Spécialité : Quelques problèmes en astronomie

Bac S 2007 Inde (Pondichéry) (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

3.1 Donner la relation entre la longueur d'onde λ, la célérité de la lumière c et la fréquence N de l'onde.

$\lambda = \dfrac{c}{N}$, avec λ en m, c en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ et N en Hz.

COMPRENDRE
La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période $T = \dfrac{1}{N}$: $\lambda = cT$.

3.2 Ordonner qualitativement les domaines des ondes électromagnétiques (radio, ultraviolet, X, infrarouge, visible, gamma) en fonction de leur longueur d'onde.

Par longueur d'onde croissante :

gamma < X < ultraviolet < visible < infrarouge < radio

MÉTHODE
Repère à retenir : le visible s'étend de 400 nm (violet) à 800 nm (rouge). L'ultraviolet est juste en dessous, l'infrarouge juste au-dessus ; les fréquences se rangent dans l'ordre inverse.

3.3 Calculer la longueur d'onde correspondant à la fréquence de 470 MHz. Dans quel domaine de rayonnement se situe-t-on ?

Données utiles $c = 3{,}00 \times 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$; $N = 470\ \mathrm{MHz} = 470 \times 10^6\ \mathrm{Hz}$

$$\lambda = \frac{c}{N} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{470 \times 10^6} = 0{,}638\ \mathrm{m}$$

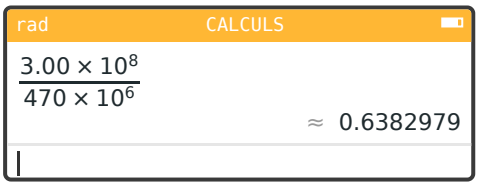
Cette longueur d'onde, de plusieurs dizaines de centimètres, est très supérieure à celles de l'infrarouge.

$\lambda = 0{,}638\ \mathrm{m}$: domaine des ondes radio.

PIÈGE
Laisser la fréquence en mégahertz : $1\ \mathrm{MHz} = 10^6\ \mathrm{Hz}$.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme c et N.

À LA CALCULATRICE



3.4 Télescope de Newton. a) Où se forme l'image A de l'astre sans miroir secondaire ? Schéma. b) Position de l'image A′ de A donnée par le miroir plan. c) Schéma à l'échelle 1/100 du parcours d'un rayon parallèle à l'axe. d) Où placer l'oculaire (L) pour que l'image définitive A″ soit à l'infini ?

Données utiles $f = 16{,}3\ \text{m}$; $D = 5{,}08\ \text{m}$; $d = 14\ \text{m}$; miroir plan incliné à 45° ; $f' = 0{,}50\ \text{m}$

a) L'astre est à l'infini sur l'axe optique : les rayons arrivent parallèles à l'axe et, après réflexion sur le miroir principal, convergent au foyer F de ce miroir. L'image A est donc en F, sur l'axe, à $SA = f = 16{,}3\ \text{m}$ du sommet S (premier schéma).

b) A′ est le symétrique de A par rapport au plan du miroir secondaire. Ce miroir coupe l'axe en M, avec $MA = f - d = 16{,}3 - 14 = 2{,}3\ \text{m}$. Comme il est incliné à 45°, A′ se trouve sur la perpendiculaire à l'axe optique passant par M, à $MA' = MA = 2{,}3\ \text{m}$ de l'axe.

c) Sur la copie : $SF = 16{,}3\ \text{cm}$, $SM = 14{,}0\ \text{cm}$, $MA' = 2{,}3\ \text{cm}$, miroir principal de $5{,}1\ \text{cm}$ de hauteur (second schéma).

- Après réflexion sur le miroir principal, le rayon se dirige vers le foyer F.
- Il rencontre le miroir secondaire avant d'atteindre F ; après cette seconde réflexion, il passe par A′.

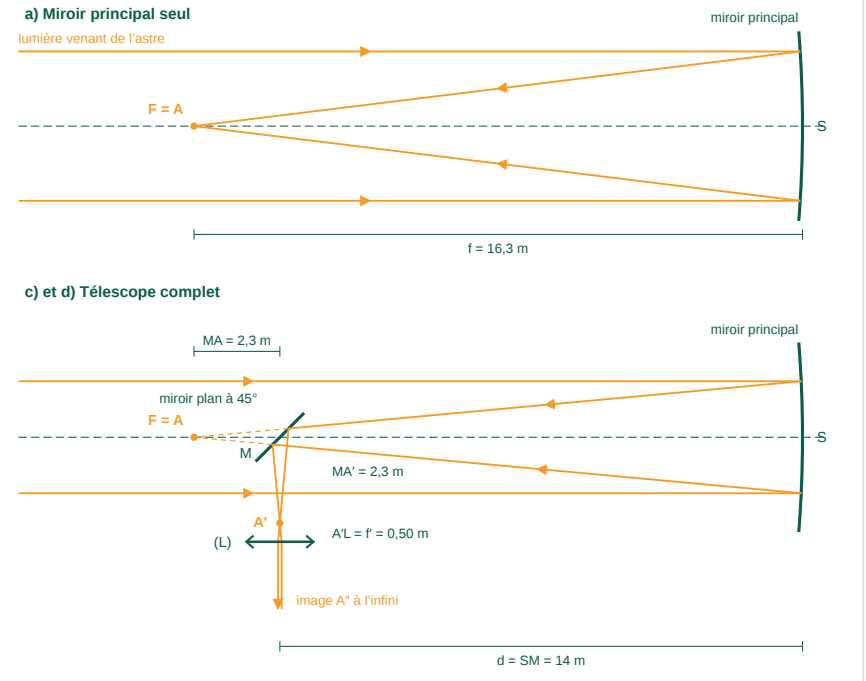
d) Une lentille convergente donne une image à l'infini d'un objet situé dans son plan focal objet. Il faut donc placer (L) de façon que son foyer objet soit confondu avec A′ : axe optique de (L) sur la droite (MA′), perpendiculaire à l'axe du télescope, centre optique à $f' = 0{,}50\ \text{m}$ au-delà de A′, soit à $2{,}3 + 0{,}50 = 2{,}8\ \text{m}$ de l'axe du télescope ($2{,}8\ \text{cm}$ sur le schéma).

A en F ; A′ à 2,3 m de l'axe, sur la perpendiculaire en M ; (L) à 0,50 m au-delà de A′, foyer objet en A′.

PIÈGE
En c), prolonger le rayon jusqu'à F en trait plein. Le miroir plan l'intercepte avant : vers F, seul un prolongement en pointillés est correct.

COMPRENDRE
Même principe que la lunette astronomique afocale : l'image intermédiaire se trouve au foyer objet de l'oculaire, et l'œil observe sans accommoder. Ici l'objectif est un miroir au lieu d'une lentille.

MÉTHODE
Image par un miroir plan : symétrique de l'objet par rapport au plan du miroir. Avec un miroir à 45°, un point de l'axe est renvoyé sur la perpendiculaire à l'axe, à la même distance du miroir.



3.4 · Schémas des questions a, c et d (sur la copie : 1 cm pour 1 m)

3.5 a) Calculer la limite de résolution α_1 de l'œil nu pour $\lambda = 600$ nm. b) Calculer la limite de résolution α_2 du télescope du Mont Palomar pour la même longueur d'onde.

Données utiles $\alpha = \dfrac{1{,}22\,\lambda}{D}$; $\lambda = 600$ nm ; pupille : $D_1 = 2{,}5$ mm ; télescope : $D_2 = 5{,}08$ m

a) $\alpha_1 = \dfrac{1{,}22\,\lambda}{D_1} = \dfrac{1{,}22 \times 600 \times 10^{-9}}{2{,}5 \times 10^{-3}} = 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad

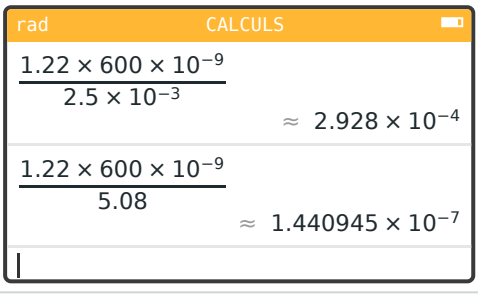
b) $\alpha_2 = \dfrac{1{,}22\,\lambda}{D_2} = \dfrac{1{,}22 \times 600 \times 10^{-9}}{5{,}08} = 1{,}44 \times 10^{-7}$ rad

$\alpha_1 = 2{,}9 \times 10^{-4}$ rad ; $\alpha_2 = 1{,}44 \times 10^{-7}$ rad

PIÈGE
Les deux longueurs doivent être dans la même unité : $600\text{ nm} = 600 \times 10^{-9}$ m et $2{,}5\text{ mm} = 2{,}5 \times 10^{-3}$ m. Le résultat est en radians.

COMPRENDRE
α_1 a deux chiffres significatifs, comme le diamètre de la pupille. Le télescope, 2000 fois plus large que la pupille, sépare des détails 2000 fois plus serrés.

À LA CALCULATRICE



3.6 Calculer la limite de résolution α_3 du radiotélescope d'Arecibo pour la radiation de fréquence 470 MHz, puis la comparer à celle du télescope du Mont Palomar.

Données utiles $D_3 = 305$ m ; $\lambda = 0{,}638$ m (3.3) ; $\alpha_2 = 1{,}44 \times 10^{-7}$ rad (3.5)

$$\alpha_3 = \frac{1{,}22\,\lambda}{D_3} = \frac{1{,}22 \times 0{,}638}{305} = 2{,}55 \times 10^{-3}\text{ rad}$$

$$\frac{\alpha_3}{\alpha_2} = \frac{2{,}55 \times 10^{-3}}{1{,}44 \times 10^{-7}} \approx 1{,}8 \times 10^{4}$$

Plus la limite de résolution est petite, plus l'instrument distingue des détails rapprochés. Malgré son diamètre 60 fois plus grand, le radiotélescope a une limite de résolution environ 18 000 fois plus grande : il sépare beaucoup moins bien deux points voisins que le télescope du Mont Palomar.

$\alpha_3 = 2{,}55 \times 10^{-3}$ rad $\approx 1{,}8 \times 10^{4}\,\alpha_2$: résolution bien moins fine que celle du Mont Palomar.

PIÈGE
Conclure qu'un α plus grand est meilleur. C'est l'inverse : α est le plus petit angle séparable.

COMPRENDRE
La longueur d'onde radio est environ un million de fois plus grande que 600 nm : le grand diamètre ne compense pas. Avec $\alpha_3 > \alpha_1$, ce radiotélescope résout même moins bien que l'œil nu.

À LA CALCULATRICE

