

L'OBSERVATION DE SATURNE – 20 points

« Le 20 juin 2019, Saturne s'est retrouvée au plus près de la Terre à **1,36 milliard de kilomètres**. [...] Le télescope spatial Hubble a pu photographier Saturne, particulièrement visible, car entièrement éclairée par le Soleil (**figure 1**). Saturne et son système d'anneaux offriront toujours un spectacle exceptionnel. [...] Ils sont composés de particules de glaces et de roches de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de dimension sur une très faible épaisseur. »

Source : d'après www.futura-science.com

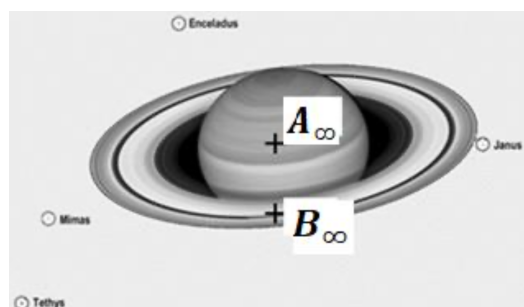


Figure 1 : Image de Saturne depuis le télescope spatial Hubble.

© Nasa, ESA, photo prise le 20 juin 2019, <https://hubblesite.org>

L'exercice proposé étudie la capacité de l'œil à profiter du « spectacle exceptionnel » que peut offrir l'observation de la planète Saturne à l'aide d'une lunette astronomique.

On repère sur la **figure 1** deux points considérés comme infiniment éloignés de la Terre :

- le centre de la planète Saturne, noté A_∞ ;
- un point de l'anneau externe, noté B_∞ .

Données :

- Distance $A_\infty B_\infty = 1,1 \times 10^8$ m.
- La longueur d'onde de la radiation la plus lumineuse diffusée par Saturne est $\lambda = 705$ nm.
- L'angle apparent α sous lequel est vu un objet AB à l'œil nu est représenté sur la **figure 2** ci-dessous.
- On considère qu'un œil normal ne peut pas distinguer deux points objets A et B très proches si l'angle apparent sous lequel ils sont vus est inférieur à $2,9 \times 10^{-4}$ rad.
- L'angle apparent sous lequel le système d'anneaux de Saturne est vu depuis la Terre vaut $\alpha = 8 \times 10^{-5}$ rad quand Saturne est au plus près de la Terre.
- Pour des petits angles exprimés en radians, on peut écrire $\tan \alpha \simeq \alpha$.
- Le pouvoir séparateur d'un instrument d'optique représente sa capacité à séparer deux points objets A et B très proches.
- La limite de résolution angulaire d'un instrument d'optique est le plus petit angle apparent α_{lim} sous lequel sont observés deux points objets dont la lunette donne des images distinctes.
- D'après le critère de Rayleigh, deux points objets sont séparés si α (en radians) est supérieur à la limite de résolution α_{lim} , c'est-à-dire si $\alpha > \alpha_{lim} = 1,22 \times \frac{\lambda}{D}$ où D est le diamètre de l'objectif et λ la longueur d'onde de la radiation émise avec le maximum d'intensité par les points objets observés.

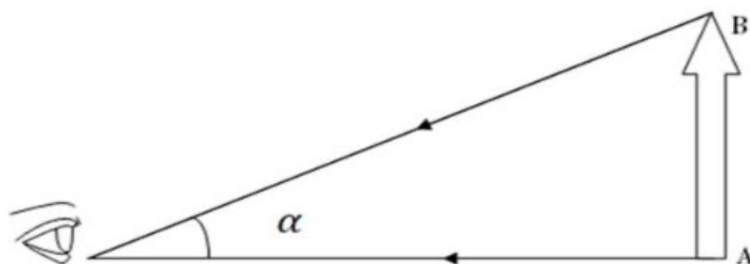


Figure 2

1. Limite de résolution d'une lunette astronomique et pouvoir séparateur de l'œil

La lunette astronomique et l'œil sont limités dans leur capacité à discerner deux points objets.

- 1.1. Déterminer s'il est possible ou non de profiter du « spectacle exceptionnel » que peut offrir l'observation de la planète Saturne avec ses anneaux à l'œil nu.

On observe Saturne avec une lunette astronomique dont un extrait de la notice technique est reproduit figure 3.

Diamètre de l'objectif (en mm)	70
Distance focale de l'objectif (en mm)	900
Mouvement lent	à friction
Monture	azimutlale
Ouverture	70
Distances focales des oculaires	20 mm et 10 mm
Grossissements avec équipement livré	45x et 90x

Figure 3 : Extrait de la notice d'une lunette astronomique

- 1.2. À partir du critère de Rayleigh, déterminer la limite de résolution angulaire α_{lim} de cette lunette commerciale.
- 1.3. Indiquer si le phénomène ondulatoire limitant la résolution empêche ou pas l'observation de Saturne avec la lunette proposée.

2. Formation de l'image de Saturne et de ses anneaux

Sur l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (PAGE 4/4), on modélise la lunette astronomique à l'aide de deux lentilles minces convergentes L_1 et L_2 , de centres optiques respectifs O_1 et O_2 et dont l'axe optique est noté Δ .

La lunette afocale est réglée de façon à procurer les meilleures conditions d'observation. Elle donne d'un objet $A_\infty B_\infty$, situé à l'infini, une image $A'_\infty B'_\infty$ située à l'infini, observable sans accommoder pour un œil normal.

La planète Saturne et ses anneaux, supposés à l'infini, sont représentés sans souci d'échelle par $A_\infty B_\infty$, le point A_∞ étant sur l'axe optique. Un rayon lumineux issu de B_∞ est également représenté.

- 2.1. Identifier sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (PAGE 4/4), l'objectif L_1 et l'oculaire L_2 . Justifier les noms attribués.
- 2.2. Positionner sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (PAGE 4/4) :
- les centres optiques respectifs O_1 et O_2 ;
 - le foyer image F'_1 de L_1 et le foyer objet F_2 de L_2 sans souci d'échelle mais de façon cohérente.
- 2.3. Représenter sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (PAGE 4/4) :
- l'image intermédiaire $A_1 B_1$ de l'objet $A_\infty B_\infty$ donnée par l'objectif L_1 ;
 - le faisceau émergent de la lunette issu de B_∞ et passant par les bords de l'objectif.

3. Grossissement de la lunette astronomique

Le grossissement de la lunette est donné par l'expression $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$, α' étant l'angle sous lequel on voit l'image $A'_\infty B'_\infty$ de l'objet $A_\infty B_\infty$ à travers l'instrument.

3.1. Repérer α' sur le schéma de l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (PAGE 4/4).

3.2. Établir l'expression du grossissement G en fonction des distances focales f'_1 de l'objectif et f'_2 de l'oculaire.

L'observateur utilise l'oculaire de distance focale 20 mm.

3.3. Valider la valeur du grossissement « 45x » de la lunette commerciale décrite en **figure 3**.

3.4. Déterminer si l'œil peut théoriquement discerner les anneaux de Saturne avec l'aide de cette lunette.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (même non complétée)

Modélisation de la lunette astronomique

