

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53

EXERCICE 2 : 5 points

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui sans mémoire, « type collègue »

EXERCICE 2 : La découverte de Neptune

1. Les caractéristiques de Neptune selon les prévisions de Le Verrier

Q1.

La position particulière occupée par le Soleil pour l'ellipse représentée en figure 1 est un des foyers de l'ellipse.

L'astronome connu pour avoir établi ce résultat est Johannes Kepler.

Q2.

Pour tous les objets en orbite elliptique autour du Soleil, le rapport $\frac{T^2}{a^3}$ est le même.

Ainsi :

$$\frac{T_{\text{Neptune}}^2}{a_{\text{Neptune}}^3} = \frac{T_{\text{Uranus}}^2}{a_{\text{Uranus}}^3}$$

$$T_{\text{Neptune}}^2 = a_{\text{Neptune}}^3 \times \frac{T_{\text{Uranus}}^2}{a_{\text{Uranus}}^3}$$

$$T_{\text{Neptune}}^2 = \frac{a_{\text{Neptune}}^3}{a_{\text{Uranus}}^3} \times T_{\text{Uranus}}^2$$

$$T_{\text{Neptune}}^2 = \left(\frac{a_{\text{Neptune}}}{a_{\text{Uranus}}} \right)^3 \times T_{\text{Uranus}}^2$$

D'après les données : la planète Neptune est plus éloignée du Soleil que la planète Uranus

$$a_{\text{Neptune}} > a_{\text{Uranus}}$$

$$\frac{a_{\text{Neptune}}}{a_{\text{Uranus}}} > 1$$

$$\left(\frac{a_{\text{Neptune}}}{a_{\text{Uranus}}} \right)^3 > 1$$

Donc

$$T_{\text{Neptune}}^2 > T_{\text{Uranus}}^2$$

$$T_{\text{Neptune}} > T_{\text{Uranus}}$$

Ainsi, la période de révolution de Neptune est plus grande que celle d'Uranus.

Q3.

$$\frac{T_{\text{Neptune}}^2}{a_{\text{Neptune}}^3} = \frac{T_{\text{Uranus}}^2}{a_{\text{Uranus}}^3}$$

$$T_{\text{Neptune}}^2 = a_{\text{Neptune}}^3 \times \frac{T_{\text{Uranus}}^2}{a_{\text{Uranus}}^3}$$

$$T_{\text{Neptune}}^2 = \frac{a_{\text{Neptune}}^3}{a_{\text{Uranus}}^3} \times T_{\text{Uranus}}^2$$

$$T_{\text{Neptune}}^2 = \left(\frac{a_{\text{Neptune}}}{a_{\text{Uranus}}} \right)^3 \times T_{\text{Uranus}}^2$$

$$T_{\text{Neptune}} = \sqrt{\left(\frac{a_{\text{Neptune}}}{a_{\text{Uranus}}}\right)^3 \times T_{\text{Uranus}}^2}$$

$$T_{\text{Neptune}} = \sqrt{\left(\frac{a_{\text{Neptune}}}{a_{\text{Uranus}}}\right)^3 \times T_{\text{Uranus}}}$$

$$T_{\text{Verrier N}} = \sqrt{\left(\frac{a_{\text{Verrier N}}}{a_{\text{Ref U}}}\right)^3 \times T_{\text{Ref U}}}$$

$$T_{\text{Verrier N}} = \sqrt{\left(\frac{36,2}{19,2}\right)^3 \times 84,1}$$

$$T_{\text{Verrier N}} = 218 \text{ ans}$$

Q4.

Calculons le quotient $\frac{|T_{\text{Verrier N}} - T_{\text{Ref N}}|}{u(T_{\text{Verrier N}})}$:

$$\frac{|T_{\text{Verrier N}} - T_{\text{Ref N}}|}{u(T_{\text{Verrier N}})} = \frac{|218 - 165|}{13} = 4 > 2$$

Le quotient $\frac{|T_{\text{Verrier N}} - T_{\text{Ref N}}|}{u(T_{\text{Verrier N}})}$ est supérieur à 2 : le résultat de $T_{\text{Verrier N}}$ n'est pas en accord avec la valeur de référence actuelle $T_{\text{Ref N}}$.

Q5.

La figure 2 nous montre que la valeur du demi-grand axe de l'orbite prédite par Le Verrier est supérieure à la valeur du demi-grand axe de l'orbite réelle de Neptune.

$$T_{\text{Verrier N}} = \sqrt{\left(\frac{a_{\text{Verrier N}}}{a_{\text{Ref U}}}\right)^3 \times T_{\text{Ref U}}}$$

$T_{\text{Verrier N}}$ est proportionnel à la racine carrée du cube du demi-grand axe $a_{\text{Verrier N}}$.

En surestimant la valeur du cube du demi-grand axe $a_{\text{Verrier N}}$, il obtient $T_{\text{Verrier N}}$ supérieure à la valeur réelle.

$$T_{\text{Verrier N}} = 218 \text{ ans} > T_{\text{Ref N}} = 165 \text{ ans}$$

C'est cohérent avec la réponse avec les résultats de la question Q3.

2. Observation de Neptune

Q6.

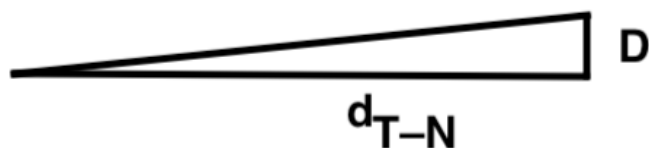
Pour des petits angles, exprimés en radian : $\tan \theta \approx \theta$

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{\text{opposé}}{\text{adjacent}}$$

$$\theta = \frac{D}{d_{T-N}}$$

$$\theta = \frac{4,95 \times 10^4}{4,4 \times 10^9}$$

$$\theta = 1,1 \times 10^{-5} \text{ rad}$$



Q7.

Un système optique est dit afocal s'il donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.

Neptune est considéré à l'infini : la lentille L_1 donne de Neptune une image A_1B_1 sur le foyer image F'_1 .

Or les deux foyers F'_1 et F_2 sont confondus.

La lentille L_2 , donne de l'objet A_1B_1 situé sur le foyer F_2 , une image à l'infini

Ainsi, la lunette astronomique donne d'un objet à l'infini une image à l'infini : elle est afocale.

Q8.

Le rayon lumineux issu de B pénétrant dans la lunette par le centre optique O_1 de la lentille L_1 n'est pas dévié.

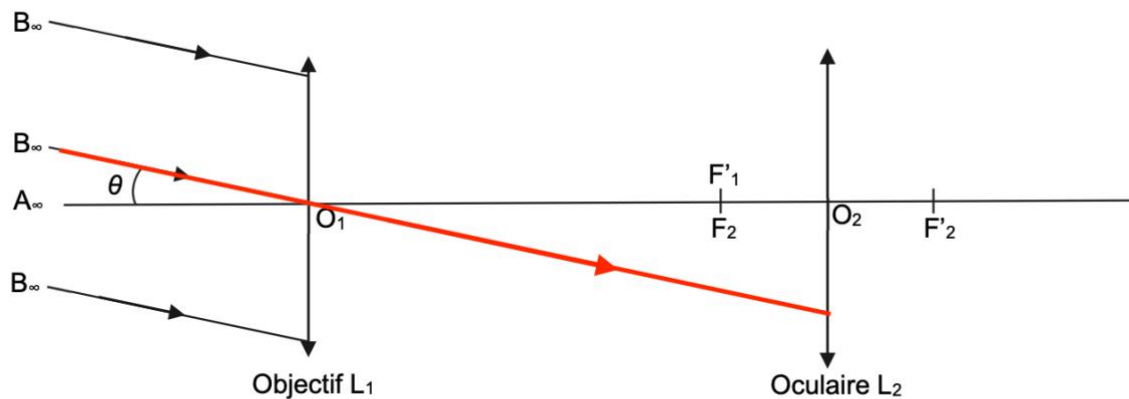
ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 3. Schématisation de la lunette astronomique afocale (le schéma n'est pas à l'échelle)

Position de B_1 image intermédiaire de B : Comme l'objet $A_\infty B_\infty$ est à l'infini, son image A_1B_1 est dans le plan focal image de l'objectif L_1 .

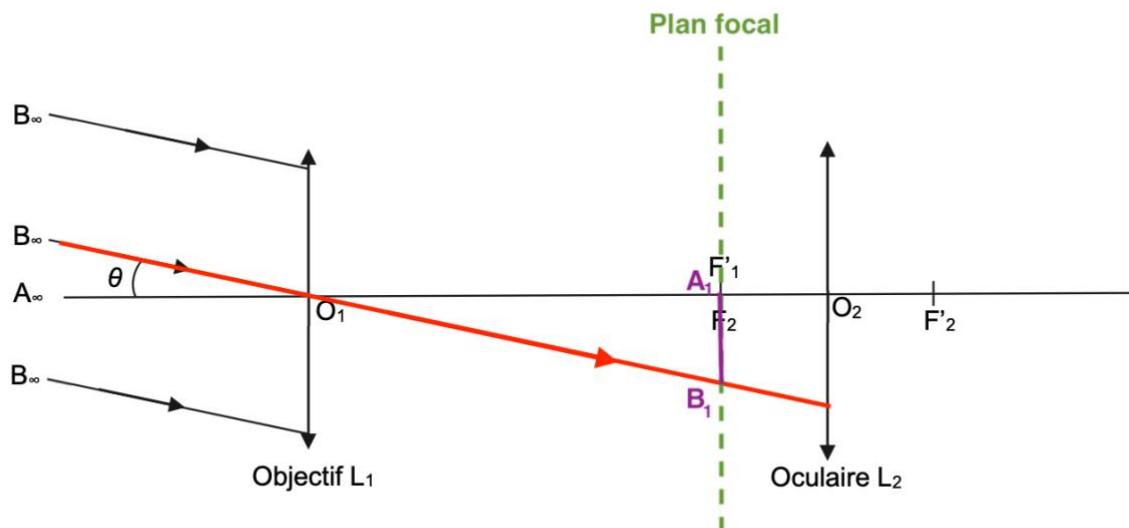
ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Figure 3. Schématisation de la lunette astronomique afocale (le schéma n'est pas à l'échelle)

Les autres rayons lumineux issus de B, sortent de L_1 en passant par B_1 .

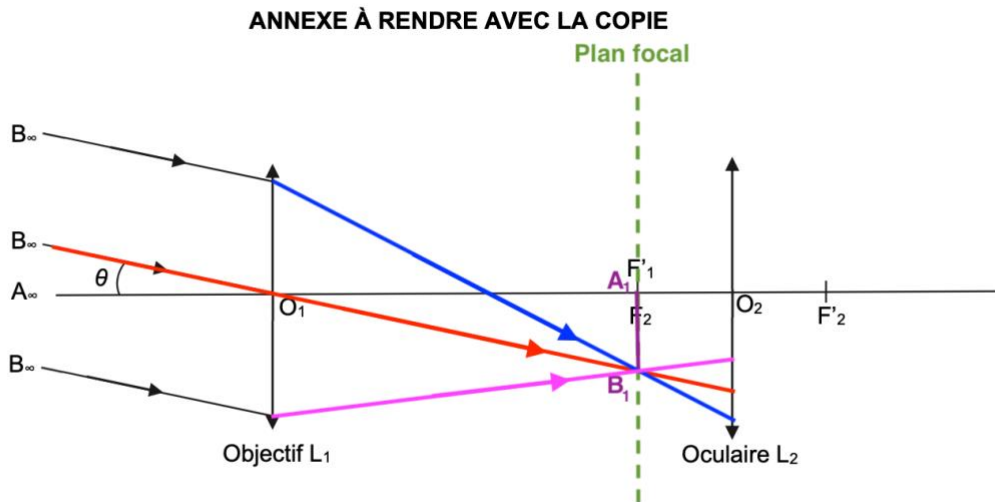


Figure 3. Schématisation de la lunette astronomique afocale (le schéma n'est pas à l'échelle)

Pour le rayon émergent de la lentille L_2 :

- On trace un rayon issu de B_1 passant par O_2 . Ce rayon ne sera pas dévié.

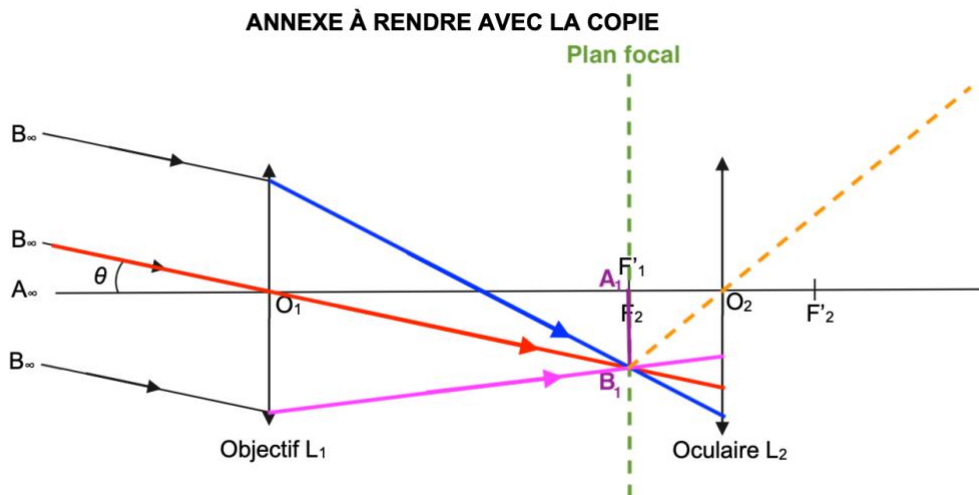


Figure 3. Schématisation de la lunette astronomique afocale (le schéma n'est pas à l'échelle)

- De plus nous savons que l'image d'un objet situé dans le plan focal objet d'une lentille se forme à l'infini. Ainsi les rayons émergents de la lentille L_2 issue de B_1 seront parallèles à ce rayon tracé.

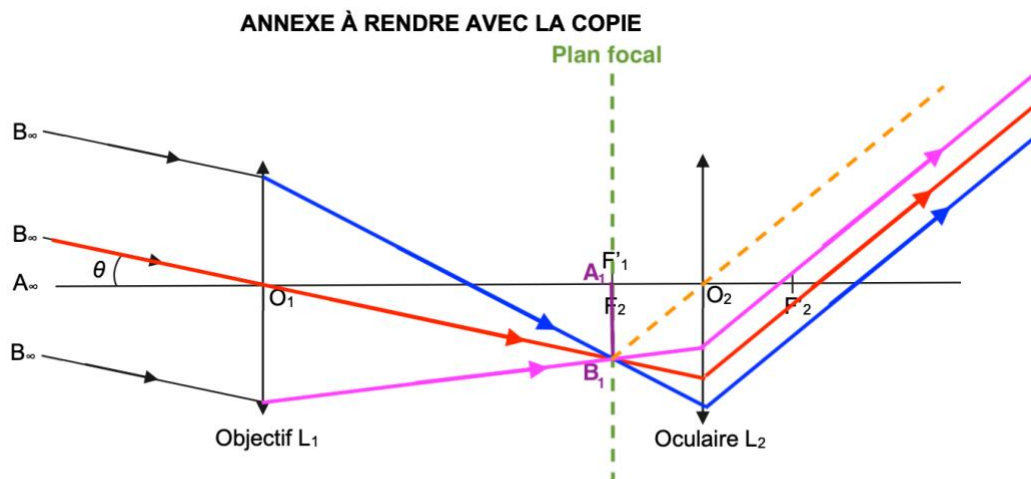


Figure 3. Schématisation de la lunette astronomique afocale (le schéma n'est pas à l'échelle)

Q9.

Le grossissement G d'une lunette astronomique est défini par :

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{A_1 B_1}{f'_1}$$

$$\tan(\theta') \approx \theta' = \frac{A_1 B_1}{f'_2}$$

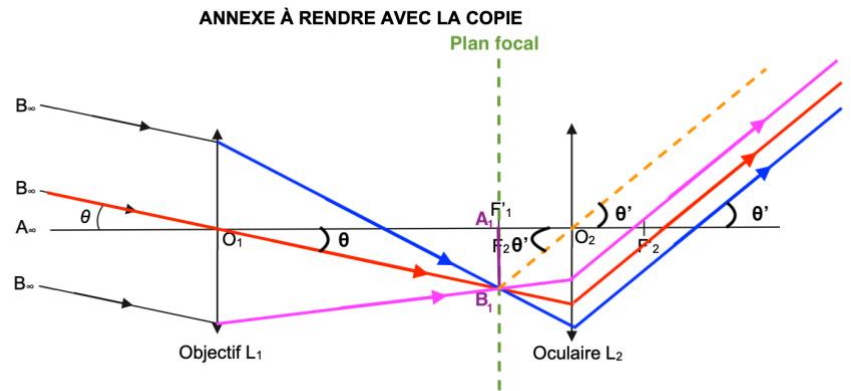


Figure 3. Schématisation de la lunette astronomique afocale (le schéma n'est pas à l'échelle)

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\frac{A_1 B_1}{f'_2}}{\frac{A_1 B_1}{f'_1}} = \frac{A_1 B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1 B_1} = \frac{f'_1}{f'_2}$$

Ainsi

$$\frac{\theta'}{\theta} = \frac{f'_1}{f'_2}$$

$$\theta' = \frac{f'_1}{f'_2} \times \theta$$

$$\theta' = \frac{4,27}{28 \times 10^{-3}} \times 1,1 \times 10^{-5}$$

$$\theta' = 1,7 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

D'après les données : « pouvoir séparateur de l'œil : on peut distinguer deux points différents d'un astre si l'angle sous lequel on voit ces deux points depuis la Terre est supérieur ou égal à 3×10^{-4} rad environ »
Avec la lunette $\theta' = 1,7 \times 10^{-3} \text{ rad} > 3 \times 10^{-4} \text{ rad}$: Neptune est visible avec la lunette et on distingue les deux points correspondant à son diamètre.

Cela correspond à la phrase de Le Verrier a écrit : « non seulement on pourra apercevoir la nouvelle planète dans les bonnes lunettes, mais encore on la distinguera par l'amplitude de son disque ; son apparence ne sera pas réduite à celle d'une étoile [ponctuelle]. ».