

## 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'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur 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 collègue » 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

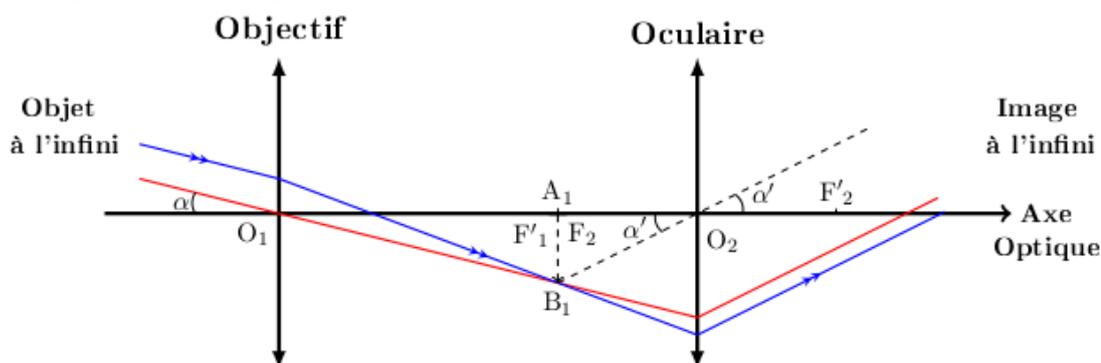
#### Objet à l'infini et maquette d'un œil

- 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 donnée 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 :

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

## 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  $\alpha$  exprimé en radian.
- La vergence  $C$  d'une lentille, exprimée en dioptrie ( $\delta$ ), correspond à l'inverse de la distance focale image exprimée en mètre (m).
- Dans le cadre de cette étude, les vergences des lentilles utilisées sont :

$$C_4 = + 5,0 \delta$$

$$C_5 = + 10,0 \delta$$

$$C_6 = + 3,0 \delta$$

$$C_7 = + 4,0 \delta$$

## 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.

$$d = f'_0 = \frac{1}{C_0} = \frac{1}{5,0} = 0,20 \text{ m}$$

Pour modéliser la lunette astronomique de Kepler, on utilise les lentilles  $L_1$  et  $L_2$ . Attribuer à chacune des deux lentilles  $L_1$  et  $L_2$ , leur rôle, celui d'objectif ou d'oculaire, dans la lunette. Justifier.

$$\begin{aligned} C_1 &> C_2 \\ \frac{1}{C_1} &< \frac{1}{C_2} \\ f'_1 &< f'_2 \end{aligned}$$

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.

$$d = f'_3 = \frac{1}{C_3} = \frac{1}{4,0} = 0,25 \text{ m}$$

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

### 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  $A_1B_1$ .

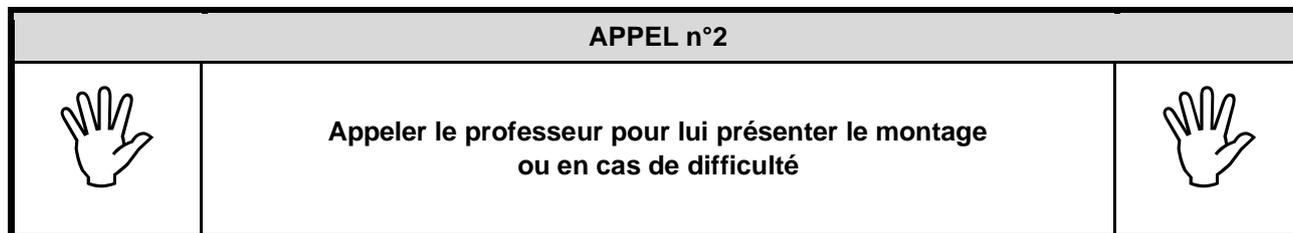
L'objet  $AB$  est à l'infini. L'image intermédiaire  $A_1B_1$  doit se former dans le plan focal image de l'objectif. La position de l'image intermédiaire  $A_1B_1$  est égale à la distance focale de la lentille  $L_2$ .

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

Déterminer, en utilisant l'écran mobile de 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.



### 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 :  $d = f'_1 + f'_2 = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} = \frac{1}{10,0} + \frac{1}{3,0} = 0,433 \text{ m} = 43,3 \text{ cm}$**
- 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  $AB = 1,0 \text{ cm}$ , on obtient :

$$A'B' = \dots\dots\dots 4,1 \text{ cm} \dots\dots\dots$$

$$A_0'B_0' = \dots\dots\dots 1,2 \text{ cm} \dots\dots\dots$$

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

$$|G|_{exp} = \frac{A'B'}{A_0'B_0'} = \frac{4,1}{1,2} = 3,4$$

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  $A_0'B_0'$ .

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

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

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

$$\frac{u(|G|_{exp})}{|G|_{exp}} = \sqrt{\left(\frac{u(A'B')}{A'B'}\right)^2 + \left(\frac{u(A_0'B_0')}{A_0'B_0'}\right)^2}$$

$$u(|G|_{exp}) = |G|_{exp} \times \sqrt{\left(\frac{u(A'B')}{A'B'}\right)^2 + \left(\frac{u(A_0'B_0')}{A_0'B_0'}\right)^2}$$

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

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

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.

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

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

$\frac{||G|_{exp} - |G|_{th}|}{u(|G|_{exp})} \leq 2$  : 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.**