BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **cinq** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.
En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examinateur afin de lui permettre de continuer la tâche.
L'examinateur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.
L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

La lunette astronomique a été conçue en Hollande vers 1608. On en attribue l'invention à l'opticien Hans Lippershey. Mais c'est en 1609 que Galilée présenta la première lunette astronomique. Elle comportait une lentille concave et une lentille convexe.
Son confrère allemand Johannes Kepler en perfectionna le principe, en proposant une formule optique à deux lentilles convexes. Cette idée fut mise en application vers 1630 par l'Allemand Christophe Scheiner, astronome et mathématicien.

Le but de cette épreuve est de construire et d'étudier un modèle de lunette astronomique de Kepler.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

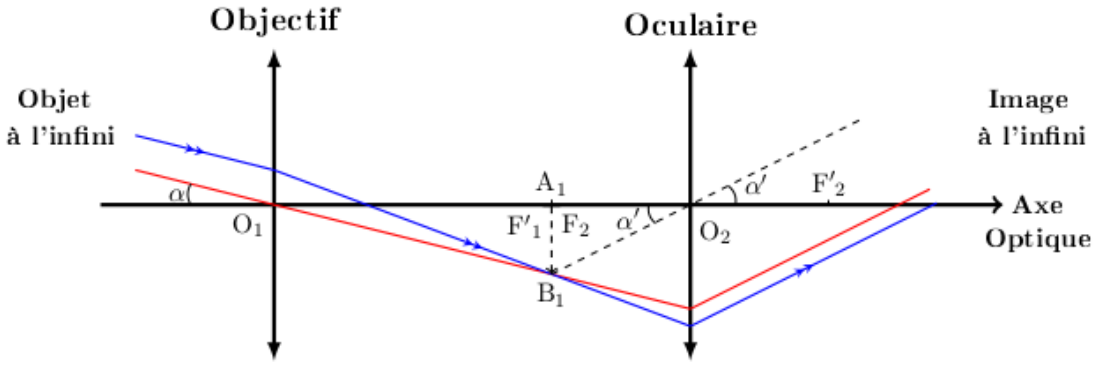
Objet à l'infini et maquette d'un œil

- Pour simuler au laboratoire « un objet à l'infini », on place l'objet dans le plan focal objet d'une lentille convergente.
- Pour simuler au laboratoire « un œil qui regarde à l'infini », on place un écran dans le plan focal image d'une lentille convergente. La lentille convergente joue le rôle du cristallin et l'écran joue le rôle de la rétine.

La lunette afocale

La lunette astronomique de Kepler est une lunette afocale, constituée des éléments suivants :

- L'objectif est une lentille convergente L_1, de centre optique O_1 et de foyers objet F_1 et image F'_1. L'objectif donne d'un objet AB à l'infini une image intermédiaire A_1B_1. Cette image A_1B_1 joue le rôle d'objet pour l'oculaire.
- L'oculaire est une lentille convergente L_2, de centre optique O_2 et de foyers objet F_2 et image F'_2. L'oculaire donne de l'objet A_1B_1 une image A'B' à l'infini.



La distance focale de l'oculaire est plus petite que celle de l'objectif. Avec ce type de dispositif, l'image finale à l'infini est inversée par rapport à l'objet à l'infini ; le grossissement est donc négatif. On considèrera ici la valeur absolue du grossissement, notée $|G|$.
Le grossissement théorique $|G|_{th}$ d'une lunette astronomique afocale se calcule par la relation :

$$|G|_{th} = \frac{f'_{objectif}}{f'_{oculaire}}$$

Relation de conjugaison pour une lentille mince

On considère l'image A'B' d'un objet AB donnée par une lentille mince de distance focale f' et de centre optique O. Le lien entre la position de l'objet AB et la position de l'image A'B' est donné par la relation :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

$\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ sont des grandeurs algébriques. L'objet AB et l'image A'B' sont perpendiculaires à l'axe optique, avec A et A' situés sur cet axe.

Incertitude-type associée à la mesure d'une longueur avec une règle

Quand on mesure une longueur L avec une règle graduée en millimètres, l'incertitude-type (exprimée en cm) associée est :

$$u(L) = \frac{\mathbf{0,1}}{\sqrt{\mathbf{6}}}$$

Critère de comparaison

Dans le contexte de cette étude, on considèrera que la valeur d'une grandeur mesurée m_{exp} est compatible avec la valeur d'une grandeur de référence m_{ref} quand le critère ci-dessous est vérifié :

$$\frac{|m_{exp} - m_{ref}|}{u(m_{exp})} \leq 2$$

Données utiles

- On se place dans l'approximation des petits angles : $\sin(\alpha) \approx \tan(\alpha) \approx \alpha$, avec α exprimé en radian.
- La vergence *C* d'une lentille, exprimée en dioptrie (δ), correspond à l'inverse de la distance focale image *f'* exprimée en mètre (m).
- Dans le cadre de cette étude, les vergences des lentilles utilisées sont :

$C_0 = +5{,}0\ \delta$ $C_1 = +3{,}0\ \delta$ $C_2 = +10{,}0\ \delta$ $C_3 = +4{,}0\ \delta$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Maquette de lunette astronomique (20 minutes conseillées)

Pour étudier les caractéristiques de la maquette de lunette astronomique de Kepler on modélise un objet céleste, une lunette astronomique et un œil fictif. L'objet céleste, qui joue le rôle d'un astre sphérique comme la Lune ou une planète, est représenté par la lettre **O**.

Pour modéliser un objet habituellement observé avec une lunette astronomique, on utilise la lentille L_0 et la lettre **O**. Préciser à quelle distance de la lentille L_0 doit être placée la lettre **O**. Expliquer ce choix.
Pour simuler au laboratoire « un objet à l'infini », on place l'objet dans le plan focal objet d'une lentille convergente. Ainsi, la lettre **O** doit être placée à une distance de la lentille L_0 égale à sa distance focale.

$$d = f_0' = \frac{1}{C_0} = \frac{1}{5{,}0} = 0{,}20\ m$$

Pour modéliser la lunette astronomique de Kepler, on utilise les lentilles L_1 et L_2. Justifier le choix des lentilles L_1 et L_2 pour jouer respectivement le rôle d'objectif et le rôle d'oculaire.

$C_1 > C_2$
$\frac{1}{C_1} < \frac{1}{C_2}$
$f_1' < f_2'$
La distance focale de l'oculaire est plus petite que celle de l'objectif. Ainsi, L_1 est l'oculaire et L_2 l'objectif.

Pour modéliser l'œil fictif, on dispose d'une lentille L_3 jouant le rôle du cristallin et d'un écran jouant le rôle de la rétine. Indiquer, en justifiant, quelle doit être la distance entre la lentille L_3 et l'écran pour observer une image nette.

Pour simuler au laboratoire « un œil qui regarde à l'infini », on place un écran dans le plan focal image d'une lentille convergente. Ainsi, pour observer une image nette, il faut placer l'écran dans le plan focal image de la lentille L_3. La distance entre la lentille L_3 et l'écran est égale à sa distance focale.

$$d = f_3' = \frac{1}{C_3} = \frac{1}{4{,}0} = 0{,}25\ m$$

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter la modélisation du dispositif ou en cas de difficulté	

2. Objet à l'infini, objectif et image intermédiaire (20 minutes conseillées)

À l'aide des résultats obtenus dans la partie précédente :

- mettre en place sur le banc optique les éléments du montage afin de modéliser l'objet à l'infini au moyen de la lentille L_0 ; A faire expérimentalement.
- placer la lentille qui joue le rôle d'objectif à une distance de 30,0 cm de la lentille L_0. A faire expérimentalement.

D'après les lois de l'optique géométrique, indiquer quelle devrait être, en théorie, la position de l'image intermédiaire A_1B_1.

L'objet AB est à l'infini. L'image intermédiaire A_1B_1 doit se former dans le plan focal image de l'objectif. La position de l'image intermédiaire A_1B_1 est égale à la distance focale de la lentille L_2.

$f'_2 = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3,0} = 0,333$ m

Déterminer, en utilisant l'écran mobile en carton, la position de l'image intermédiaire A_1B_1. La mesure obtenue est-elle cohérente avec la réponse obtenue à la question précédente ?

A faire expérimentalement.

Il faut que l'image nette A_1B_1 sur l'écran mobile de carton se forme à 0,333 m (33,3 cm) de la lentille L_2 pour que la mesure obtenue soit cohérente avec la réponse obtenue à la question précédente.

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter le montage ou en cas de difficulté	

3. Oculaire, maquette de l'œil et grossissement de la lunette (20 minutes conseillées)

À l'aide des résultats obtenus dans la partie précédente :

- positionner l'oculaire pour concevoir une maquette de lunette afocale ; Il faut que le foyer image de l'objectif soit confondu avec le foyer objet de l'oculaire. La distance entre les deux lentilles doit être égale à la somme de leurs distance focale : $d = f'_1 + f'_2 = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{10,0} + \frac{1}{3,0} = 0,433\ m\ = 43,3\ cm$
- installer le modèle de l'œil afin d'obtenir sur l'écran une image nette de l'objet **O** ; L_3 doit être placé à 20,0 cm après l'oculaire et l'écran doit être placé à 25,0 cm après L_3.
- maintenir la distance fixe entre la lentille L_3 et l'écran à l'aide du dispositif de fixation fourni ;
- mesurer sur l'écran modélisant la rétine de l'œil, la dimension *A'B'* de l'image de l'objet **O** observé à travers la lunette afocale ;
- enlever l'objectif et l'oculaire du banc optique ;
- mesurer, sur l'écran modélisant la rétine de l'œil, la dimension $A_0'B_0'$ de l'image de l'objet **O** observé sans la lunette. A faire expérimentalement.

Avec une lettre O de taille *AB* = 1,0 cm, on obtient :

A'B' = …… 4,1 cm ……..

$A_0'B_0'$ = …… 1,2 cm ……

Définir (à l'aide de ces deux grandeurs) le grossissement expérimental $|G|_{exp}$. Déterminer sa valeur.

$|G|_{exp} = \frac{A'B'}{A'_0B'_0} = \frac{4,1}{1,2} = 3,4$

Déterminer à l'aide des informations mises à disposition les incertitudes-types $u(A'B')$ et $u(A_0'B_0')$ associés respectivement à $A'B'$ et $A'_0B'_0$.

$$u(A'B') = \frac{0,1}{\sqrt{6}} = 0,0408 \text{ cm}$$

$$u(A_0'B_0') = \frac{0,1}{\sqrt{6}} = 0,0408 \text{ cm}$$

En déduire l'incertitude-type $u(|G|_{exp})$ associée au grossissement expérimental sachant que :

$$\frac{u(|G|_{exp})}{|G|_{exp}} = \sqrt{\left(\frac{u(A'B')}{A'B'}\right)^2 + \left(\frac{u(A'_0B'_0)}{A'_0B'_0}\right)^2}$$

On exprimera ce résultat avec 2 chiffres significatifs.

$$u(|G|_{exp}) = |G|_{exp} \times \sqrt{\left(\frac{u(A'B')}{A'B'}\right)^2 + \left(\frac{u(A'_0B'_0)}{A'_0B'_0}\right)^2}$$

$$u(|G|_{exp}) = 3,4 \times \sqrt{\left(\frac{0,0408}{4,1}\right)^2 + \left(\frac{0,0408}{1,2}\right)^2}$$

$$u(|G|_{exp}) = 0,12$$

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les calculs ou en cas de difficulté	

Dans cette étude, la valeur théorique du grossissement $|G|_{th}$ est considérée comme la valeur de référence.

D'après les informations mises à disposition et les résultats obtenus, peut-on dire que la valeur expérimentale du grossissement $|G|_{exp}$ est compatible avec la valeur théorique du grossissement de la lunette $|G|_{th}$? Justifier la réponse.

$$|G|_{th} = \frac{f'_{objectif}}{f'_{oculaire}} = \frac{\frac{1}{C_2}}{\frac{1}{C_1}} = \frac{1}{C_2} \times \frac{C_1}{1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{10,0}{3,0} = 3,33$$

$$\frac{|m_{exp} - m_{ref}|}{u(m_{exp})} = \frac{||G|_{exp} - |G|_{th}|}{u(|G|_{exp})} = \frac{|3,4 - 3,33|}{0,12} = 0,58$$

$\frac{||G|_{exp} - |G|_{th}|}{u(|G|_{exp})} \leq 2$: la valeur expérimentale du grossissement $|G|_{exp}$ est compatible avec la valeur théorique du grossissement de la lunette $|G|_{th}$.

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.