Exercice III. Quelques problèmes en astronomie (4 points) Spécialité

On donne la constante c (célérité de la lumière dans le vide) : $c = 3{,}00 \times 10^8$ m.s^{-1}.

En astronomie, on cherche à observer les ondes électromagnétiques qui nous parviennent des étoiles. La lumière n'est qu'une petite partie du spectre étudié. Cet exercice se propose d'étudier différents instruments, en particulier du point de vue de leurs performances.

III.1 – Les ondes électromagnétiques couvrent l'ensemble du spectre depuis plus de 1 km de longueur d'onde jusqu'à quelques nanomètres. Donner la relation entre la longueur d'onde λ, la célérité de la lumière c et la fréquence de l'onde N.

III.2 – Ordonner qualitativement les différents domaines des ondes électromagnétiques (radio, ultra-violet, X, infrarouge, visible et gamma) en fonction de leur longueur d'onde.

III.3.- Les radioastronomes s'intéressent par exemple à la fréquence de 470 MHz.

Calculer la longueur d'onde correspondante.

Dans quel domaine de rayonnement se situe-t-on ?

III.4 – Le télescope du Mont Palomar (à 1800 m d'altitude aux Etats Unis) est de type Newton : la lumière réfléchie par le miroir principal est ensuite réfléchie par un petit miroir secondaire.

Le miroir principal est parabolique mais nous ferons l'approximation qu'il s'agit d'un miroir sphérique, de diamètre D = 5,08 m, de distance focale f = 16,3 m.

Le miroir secondaire est plan.

III.4.a – La lumière provenant d'un astre situé à l'infini entre dans le télescope parallèlement à l'axe optique de celui-ci. Où se formerait l'image A de l'astre en l'absence du miroir secondaire ? Faire le schéma correspondant.

III.4.b – Le miroir secondaire est situé à d = 14 m du sommet du miroir principal, et incliné à 45° sur l'axe optique de celui-ci. Quelle est la position de l'image A' de A donnée par ce miroir ?

III.4.c – Faire à l'échelle 1/100 (1 m est représenté par 1 cm) le schéma du parcours d'un rayon lumineux qui entre dans le télescope parallèlement à l'axe.

Préciser notamment ce qui se passe :
- après réflexion sur le miroir principal ;
- après réflexion sur le miroir secondaire.

III.4.d – On veut observer cette image A' à l'aide d'une lentille oculaire (L) de distance focale f ' = 0,50 m.
Comment faut-il disposer cette lentille de manière à ce que l'image définitive A'' se forme à l'infini ?
Préciser la position de (L) sur le schéma.

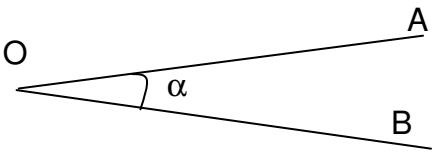
III.5 – Limites

Une qualité recherchée pour un instrument d'optique est sa capacité à discerner deux détails voisins, par exemple, séparer une étoile double, voir un cratère lunaire de petite dimension ou encore des détails planétaires subtils.

Les lois de l'optique géométrique font que deux points distincts A et B donnent deux images séparées. Mais différents phénomènes (dont la diffraction des ondes) entraînent que l'observateur O ne peut discerner deux images distinctes que si l'angle AÔB est supérieur à l'angle α appelé limite de résolution.

A et B donnent pour l'observateur placé en O deux images distinctes.

Schéma 3



On montre que pour des points à l'infini et un instrument dont le diamètre de l'objectif est D, la limite de résolution, exprimée en radians, pour une lumière de longueur d'onde lambda (en mètres) vaut $\alpha = \frac{1{,}22\ \lambda}{D}$.

III.5.a – Calculer la limite de résolution α_1 de l'œil humain nu pour une lumière de longueur d'onde λ = 600 nm, sachant que la pupille a un diamètre de 2,5 mm.

III.5.b – Calculer la limite de résolution α_2 du télescope de Mont Palomar pour la même longueur d'onde.

III.6 – Pour observer dans d'autres domaines spectraux que le visible, et notamment aux grandes longueurs d'onde, on a construit selon les mêmes principes des radiotélescopes.

Dans un cratère météoritique, à Arecibo dans l'île de Porto Rico, le grand radiotélescope possède un réflecteur (miroir principal) parabolique de diamètre 305 m.

Calculer la limite de résolution α_3 de ce radiotélescope pour la radiation électromagnétique de fréquence 470 MHz, envisagée au **III.3.**

Comparer le résultat à celui obtenu pour le télescope du Mont Palomar.