

PS80 : Sujet d'entraînement — Observations astronomiques

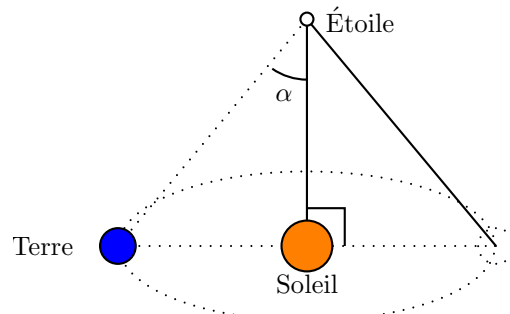
Durée : 2 heures — Documents et calculatrices autorisées.

1 Parallaxe (3 pts)

La parallaxe d'un astre (ou angle de parallaxe) est l'angle sous lequel on verrait le rayon de l'orbite terrestre R_T depuis cet astre ($R_T = 1,50 \cdot 10^8 \text{ km}$).

Expérimentalement, le changement dans l'angle sous lequel on observe un astre à six mois d'intervalle correspond à deux fois la parallaxe α (cf. schéma ci-contre).

La parallaxe d'Altaïr (α Aquilæ) dans la constellation de l'Aigle est $\alpha = 0,204''$.



1. Déterminez la distance D entre notre Soleil et Altaïr en km.
2. Vous observez Altaïr en mai 2016. En quelle année la lumière reçue a-t-elle été émise par l'étoile ?

2 Lunette de Galilée (6 pts)

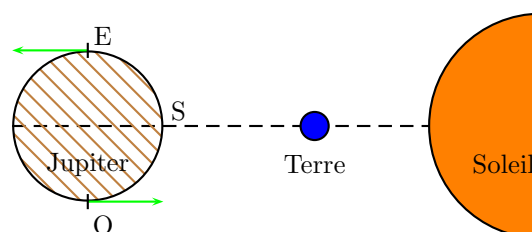
Galileo Galilei, né à Pise en 1564, réalisa les premières observations astronomiques (de la Lune et de Jupiter, notamment) à l'aide d'une lunette — version améliorée de la longue-vue hollandaise utilisée à l'époque notamment en marine.

Une Lunette de Galilée est formée de deux lentilles minces de même axe principal (axe optique) : la première lentille L_1 (objectif) a une distance focale $\overline{f'_1} = 12,5 \text{ cm}$ et la deuxième lentille L_2 (oculaire) a une distance focale $\overline{f'_2} = -5 \text{ cm}$. Les centres optiques de L_1 et L_2 sont distants de $\overline{O_1O_2} = 7,5 \text{ cm}$.

1. La lentille L_1 est-elle convergente ou divergente ? Et la lentille L_2 ?
2. Faites un schéma optique de cette lunette sur une feuille quadrillée (à l'échelle).
3. Observons la pleine Lune, qu'on assimilera ici à un vecteur \overline{AB} , où A et B sont les extrémités de l'équateur et l'axe optique de la lunette est dirigé vers A . Sous quel angle la lumière renvoyée par le point B , arrive-t-elle à l'objectif L_1 ? Données : diamètre de la Lune $D_L = 3474 \text{ km}$, distance moyenne Terre-Lune $D_{TL} = 384 \cdot 10^3 \text{ km}$.
4. En considérant que la Lune est à l'infini devant l'objectif, construisez son image $\overline{A'B'}$ par l'objectif L_1 . Où se trouve l'image $\overline{A''B''}$ de $\overline{A'B'}$ par l'oculaire L_2 ? Sous quel angle le point B'' est-il vu ?

3 Période de rotation de Jupiter (6 pts)

Le spectre en annexe A est celui de la lumière du Soleil diffusée par Jupiter et reçue sur Terre. La fente du spectroscopie utilisé est dans le plan équatorial de Jupiter, c'est-à-dire que pour chaque raie du spectre, chaque point correspond à un point de l'équateur.



Dans ce plan, à cause de la rotation de la planète, le point O sur le schéma ci-avant se rapproche du Soleil ou de la Terre, tandis que E s'en éloigne, et que S reste à distance constante. Ainsi, ce spectre produit des raies d'absorption dues aux éléments présents dans l'atmosphère du Soleil (raies inclinées (3) et (4)) et de la Terre (raies non-inclinées (1) $\lambda_1 = 592,136 \text{ nm}$ et (2) $\lambda_2 = 590,101 \text{ nm}$).

1. Quel phénomène physique explique l'inclinaison des raies (3) et (4)? La ligne médiane est le spectre du point S. Renseignez sur l'Annexe A, la place des spectres des points E, O, et S.

2. La mesure du décalage spectral $|\Delta\lambda|$ en longueur d'onde entre les bords supérieur ou inférieur d'une raie et son centre, permet de calculer la valeur v de la vitesse du point E ou O dans la direction de visée. Montrez que le décalage spectral s'écrit, en fonction de la vitesse v et de la longueur d'onde mesurée en S : $|\Delta\lambda| = |\lambda_S - \lambda_O| = |\lambda_S - \lambda_E| = \frac{2v}{c}\lambda_S$

3. À l'aide de la figure en Annexe A, mesurez la valeur de la longueur d'onde λ_3 observée aux points O ($\lambda_{3,O}$), E ($\lambda_{3,E}$) et S ($\lambda_{3,S}$). Calculez le décalage spectral $|\Delta\lambda|$ mesuré pour cette raie.

4. Calculez la vitesse v . Sachant que le rayon de Jupiter est de $R_J = 71,5 \cdot 10^3 \text{ km}$, déduisez-en la période de rotation T_J de la planète géante.

4 Critère de Rayleigh (3 pts)

Tout instrument d'optique voit sa résolution limitée par la diffraction : l'image d'un point n'est pas un point mais une tache due à la diffraction de la lumière par l'instrument d'optique utilisé.

1. La partie de l'instrument qui diffracte la lumière est de forme circulaire. Décrivez brièvement l'allure de la tache de diffraction. Rappelez l'expression de l'écart angulaire de diffraction pour un objet diffractant circulaire de diamètre a , à la longueur d'onde λ .

Quand un observateur regarde deux objets (par ex. deux étoiles) dont les lignes de visée forment un angle α :

- si α est assez grand, l'observateur voit deux taches : on distingue les deux objets ;
- si α est trop petit, l'observateur ne voit qu'une tache.

Le critère de Rayleigh est le suivant : on considère qu'il n'y a plus qu'une tache si l'angle α est plus petit qu'un angle limite donné par : $\alpha_{lim} = 1,22 \frac{\lambda}{a}$, avec α_{lim} en radians, λ et a en mètres.

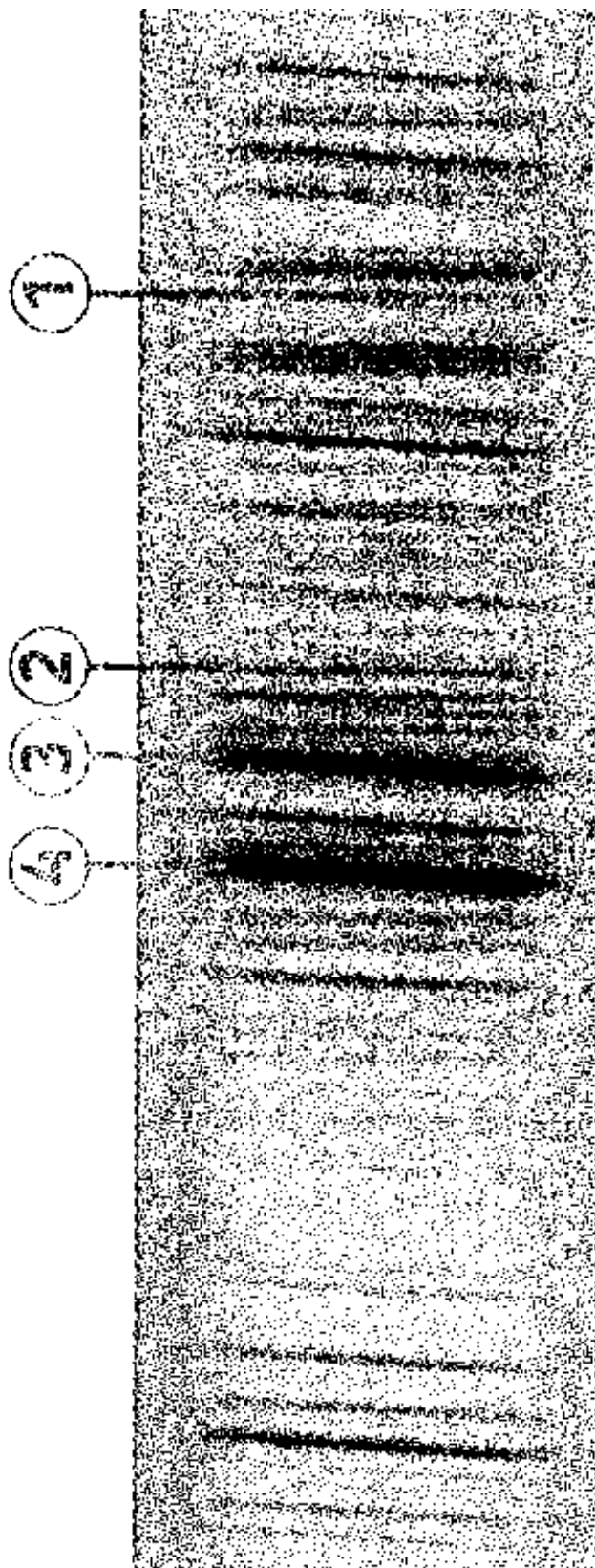
2. Justifiez brièvement l'expression de l'angle limite. Dessinez l'image obtenue dans les cas suivants :

- a) les deux étoiles observées sont séparées d'un angle $\alpha_1 = \alpha_{lim}$;
- b) les deux étoiles observées sont séparées d'un angle $\alpha_1 = 2\alpha_{lim}$;
- c) les deux étoiles observées sont séparées d'un angle $\alpha_1 \simeq 0,1\alpha_{lim}$.

(Les dessins ne feront apparaître que la tache principale et le premier anneau brillant.)

3. On observe la planète Pluton et sa plus grande lune Charon à l'aide d'un télescope dont le miroir primaire (c'est l'objet diffractant ici) a pour diamètre $a = 0,5 \text{ m}$, à la longueur d'onde $\lambda = 550 \text{ nm}$. Au moment de l'observation le système Pluton-Charon se trouve à une distance moyenne $D_{TP} = 5,7 \cdot 10^9 \text{ km}$ de la Terre, le système est vu sous incidence normale et la distance entre Pluton et Charon vaut $D_{PC} = 17 \cdot 10^3 \text{ km}$. Peut-on distinguer ces deux astres avec cet instrument ?

Annexe A : Spectre de la lumière solaire diffusée par Jupiter et observée sur Terre.



Références : les exercices de ce sujet sont extraits des ouvrages suivants : *Physique, Tle C & E*, Ed. Nathan (1989), *Physique et Chimie, Tle S*, Ed. Nathan (2012), *Objectif Prépa : Physique*, Ed. Hachette (2008).