

ACTIVITE : LA LUNETTE ASTRONOMIQUE

Contexte :

En 1834, François ARAGO (*photo ci-contre*) propose à Victor HUGO d'observer la Lune à l'aide d'une lunette astronomique constituée d'un objectif de distance focale $f_1' = 6,0$ m et d'un oculaire $f_2' = 1,5$ cm. Victor HUGO écrit plus tard dans « Le promontoire du songe » :

« ARAGO : Regardez.

Un instant après, ARAGO poursuit.

ARAGO : Vous venez de faire un voyage.

HUGO : Quel voyage ?

ARAGO : Tout à l'heure, comme tous les habitants de la Terre, vous étiez à quatre-vingt-dix mille lieues de la Lune.

HUGO : Eh bien ?

ARAGO : Vous en êtes maintenant à deux cent vingt-cinq lieues. »



Problème posé : Déterminer, à l'aide du matériel et des documents à disposition, si l'affirmation de François ARAGO est correcte.

Document 1 : Lunette commerciale

Dans le commerce, une lunette astronomique est caractérisée par deux nombres exprimés en millimètre :

- le **diamètre** de l'objectif ;
- la **distance focale** de l'objectif.

On donne également la **distance focale des oculaires** vendus avec la lunette.

Les caractéristiques d'une lunette permettent notamment de calculer son **grossissement** dans le cas d'une utilisation en tant que lunette afocale.

Extrait d'une notice d'une lunette astronomique :

- Grossissement : jusqu'à 66 fois avec les oculaires fournis
- Diamètre de l'objectif : 70 mm
- Distance focale de l'objectif : 400 mm
- Livrée avec 2 oculaires : 6 mm et 25 mm de distance focale

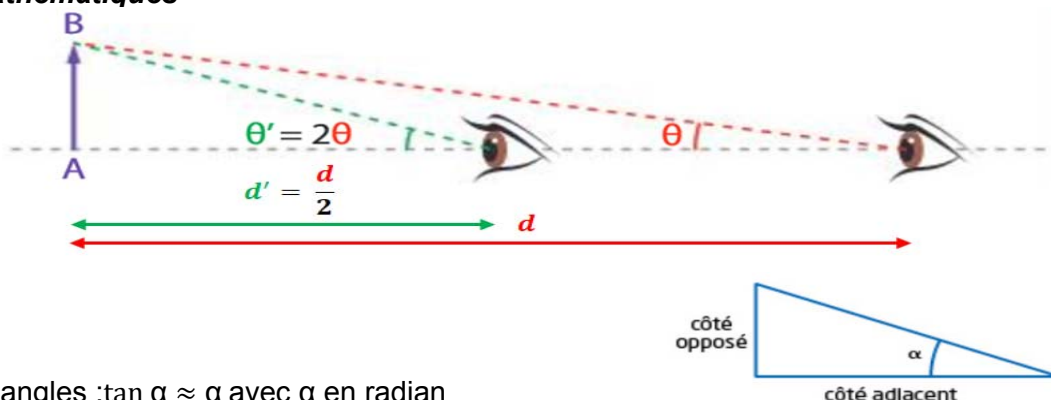
La lunette est fixée sur une **monture équatoriale** qui permet de suivre le mouvement des astres autour de la Terre.



!! SECURITE !!
Ne jamais pointer le Soleil sans filtre solaire homologué, au risque de très graves lésions pour l'œil.

Document 2 : Points mathématiques

Distance et angle



Approximation des petits angles : $\tan \alpha \approx \alpha$ avec α en radian

Document 3 : Modélisation de l'œil

L'œil peut être modélisé par un système optique comprenant une **lentille** mince convergente (pour modéliser le **cristallin**) et un **écran** (pour modéliser la **rétilne**).

Lorsque l'œil regarde un objet très loin (= à l'infini), il n'accommode pas ; on dit qu'il est au repos.

Document 4 : La lunette astronomique → voir schéma en annexe

- Une **lunette astronomique** est modélisée par **deux lentilles minces convergentes** de même axe optique Δ :
 - l'**objectif**, de grande distance focale (de l'ordre du mètre), orienté vers l'objet lointain à observer (que l'on notera L_1) ;
 - l'**oculaire**, de courte distance focale (de l'ordre du centimètre) orienté vers l'œil de l'observateur et qui joue le rôle d'une loupe (que l'on notera L_2).
- Les rayons reçus provenant d'un point objet situé à l'infini sont parallèles entre eux.**
Une lunette astronomique est dite **afocale** lorsque des rayons parallèles qui arrivent sur la lunette en ressortent parallèles entre eux. Pour cela, le **foyer image F_1' de l'objectif doit être confondu avec le foyer objet F_2 de l'oculaire.**
- L'objet AB situé à plusieurs mètres est vu à l'œil nu sous l'**angle θ** , et l'image finale A'B' est vue à travers la lunette sous l'**angle θ'** .
Donc : **angle θ** → angle sous lequel est vu, à l'œil nu, l'objet $A_\infty B_\infty$ situé à l'infini.
angle θ' → angle sous lequel est vu l'image finale $A'_\infty B'_\infty$ à travers la lunette.
- Le **grossissement G** d'une lunette est une grandeur sans unité, défini par le rapport entre ces deux angles : $G = \frac{\theta'}{\theta}$ (Les angles doivent être exprimés avec la même unité d'angle)



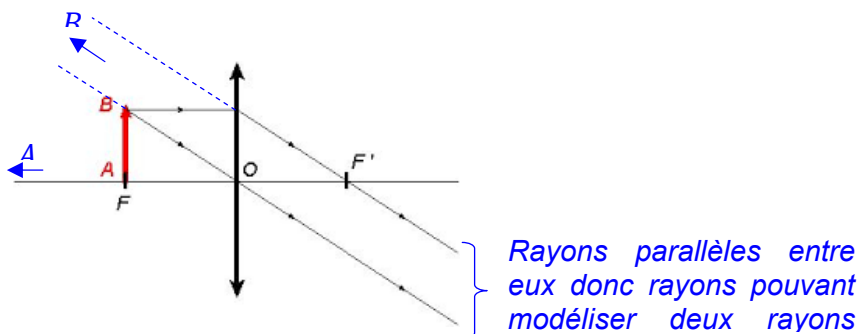
Ne pas confondre **grossissement** et **grandissement**.

Lorsqu'un **objet** ou une **image** est à l'**infini**, la notion de grandissement n'a plus de sens.

Document 5 : Modélisation d'un objet à l'infini

La lunette astronomique est un instrument d'observation d'objets très éloignés de nous ; on parle alors d'objets à l'infini.

Les rayons lumineux qui arrivent d'un objet à l'infini sont tous parallèles entre eux. Donc pour modéliser au laboratoire un objet à l'infini, on utilise une lentille mince convergente et on place un objet réel AB dans le plan focal objet de cette lentille. L'image $A_\infty B_\infty$ formée par cette lentille est à l'infini et peut servir d'objet à l'infini pour la suite.



Document 6 : Matériel à disposition

- Banc optique gradué avec source de lumière blanche + objet
- Lentilles minces convergentes ;
- Ecran ; Divers supports
- Règle graduée

Lentille (code couleur)	rouge	vert	doré	violet
Distance focale (en mm)	500	200	125	100

Pour réaliser le travail qui suit, on choisira :

- Pour la modélisation de l'objet à l'infini → lentille noté L_0 de distance focale $f_0' = 50$ cm
- Pour la modélisation de la lunette :
 - pour l'objectif : lentille noté L_1 de distance focale $f_1' = 20$ cm
 - pour l'oculaire : lentille noté L_2 de distance focale $f_2' = 10$ cm
- Pour la modélisation de l'œil → lentille noté L_3 de distance focale $f_3' = 12,5$ cm

Pour la manipulation, l'objet est constitué par un ensemble {lettre P + verre diffusant} accolé à une source de lumière blanche. (la distance qui sépare le pied de la source de la position réelle de l'objet est de 8 cm)

I. Construction de la lunette astronomique

Modélisation d'un objet $A_{\infty}B_{\infty}$ à l'infini :

- Positionner l'ensemble {lettre P + verre diffusant} à la graduation « 0 » du banc optique.
 - Positionner la lentille L_0 de telle façon à obtenir une image à l'infini. Cette image servira d'objet pour la lunette et sera notée $A_{\infty}B_{\infty}$ par la suite.
- ⇒ Représenter l'objet $A_{\infty}B_{\infty}$ sur l'annexe.

Modélisation de la lunette astronomique :

- Positionner la lentille L_1 modélisant l'objectif le plus proche possible de la lentille L_0 .
 - Chercher (et surtout trouver) la position de l'écran pour observer l'image appelée image intermédiaire A_1B_1 formée.
- 1) Caractériser l'image intermédiaire A_1B_1 obtenue. Porter un regard critique sur sa position en la comparant à la valeur théorique attendue.
- Mesurer la taille de l'image intermédiaire A_1B_1 (= hauteur de la lettre « P »).
- ⇒ Noter la valeur sur l'annexe.
- 2) Quel rôle joue l'image intermédiaire A_1B_1 pour l'oculaire de la lunette afocale ?
 - 3) Où doit-on placer la lentille L_2 modélisant l'oculaire afin d'obtenir une lunette afocale ?
- Enlever l'écran puis positionner la lentille L_2 modélisant l'oculaire afin d'obtenir une lunette afocale.
- ⇒ Représenter l'image définitive $A'_{\infty}B'_{\infty}$ donnée par la lunette sur l'annexe.

Modélisation de l'œil :

- A l'aide d'une feuille, repérer approximativement, derrière l'oculaire, l'endroit où se trouve le cercle oculaire, c'est-à-dire l'endroit où le faisceau lumineux a le plus petit diamètre et le maximum de luminosité..
 - Positionner à cet endroit la lentille L_3 modélisant le cristallin.
 - Chercher (et surtout trouver) la position de l'écran pour observer l'image formée par la lentille L_3 (= image formée sur la rétine).
- 4) Porter un regard critique sur la position de l'écran en la comparant à la valeur théorique attendue.
- Mesurer la taille de l'image A_3B_3 formée sur l'écran (= la rétine) avec la lunette puis sans la lunette.
- ⇒ Noter les valeurs sur l'annexe.

II. Détermination expérimentale du grossissement

Méthode 1 :

montrer que :

$$\tan\theta = \frac{A_1B_1}{f_1'} \quad \text{et} \quad \tan\theta' = \frac{A_1B_1}{f_2'}$$

En déduire que dans l'approximation des petits angles le grossissement s'exprime par :

$$G = \frac{f_1'}{f_2'}$$

Déterminer la valeur du grossissement

Méthode 2 :

montrer que :

$$\tan\theta' = \frac{A_3B_3 \text{ avec}}{f_3'} \quad \text{et} \quad \tan\theta = \frac{A_3B_3 \text{ sans}}{f_3'}$$

En déduire que dans l'approximation des petits angles le grossissement s'exprime par :

$$G = \frac{A_3B_3 \text{ avec}}{A_3B_3 \text{ sans}}$$

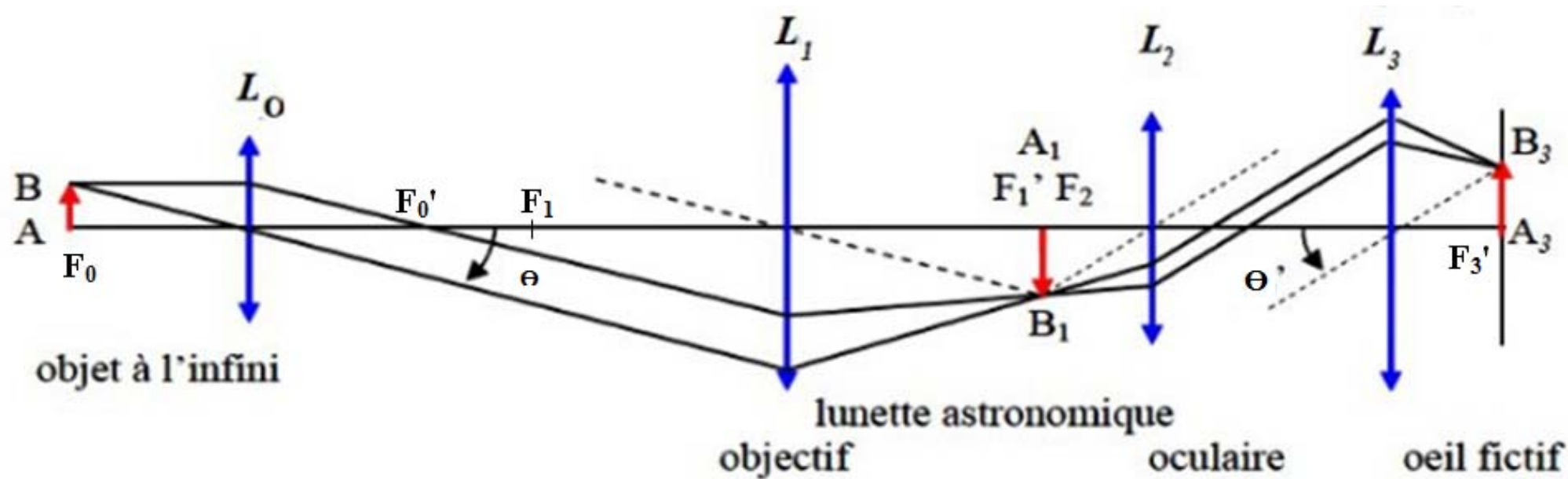
Déterminer la valeur du grossissement.

La comparer à la précédente.

III. Réponse au problème posé

- 1) L'approximation des petits angles est-elle justifiée dans notre modélisation expérimentale ?
- 2) Considérant la lunette commerciale de la notice du document 1, quel oculaire faudrait-il choisir pour obtenir le grossissement le plus important ?
- 3) Construire un raisonnement pour répondre au problème posé.

Annexe :



Taille de l'image intermédiaire : $A_1 B_1 = \dots\dots\dots$

Taille de l'image sur la rétine :

- avec la lunette : $A_3 B_3 \text{ avec} = \dots\dots\dots$
- sans la lunette : $A_3 B_3 \text{ sans} = \dots\dots\dots$

Grossissement :

$$G = \frac{f_1'}{f_2'} =$$

$$G = \frac{A_3 B_3 \text{ avec}}{A_3 B_3 \text{ sans}} =$$