EXERCICE II (5 points)
L'OBSERVATION DE SATURNE

« 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

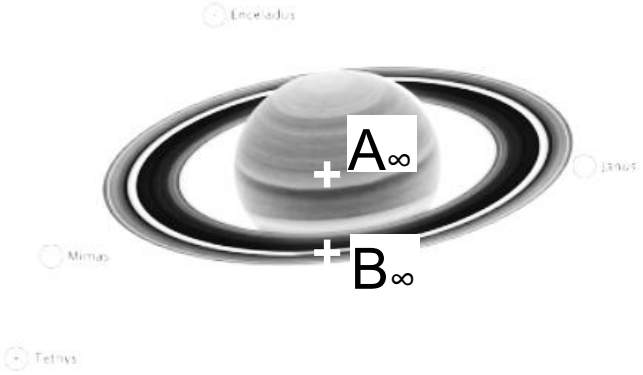


Figure 1 : Image de Saturne depuis le télescope spatial Hubble© Nasa, ESA, photo prise le 20 juin 2019, *https://hubblesite.org*

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 × 10^8 m.
- La longueur d'onde de la radiation la plus lumineuse diffusée par Saturne est λ = 705 nm.
- L'angle apparent α 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 2,9×10^{-4} rad.

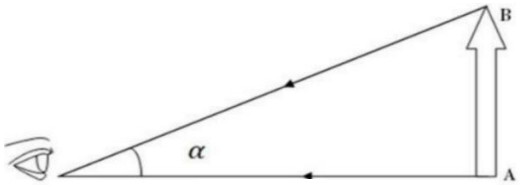


Figure 2

- L'angle apparent sous lequel le système d'anneaux de Saturne est vu depuis la Terre vaut α = 8 × 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.

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 $\alpha > \alpha_{lim} = 1{,}22 \times \frac{\lambda}{D}$ 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.

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**.

Diamètre de l'objectif (en mm)	70
Distance focale de l'objectif (en mm)	900
Mouvement lent	à friction
Monture	azimutale
Ouverture	70
Distances focales des oculaires	20 mm et 10 mm
Grossissement avec équipement livré	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 α_{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 À RENDRE AVEC LA COPIE**, 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 Δ.

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_∞ étant sur l'axe optique. Un rayon lumineux issu de B_∞ est également représenté.

B.1.1. Identifier sur le schéma de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, l'objectif L_1 et l'oculaire L_2.

B.1.2. Positionner sur le schéma de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** :

- 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 À RENDRE AVEC LA COPIE** :

- l'image intermédiaire A_1B_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.

Partie C - 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.

C.1. Repérer α' sur le schéma de l'**ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE**.

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 À RENDRE AVEC LA COPIE (même non complétée)

Modélisation de la lunette astronomique

