

DS d'optique géométrique

L'observation astronomique de Jupiter

Durée : 1h30. Tous les documents autorisés.

Un astronome amateur cherche à observer Jupiter avec un instrument optique bon marché, de type lunette (doublet de lentilles). Dans le premier exercice, on cherche à déterminer la déviation des rayons venant de Jupiter sous l'effet de la réfraction atmosphérique. Dans le second exercice, on discute des performances de la lunette choisie pour effectuer cette observation. Les deux parties peuvent être traitées de façon indépendante.

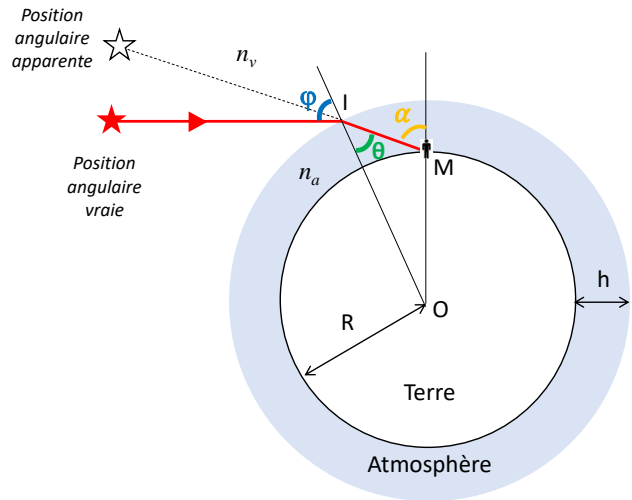


FIGURE 1. A gauche : image de Jupiter au télescope. A droite : schéma de principe de la réfraction atmosphérique

I. LA RÉFRACTION ATMOSPHÉRIQUE

La réfraction atmosphérique est le changement de direction subit par des rayons lumineux en provenance d'une source spatiale (étoiles, planètes, lunes...) lors de la traversée de l'atmosphère terrestre. En astronomie d'observation, cet effet conduit à une erreur de mesure

de la position angulaire des objets observés par rapport à leurs positions réelles (voir Fig. 1.b).

On assimile l'atmosphère terrestre à un milieu diélectrique transparent, d'indice constant $n_a = 1,0002773 > 1$ pour la gamme du visible. On donne $R = 6371$ km et $h = 10$ km. On considère un observateur situé au point M et qui capte le rayonnement incident émis par Jupiter sous l'angle α .

1. Que vaut l'indice de réfraction n_v dans le vide spatial ?

Pour estimer l'effet de la réfraction atmosphérique, on commence par déterminer un invariant optique spécifique à ce type de géométrie : l'invariant de Bouguer.

2. On commence par établir une identité purement géométrique en se plaçant dans le triangle OMI. A l'aide de la loi des sinus donnée dans le formulaire, montrer que :

$$\sin \theta = \frac{R}{R+h} \sin \alpha \quad (1)$$

3. Ecrire la loi de Descartes-Snell pour la réfraction au point I. En déduire l'invariant de Bouguer

$$(R+h) n_v \sin \varphi = R n_a \sin \alpha \quad (2)$$

4. Pour un observateur en M, la déviation D entre la direction apparente de Jupiter et sa direction réelle est définie par $D = \varphi - \theta$. En utilisant la loi de Descartes-Snell et l'invariant de Bouguer, montrer que

$$D = \arcsin \left(\frac{n_a}{n_v} \frac{R}{R+h} \sin \alpha \right) - \arcsin \left(\frac{R}{R+h} \sin \alpha \right) \quad (3)$$

Sachant que $n_a/n_v \approx 1$ et que $h \ll R$, les deux termes du membre de droite sont très proches. Un développement de Taylor montre qu'alors

$$D \approx \left(\frac{n_a}{n_v} - 1 \right) \frac{R \sin \alpha}{\sqrt{(R+h)^2 - (R \sin \alpha)^2}} \approx \left(\frac{n_a}{n_v} - 1 \right) \frac{\sin \alpha}{\sqrt{\frac{2h}{R} + \cos^2 \alpha}} \quad (4)$$

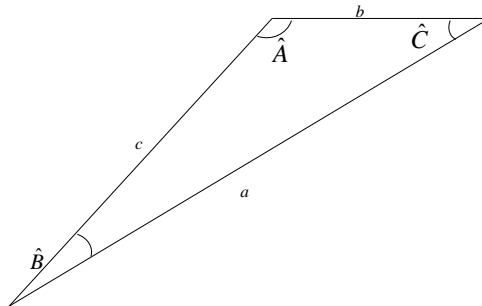
5. Calculer numériquement la valeur de la déviation au zénith ($\alpha = 0$) et à l'horizon ($\alpha = \pi/2$). Où l'erreur de position apparente est-elle la plus grande ?

II. ETUDE DE LA LUNETTE

Ayant à sa disposition un budget limité, notre astronome amateur se propose d'observer Jupiter avec un système purement réfracteur composé d'un doublet de symbole (5,6,1), la distance entre les deux lentilles étant donnée par $d = 300\text{mm}$. Le diamètre de la lentille L_1 (l'objectif) est $D = 25\text{mm}$.

6. Le système d'observation étudié est-il de type lunette terrestre ou lunette astronomique? Justifiez numériquement votre réponse.
7. Où sont les foyers objet et image principaux (=relatifs au doublet)?
8. Rappeler la définition du grossissement et le calculer. Pour des objets à l'infini comme Jupiter, on constate en pratique que les grossissements idéaux sont compris entre $N/7$ et N , où N est un nombre égal à la valeur du diamètre de l'objectif en mm, soit ici 25 (en dehors de cette gamme, les images sont floues pour un oeil humain). Est ce le cas ici?
9. Par construction graphique, en travaillant à une échelle de votre choix, tracer le cheminement dans la lunette d'un faisceau de rayons parallèles (inclinaison et largeur du faisceau de votre choix). Vous expliquerez brièvement la méthode utilisée.
10. Quel type de télescope privilégie-t-on habituellement pour des observations astronomiques? Pourquoi?

Formulaire : la loi des sinus Dans un triangle quelconque ABC, le rapport du sinus des



angles à la longueur du côté opposé est constant :

$$\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{b}{\sin \hat{B}} = \frac{c}{\sin \hat{C}} \quad (5)$$