TP n°11 : La lunette astronomique

I. Contexte du sujet

La lunette astronomique est un appareil optique qui permet l'observation des astres sous un diamètre apparent plus grand qu'à l'œil nu. Son invention est anonyme et viendrait de l'Italie ou du Nord de l'Europe vers 1600, mais c'est Galilée qui entrera dans l'histoire en construisant en 1609 une lunette astronomique constituée de deux lentilles convergente et divergente, et qui lui permettra d'observer les cratères de la Lune et de découvrir certains satellites de Jupiter. Dans le même temps, Kepler mettra au point sa lunette astronomique constituée de deux lentilles convergentes.

« Comment modéliser l'observation d'un objet lointain par une lunette astronomique afocale ?»

II. Documents à disposition.

Doc n°1 : La lunette afocale

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

- L'objectif est une lentille convergente L, de centre optique O. Il 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', de centre optique O'. L'oculaire donne de l'objet A_1B_1 une image A'B' à l'infini.

Doc n°2 : Objet lointain et œil réduit.

Pour modéliser ***l'utilisation*** de la lunette, il faut un objet à l'infini et un œil observant sans fatigue (sans accommodation).
- Pour l'objet lointain on utilise une lentille convergente L_0 de distance focale f'_0 et un objet lumineux judicieusement placé.
- Pour l'œil réduit on utilise une lentille convergente L_3 (cristallin) de distance focale f'_3 et un écran judicieusement placé (rétine).

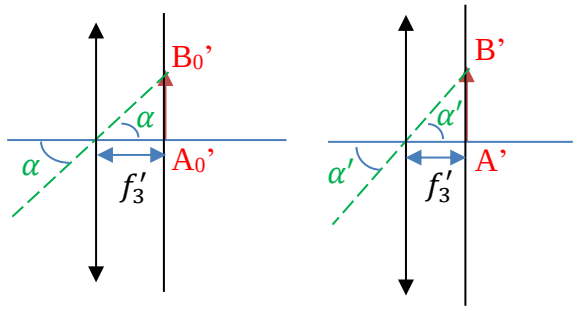
Doc n°3 : Relation de conjugaison et grossissement.

- Pour une lentille mince de distance focale f' et de centre O, la position de l'objet AB et de l'image A'B' est donnée par la relation $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$
- Le grossissement d'une lunette afocale se peut se calculer par la relation : $G_{th} = \frac{f'_{objectif}}{f'_{oculaire}}$

Doc n°4 : Expression du grossissement expérimental

- $A'_0B'_0$ représente l'image de AB vu par l'ŒIL REDUIT en l'absence de lunette. ***Le diamètre apparent de l'objet vu à l'œil nu est donc α ci-contre.***
- $A'B'$ représente l'image de AB vu par l'ŒIL REDUIT en présence de la lunette. ***Le diamètre apparent de l'objet vu à travers la lunette est donc α' ci-contre.***

On montre alors facilement que le grossissement expérimental peut s'exprimer $G_{exp} = \frac{A'B'}{A'_0B'_0}$



Diamètre apparent de l'objet vu à l'œil nu	Diamètre apparent de l'objet vu à travers la lunette

Doc n°5 : Incertitude-type

- Pour une mesure de longueur L effectuée à l'aide d'un instrument gradué en millimètre, l'incertitude-type est donnée par $u(L) = \frac{1}{\sqrt{6}}$ exprimée en millimètre.
- Incertitude-type sur le grossissement expérimental : $u(G_{exp}) = G_{exp}.\sqrt{\left(\frac{u(A'B')}{A'B'}\right)^2 + \left(\frac{u(A'_0B'_0)}{A'_0B'_0}\right)^2}$

II. Matériel à disposition

- *Un banc d'optique + support lentilles*
- *Un objet lumineux AB représenté par* ***des graduations.***
- *1 écran*
- *4 lentilles convergentes de distance focale*
  $f_0' = 15$ *cm ;* $f_1' = 10$ *cm ;* $f_2' = 20$ *cm ;* $f_3' = 30$ *cm*

III. Travail à effectuer.

S'APPROPRIER

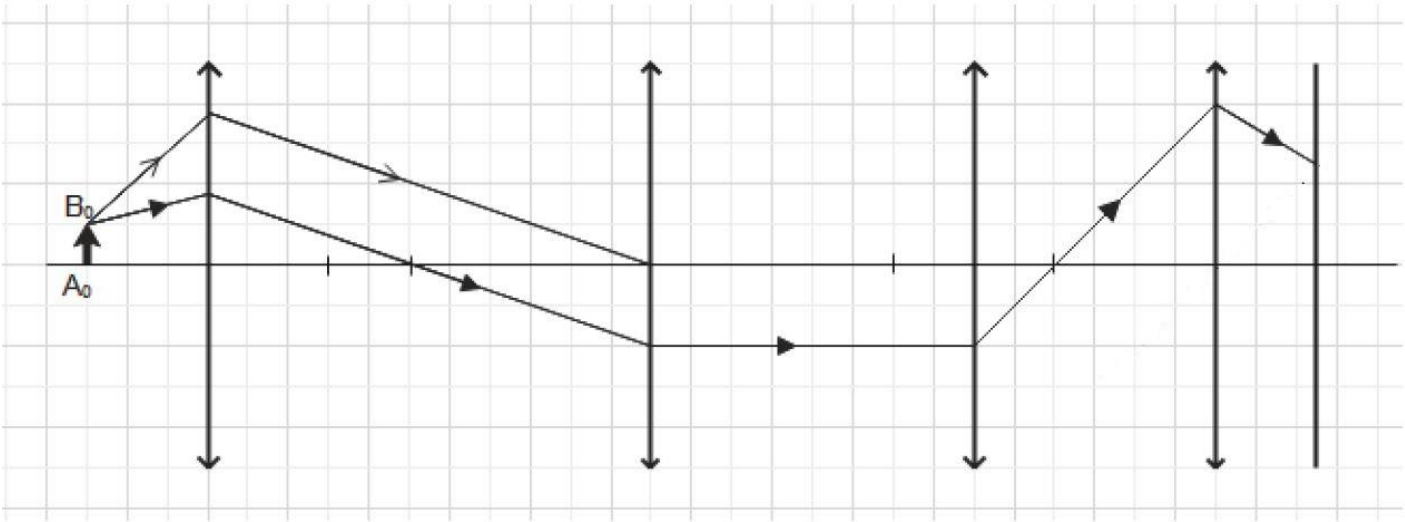
1°- Pour construire l'objet lointain on utilise la lentille de distance focale f_0'. Où doit-on placer l'objet lumineux par rapport à la lentille ? Justifier.

2°- Pour construire un œil réduit on utilise la lentille de distance focale f_3'. Où placer l'écran par rapport à la lentille pour modéliser un œil voyant sur sa rétine une image nette sans fatigue ?

3°- Pour construire la lunette, on utilise les lentilles restantes. Associer ces lentilles à l'objectif et à l'oculaire en justifiant.

4°- Sur le schéma (pas à l'échelle) ci-dessous :

- Identifier les dispositifs modélisant l'objet éloigné, la lunette afocale, l'œil réduit.
- Placer les foyers de l'objectif et ceux de l'oculaire.
- Prolonger le trajet du rayon lumineux initié.
- Construire l'image intermédiaire A_1B_1 formée par l'objectif.
- Construire l'image A'B' formée sur la rétine.



Appel n°1	Appelez le professeur pour lui montrer votre construction		

RÉALISER

Mise en place de l'objet lointain et de l'œil réduit. ***On prendra comme objet AB 2 ou 3 graduations de l'objet lumineux***

- Placer le support de l'objet à la graduation -8 cm du banc d'optique et vérifier que l'objet lumineux est à 0 cm.
- Placer la lentille L_0 de manière à modéliser un objet à l'infini (vérifier que la lumière passe bien par le centre de la lentille) puis ***ajuster la position de la lentille de manière à voir nette l'image à l'infini (sur le mur ou en plaçant l'écran bien après le banc d'optique).***
- Placer l'écran à la graduation 180 cm du banc d'optique puis placer la lentille L_3 de manière à modéliser l'œil qui observe sans fatigue. ***Adapter si nécessaire la position de L_3 de manière à observer une image nette sur l'écran***.
- Déterminer la taille de l'image $A_0'B_0'$ obtenue sur l'écran (mesurer 2 ou 3 graduations) associée à son incertitude.

Appel n°2	Appelez le professeur pour vérification du montage et de la mesure.		

Mise en place de la lunette astronomique.

- Placer la lentille correspondant à *l'objectif* à la graduation 50 cm du banc d'optique (vérifier que la lumière passe bien par le centre de la lentille).
- Rechercher à l'aide d'une feuille de papier la position de l'image intermédiaire A_1B_1 et repérer la graduation correspondante. L'image est-elle droite ou renversée ?
- Placer la lentille correspondant à *l'oculaire* de manière à placer A_1B_1 dans son plan focal objet.
  Ajuster la position de $L_{oculaire}$ si nécessaire de manière à obtenir une image nette sur l'écran.
- Mesurer la taille de l'image *A'B'* obtenue sur l'écran associée à son incertitude.

Appel n°3	Appelez le professeur pour lui montrer votre image et votre mesure.		

VALIDER

5°- Calculer le grossissement G_{exp} associé à son incertitude.

6°- Calculer la valeur théorique du grossissement. La valeur expérimentale est-elle cohérente avec la valeur théorique ? Justifier.

Appel n°4	Appelez le professeur pour lui montrer vos réponses		