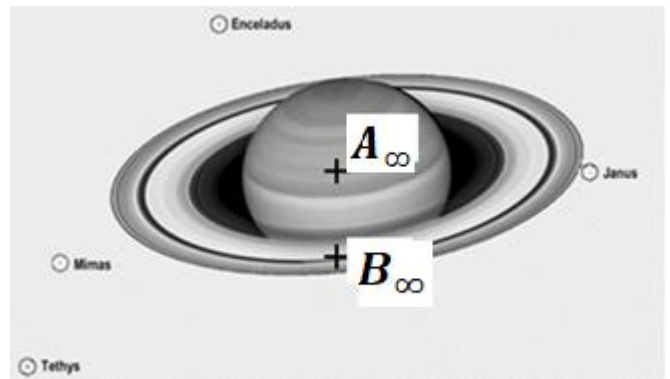


## EXERCICE II - L'OBSERVATION DE SATURNE (5 points)

« 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-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)



**Figure 1 :** Image de Saturne depuis le télescope spatial Hubble © Nasa, ESA, photo prise le 20 juin 2019, <https://hubblesite.org>

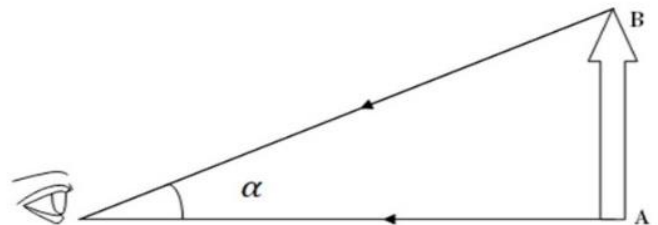
L'exercice proposé étudie la capacité de l'œil à profiter du « spectacle exceptionnel » que peut offrir l'observation de la planète Saturne à l'aide d'une lunette astronomique.

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

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

### 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  $\alpha$  sous lequel est vu un objet AB à l'œil nu est représenté sur la **figure 2**.
- 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  $\tan \alpha \approx \alpha$ .
- Le pouvoir séparateur d'un instrument d'optique représente sa capacité à séparer deux points objets A et B très proches.



**Figure 2**

La limite de résolution angulaire d'un instrument d'optique est le plus petit angle apparent  $\alpha_{\text{lim}}$  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  $\alpha$  (en radians) est supérieur à la limite de résolution  $\alpha_{\text{lim}}$ , c'est-à-dire  $\alpha > \alpha_{\text{lim}} = 1,22 \times \frac{\lambda}{D}$  où  $D$  est le diamètre de l'objectif et  $\lambda$  la longueur d'onde de la radiation émise avec le maximum d'intensité par les points objets observés.

## **Partie A - 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.

**A.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**.

<b>Diamètre de l'objectif (en mm)</b>	70
<b>Distance focale de l'objectif (en mm)</b>	900
<b>Mouvement lent</b>	à friction
<b>Monture</b>	azimutale
<b>Ouverture</b>	70
<b>Distances focales des oculaires</b>	20 mm et 10 mm
<b>Grossissement avec équipement livré</b>	45 X et 90 X

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

**A.2.** À partir du critère de Rayleigh, déterminer la limite de résolution angulaire  $\alpha_{\text{lim}}$  de cette lunette commerciale.

**A.3.** Indiquer si le phénomène ondulatoire limitant la résolution empêche ou pas l'observation de Saturne avec la lunette proposée.

## **Partie B - Formation de l'image de Saturne et de ses anneaux**

Sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)**, 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 d'axe optique  $\Delta$ .

La lunette afocale est réglée de façon à procurer les meilleures conditions d'observations. 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  $A_\infty$  étant sur l'axe optique. Un rayon lumineux issu de  $B_\infty$  est également représenté.

**B.1.1.** Identifier sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)**, l'objectif  $L_1$  et l'oculaire  $L_2$ .

**B.1.2.** Positionner sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)** :

- 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.

**B.2.** Représenter sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)** :

- 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  $B_\infty$  et passant par les bords de l'objectif.

## **Partie C - Grossissement de la lunette astronomique**

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

- C.1.** Repérer  $\alpha'$  sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE (page 13/13)**.
- C.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.

- C.3.** Valider la valeur du grossissement « 45 X » de la lunette commerciale décrite en **figure 3**.
- C.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 II À RENDRE AVEC LA COPIE (même non complétée)

### EXERCICE II

Modélisation de la lunette astronomique

