Asie 2023 Sujet 1
CORRECTION Yohan Atlan © https://www.vecteurbac.fr/

CLASSE : Terminale	**EXERCICE 1** : commun à tous les candidats (10 points)
VOIE : ☒ Générale	**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ:** PHYSIQUE-CHIMIE
DURÉE DE L'EXERCICE : 1h56	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui « type collège »

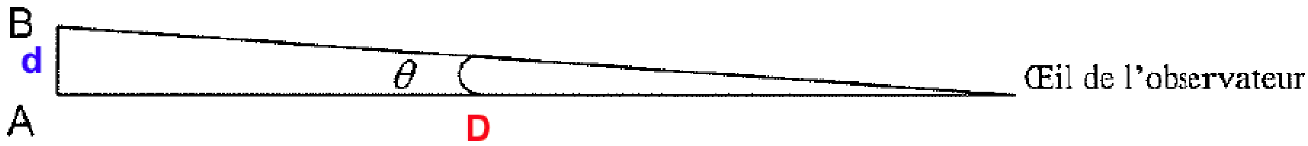
Exercice 1 Autour de Saturne (11 points)

Partie A – Observation de Titan à l'œil nu

1.

Pour les angles petits :

$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{d}{D}$$



$$\theta = \frac{5{,}2 \times 10^3}{1{,}43 \times 10^9}$$

$$\theta = 3{,}6 \times 10^{-6} \text{ rad}$$

2.

$\theta < \varepsilon$: θ est inferieur à ε l'angle minimal sous lequel deux points peuvent être vus séparément. Titan n'est donc pas observable à l'œil nu.

3.

$$G_{min} = \frac{\varepsilon}{\theta}$$

$$G_{min} = \frac{3 \times 10^{-4}}{3{,}6 \times 10^{-6}}$$

$$G_{min} = 83$$

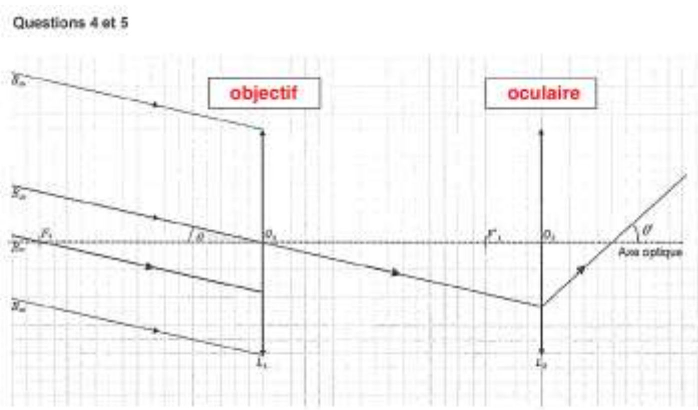
Le grossissement minimal que doit avoir un instrument d'optique pour observer Titan depuis la Terre à pour valeur 83.

Partie B – Observation de Titan à l'aide d'une lunette astronomique

4.

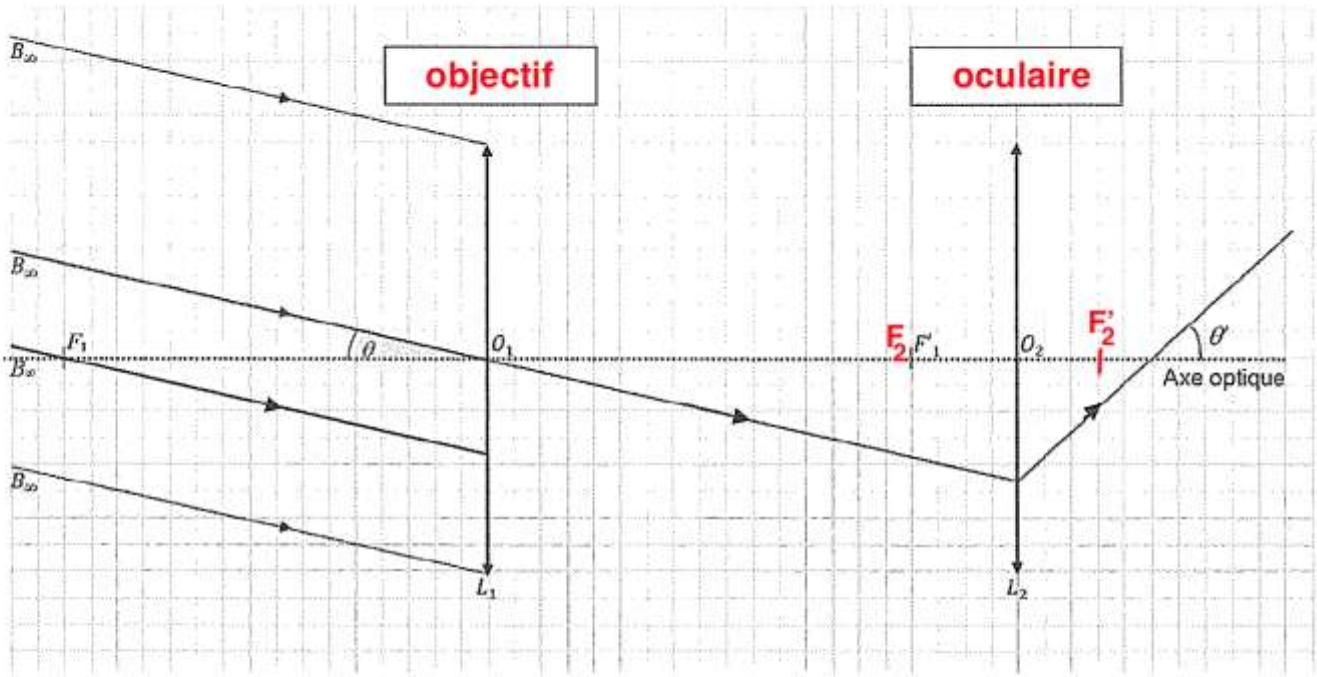
L_1 : l'objectif car c'est une lentille convergente possédant une grande distance focale. C'est la lentille placée vers l'objet

L_2 : l'oculaire car c'est une lentille convergente possédant une petite distance focale. C'est la lentille où on place l'œil.



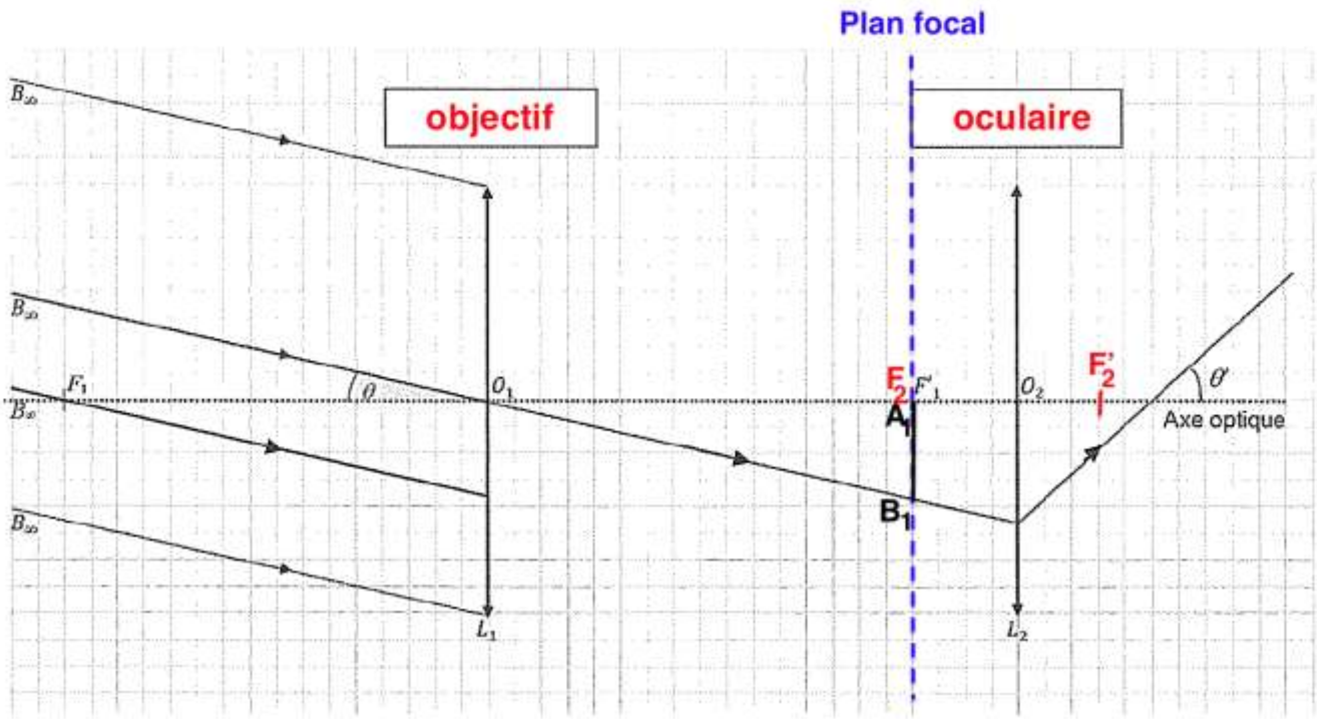
Un système optique est dit afocal s'il donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.
La lentille L_1, donne de l'objet $A_\infty B_\infty$, une image A_1B_1sur le foyer image F'_1.
Pour que la lentille L_2, donne de l'objet A_1B_1, une image à l'infini, il faut que celui-ci soit sur le foyer F_2.
Ainsi, les deux foyers F'_1 et F_2 sont confondus.
De plus $OF_2 = OF'_2$.

Questions 4 et 5



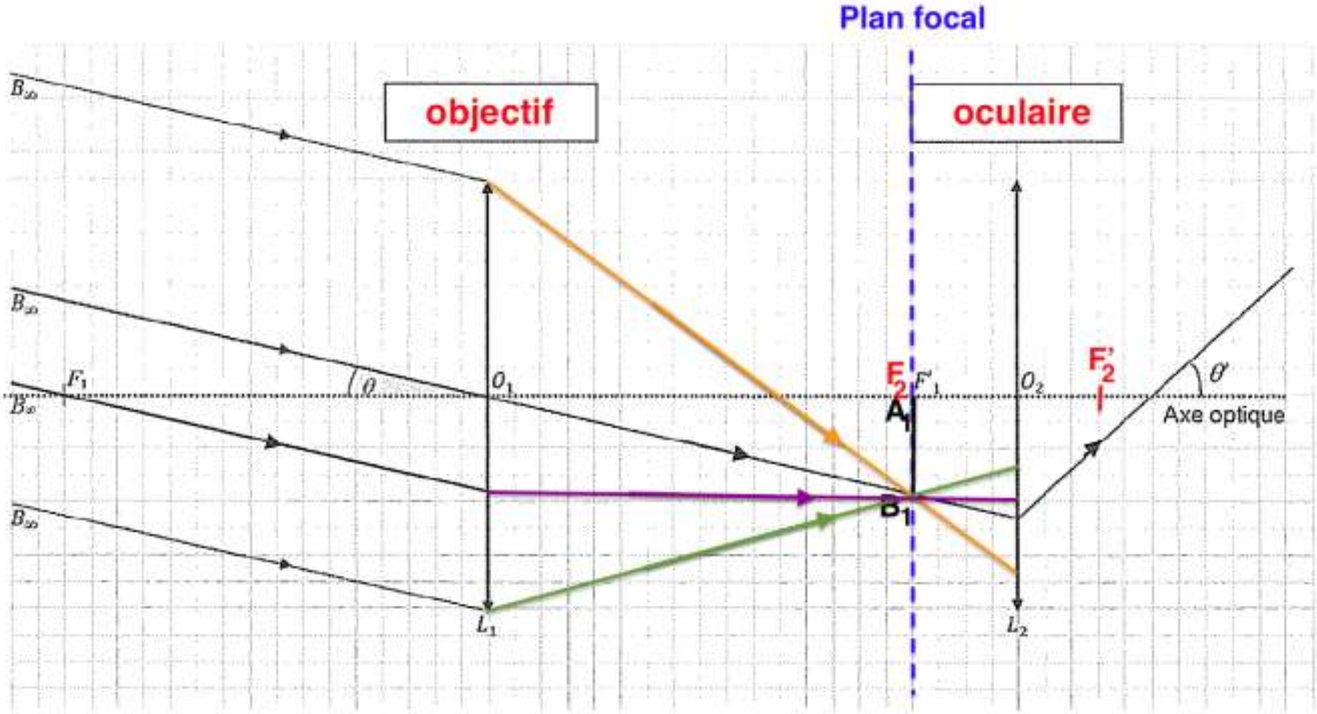
5.
La lentille L_1, donne de l'objet $A_\infty B_\infty$, une image A_1B_1sur le plan focal.
Le point B_1 est défini par l'intersection de ce rayon et le plan focal.

Questions 4 et 5



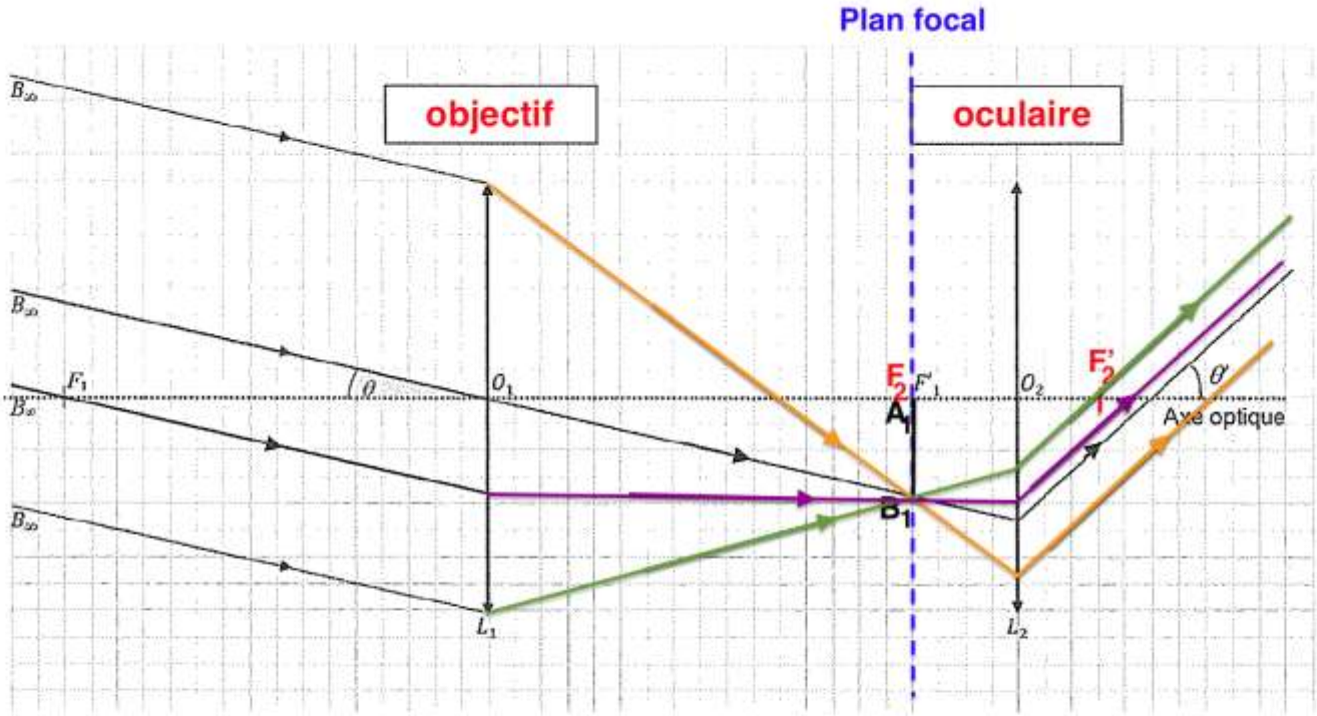
Les autres rayons sont parallèles au premier. Ils sont déviés vers le point B_1

Questions 4 et 5



A_1B_1 étant sur le plan focal, il donnera une image à l'infini, tous les rayons issus de B_1, passant par la lentille L_2 seront parallèles.

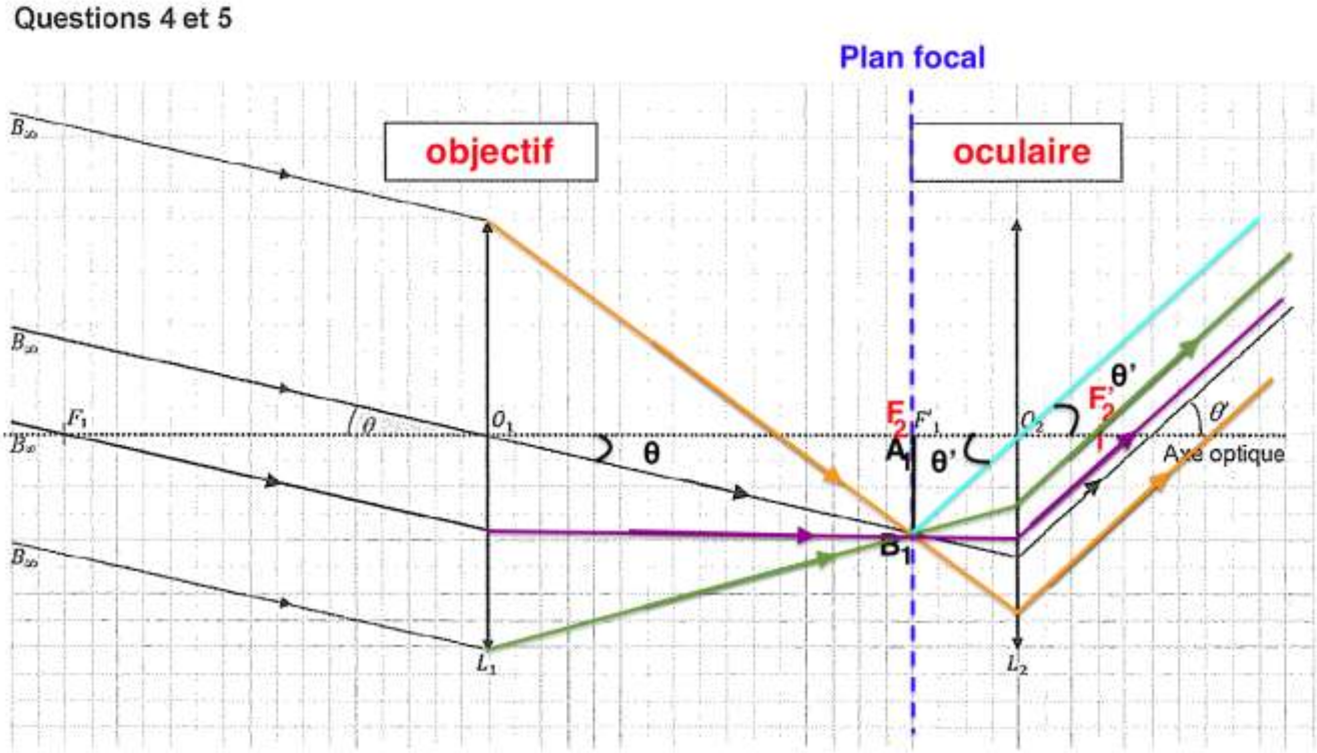
Questions 4 et 5



6.

Le grossissement G est défini par :

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



$$\tan(\theta) \approx \theta = \frac{A_1B_1}{f'_{ob}}$$

$$\tan(\theta') \approx \theta' = \frac{A_1B_1}{f'_{oc}}$$

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{\frac{A_1B_1}{f'_{oc}}}{\frac{A_1B_1}{f'_{ob}}} = \frac{A_1B_1}{f'_{oc}} \times \frac{f'_{ob}}{A_1B_1} = \frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$$

7.

G est inversement proportionnel à f'_{oc}. Ainsi, pour avoir un grossissement maximal, on choisit l'oculaire avec la distance focale la plus petite soit $f'_{oc} = 12 \text{ mm}$

8.

$$G_{max} = \frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$$

$$G_{max} = \frac{3{,}10}{12 \times 10^{-3}}$$

$$G_{max} = 258$$

Calculons l'angle sous lequel Titan est vu avec la lunette :

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

$$\theta' = G \times \theta$$

$$\theta' = 258 \times 3{,}6 \times 10^{-6}$$

$$\theta' = 9{,}3 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$\theta' > \varepsilon$: θ est supérieur à ε l'angle minimal sous lequel deux points peuvent être vus séparément. Titan est donc observable à l'œil nu.

Calculons l'angle sous lequel Janus est vu avec la lunette :

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

$$\theta' = G \times \theta_j$$

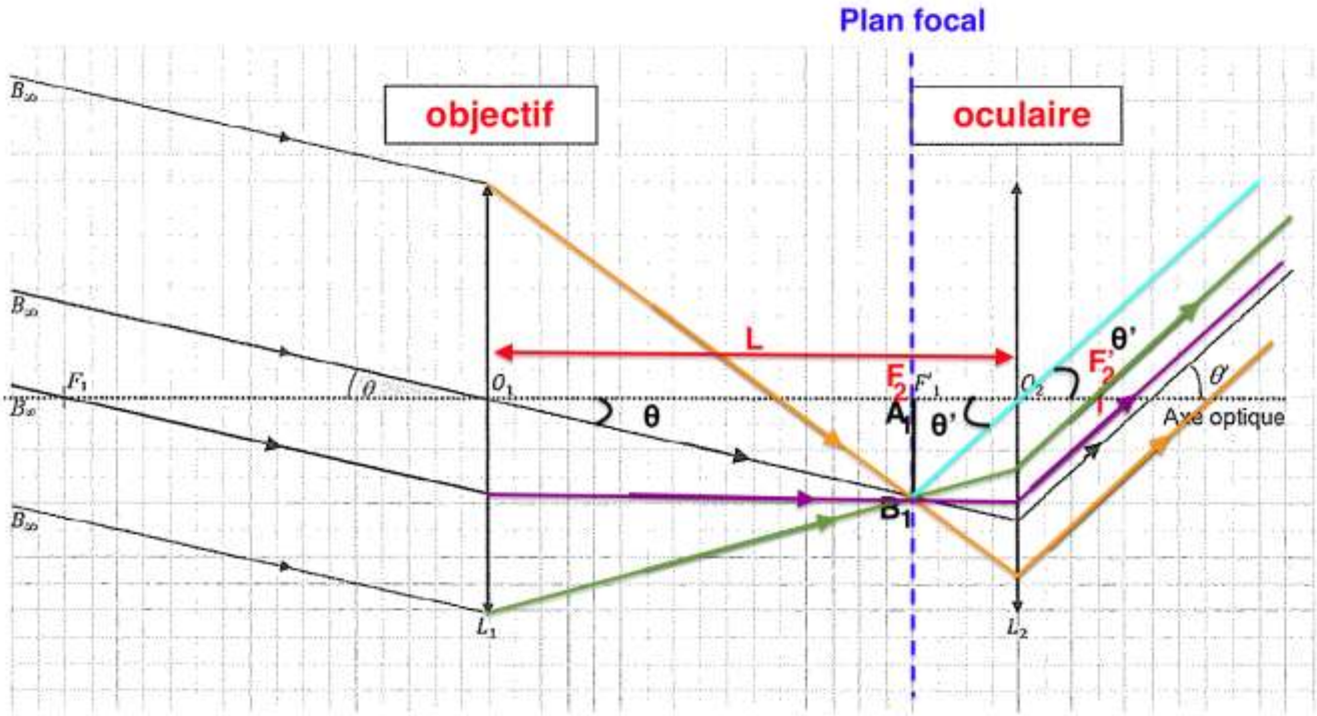
$$\theta' = 258 \times 1{,}3 \times 10^{-7}$$

$$\theta' = 3{,}4 \times 10^{-5}\ \text{rad}$$

$\theta' < \varepsilon$: θ est inferieur à ε l'angle minimal sous lequel deux points peuvent être vus séparément. Janus n'est donc pas observable à l'œil nu.

9.

Questions 4 et 5



$$L = f'_{ob} + f'_{oc}$$

Pour $f'_{oc} = 12$ mm

$$L = 3{,}10 + 12 \times 10^{-3}$$

$$L = 3{,}11\text{m}$$

Pour $f'_{oc} = 40$ mm

$$L = 3{,}10 + 40 \times 10^{-3}$$

$$L = 3{,}14\text{m}$$

La longueur L de la lunette est comprise entre 3,11 m et 3,14 m.

Partie C – Limites d'observation de la lunette astronomique

10.

Le phénomène physique qui limite le pouvoir de résolution est la diffraction.

11.

$$\alpha = \frac{1{,}22 \times \lambda}{d_{ob}}$$
$$\alpha = \frac{1{,}22 \times 500 \times 10^{-9}}{260 \times 10^{-3}}$$
$$\alpha = 2{,}34 \times 10^{-6}\ rad$$

Pour un grossissement G=260, calculons l'angle sous lequel Titan est vu avec la lunette :

$$\mathrm{G} = \frac{\theta'}{\theta}$$
$$\theta' = \mathrm{G} \times \theta$$
$$\theta' = 260 \times 3{,}6 \times 10^{-6}$$
$$\theta' = 9{,}4 \times 10^{-4}\ \mathrm{rad}$$

$\theta' > \alpha$: les deux points peuvent être discernés : la lunette permet d'observer Titan correctement.

12.

$$\alpha = \frac{1{,}22 \times \lambda}{d_{ob}}$$

α est inversement proportionnel au diamètre d'ouverture d_{ob}. Plus d_{ob} est grand, plus α est petit et plus il est possible de distinguer deux points avec une lunette astronomique.

Partie D – Autour de Saturne

13.

$$\overrightarrow{\mathrm{F}_{\mathrm{S/satellite}}} = \mathrm{G}\,.\frac{\mathrm{M_S} \times \mathrm{M_{satellite}}}{\mathrm{r}^2}\vec{\mathrm{u}}_\mathrm{N}$$

Système : satellite de Saturne
Référentiel : saturnocentrique supposé galiléen.

D'après la 2nd loi de Newton :

$$\Sigma\overrightarrow{\mathrm{F}_{\mathrm{ext}}} = \mathrm{M_{satellite}}\,\vec{\mathrm{a}}$$

$$\overrightarrow{\mathrm{F}_{\mathrm{S/satellite}}} = \mathrm{M_{satellite}}\,\vec{\mathrm{a}}$$

$$\mathrm{G} \times \frac{\mathrm{M_S} \times \mathrm{M_{satellite}}}{\mathrm{r}^2}\vec{\mathrm{u}}_\mathrm{N} = \mathrm{M_{satellite}}\,\vec{\mathrm{a}}$$

$$\vec{\mathrm{a}} = \mathrm{G} \times \frac{\mathrm{M_S}}{\mathrm{r}^2}\vec{\mathrm{u}}_\mathrm{N}$$

Pour un mouvement circulaire, dans le repère de Frenet, le vecteur accélération est de la forme:

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r}\vec{u}_N + \frac{dv}{dt}\vec{u}_T$$

L'accélération étant unique, par identification :

$$\frac{v^2}{r} = G \times \frac{M_S}{r^2}$$

$$v^2 = G \times \frac{M_S}{r}$$

$$v = \sqrt{G \times \frac{M_S}{r}}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \times M_S}{r}}$$

14.

La période de révolution est :

$$T = \frac{\text{Périmètre d'un cercle}}{\text{vitesse}} = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{\mathbf{G \times M_S}}{\mathbf{r}}}} = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{G\,.\,M_S}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{r^2\frac{r}{G \times M_S}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G \times M_S}}$$

$$T^2 = \left(2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G \times M_S}}\right)^2$$

$$T^2 = 4\pi^2\sqrt{\frac{r^3}{G \times M_S}}^2$$

$$T^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{G \times M_S}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{G \times M_S} \times r^3$$

$$T^2 = k \times r^3$$

Avec

$$k = \frac{4\pi^2}{G \times M_S}$$

L'expression de la vitesse du satellite permet de retrouver la troisième loi de Kepler.

15.

$$T_J{}^2 = \frac{4\pi^2}{G \times M_S} \times R_J{}^3$$

$$T_J{}^2 \times M_S = \frac{4\pi^2}{G} \times R_J{}^3$$

$$M_S = \frac{4\pi^2}{G \times T_J{}^2} \times R_J{}^3$$

$$M_S = \frac{4\pi^2}{6{,}67 \times 10^{-11} \times (17 \times 60 \times 60)^2} \times (1{,}51 \times 10^5 \times 10^3)^3$$

$$M_S = 5{,}4 \times 10^{26}\ \text{kg}$$

16.

Le premier anneau est limité par un rayon intérieur et un rayon extérieur.

Or la vitesse dépend du rayon

$$v = \sqrt{\frac{G \times M_S}{r}}$$

Tous les corps du premier anneau n'ayant pas le même rayon d'orbite, ne tournent pas à la même vitesse autour de Saturne.

17.

Comparons les périodes de révolutions d'un corps tournant sur le rayon intérieur du premier anneau et d'un corps tournant sur le rayon extérieur du dernier anneau.

D'après la question 14. :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G \times M_S}}$$

$$T_{ext} = 2\pi\sqrt{\frac{R_{ext}{}^3}{G \times M_S}}$$

$$T_{int} = 2\pi\sqrt{\frac{r_{int}{}^3}{G \times M_S}}$$

$$\frac{T_{ext}}{T_{int}} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{R_{ext}{}^3}{G \times M_S}}}{2\pi\sqrt{\frac{r_{int}{}^3}{G \times M_S}}}$$

$$\frac{T_{ext}}{T_{int}} = \sqrt{\frac{\frac{R_{ext}{}^3}{G \times M_S}}{\frac{r_{int}{}^3}{G \times M_S}}}$$

$$\frac{T_{ext}}{T_{int}} = \sqrt{\frac{R_{ext}{}^3}{G \times M_S} \times \frac{G \times M_S}{r_{int}{}^3}}$$

$$\frac{T_{ext}}{T_{int}} = \sqrt{\frac{{R_{ext}}^3}{{r_{int}}^3}}$$

$$\frac{T_{ext}}{T_{int}} = \sqrt{\left(\frac{R_{ext}}{r_{int}}\right)^3}$$

$$\frac{T_{ext}}{T_{int}} = \sqrt{\left(\frac{1,36 \times 10^5 \times 10^3}{6,69 \times 10^4 \times 10^3}\right)^3}$$

$$\frac{T_{ext}}{T_{int}} = 2,90$$

La période de révolution de la bordure du premier anneau est environ 3 fois supérieure à La période de révolution de la bordure externe effectue.

Ainsi, la bordure du premier anneau effectue environ 3 tours pendant que la bordure externe effectue un tour complet.