété avec de l'eau distillée, puis, une nouvelle agitation sera nécessaire pour homogénéiser le mélange.

2/ La solution S_0 dans le mélange 1 subit une dilution d'un facteur 50/25 soit 2. La concentration t_1 sera donc de $10,0 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

3/ La solution d'o-phen doit être en excès pour complexer la totalité des ions fer(II) présents en solution. C'est ce complexe qui absorbe la lumière, il doit être exactement représentatif de la concentration en ions fer(II).

4/ La représentation de A en fonction de la concentration t est une droite passant par l'origine. Elle a pour équation $A = kt$ avec k coefficient directeur de la droite.

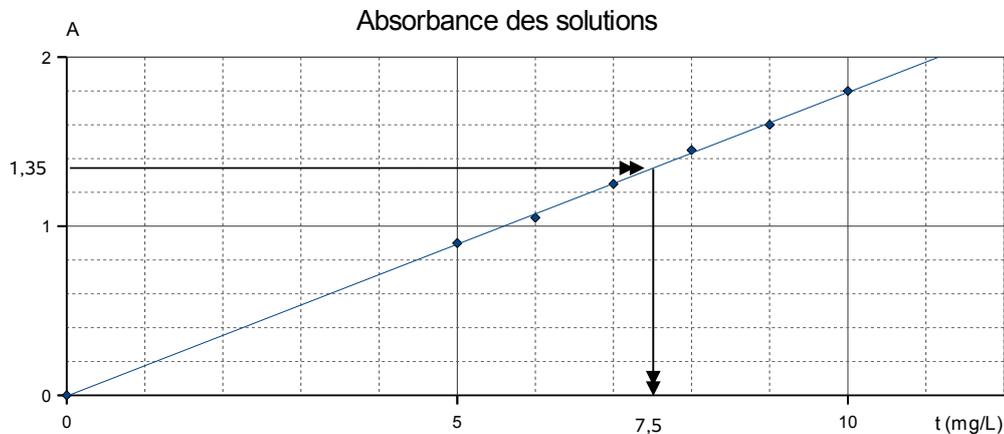
La droite a pour équation $A = 0,18t$ avec t en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

III – La détermination expérimentale de la teneur en élément fer

1/ Le complexe avec le fer est rouge, l'enrobage contient un colorant rose susceptible d'absorber dans le même domaine de longueur d'onde donc de fausser le dosage.

2/ En utilisant l'équation de la courbe, la teneur t est de $1,35/0,18$ soit $7,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Ou en utilisant le graphe



Donc pour $A = 1,35$ nous avons $t'_x = 7,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Cette concentration est celle du mélange, réalisé à partir de la solution S_x avec un facteur de dilution de $50/5$ soit 10. Donc la solution S_x a pour concentration $t_x = 75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

3/ Comme la fiole de un litre contenait un comprimé, cela signifie qu'un comprimé contient 75 mg de fer. L'écart relatif est donc de $\frac{80 - 75}{80}$ soit 6%.

4/ Nous avons $m(\text{FeSO}_4, x\text{H}_2\text{O}) = 256,30 \text{ mg}$ et $m(\text{Fe}) = 80 \text{ mg}$.

Les 80 mg correspondent à $n(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})}$ soit $1,43 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

Cela correspond à la quantité de matière en $\text{FeSO}_4, x\text{H}_2\text{O}$ puisque la formule ne contient qu'un ion fer.

Cette quantité de matière se calcule avec la masse molaire $M = 151,9 + 18x$

soit $n(\text{FeSO}_4, x\text{H}_2\text{O}) = \frac{256,30 \times 10^{-3}}{M} = 1,43 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

D'où l'équation $256,30 \times 10^{-3} = 1,43 \times 10^{-3}(151,9 + 18x)$ ce qui donne bien $x = 1,5$.