

Exercice 2 : Détermination du diamètre de Jupiter *Extrait Centre étranger J2 Asie 2022*

Dans cet exercice, on se propose d'examiner comment il a été possible historiquement de déterminer le diamètre de la planète Jupiter grâce à des observations réalisées avec des lunettes astronomiques.

La distance entre la Terre et Jupiter étant connue, il est possible de déterminer le diamètre D de Jupiter si on connaît son diamètre apparent α vu à l'œil nu depuis la Terre (Figure 1 ci-dessous).

Le diamètre apparent « d'un objet de diamètre $AB = D$ est défini comme étant l'angle sous lequel il est observé.

Le diamètre apparent de Jupiter α , a été déterminé par le physicien néerlandais Huygens.

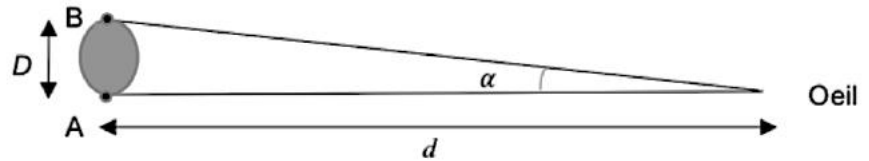


Figure 1.

- Notations : on note α l'angle sous lequel on voit l'objet à l'œil nu et α' l'angle sous lequel on voit ce même objet à travers la lunette.
- Dans l'ensemble de cet exercice, tous les angles sont petits. Pour de tels angles, il est possible d'écrire $\tan \alpha \approx \alpha$ si α est en radians.

DOCUMENT : observations de Jupiter par Huygens en juin 1684.

Dans un premier temps, Huygens raconte qu'avec le grossissement utilisé, il voyait Jupiter à travers la lunette deux fois plus gros qu'il ne voyait la Lune à l'œil nu. Il estimait le grossissement de sa lunette à 164. Le diamètre apparent de la Lune à l'œil nu étant connu, il put estimer que celui de Jupiter était approximativement $\alpha_J = 10^{-4}$ radians.

Une semaine après, il imagina un dispositif permettant de déterminer plus précisément la valeur du diamètre apparent de Jupiter qu'il avait seulement estimée. Pour cela, Huygens eut l'idée d'insérer dans sa lunette, au niveau de l'image intermédiaire de Jupiter créée par l'objectif, un petit repère lui permettant alors de mesurer la taille de l'image intermédiaire. Il mesura ainsi l'image intermédiaire de Jupiter et trouva 2 millimètres. À partir de cette valeur, il put calculer le diamètre apparent de Jupiter et trouva $2 \cdot 10^{-4}$ radians.



Christian Huygens
(1629-1695)

Estimation du diamètre apparent de Jupiter α_J par comparaison avec la Lune

1. Rappeler la définition du grossissement G de la lunette en fonction de α et α' .
2. En reprenant le premier paragraphe du DOCUMENT, montrer que $\alpha_J = \frac{2\alpha_L}{G}$

Huygens connaissait la valeur du diamètre apparent de la Lune à l'œil nu : $\alpha_L = 0,5^\circ = 8,7 \times 10^{-3}$ rad

3. Montrer que l'on retrouve la valeur du diamètre apparent de Jupiter trouvée dans un premier temps par Huygens.

Modélisation de la lunette astronomique de Huygens

Afin de pouvoir exploiter la démarche présentée dans le deuxième paragraphe du DOCUMENT, et pour retrouver la valeur du grossissement de la lunette estimée par Huygens, on modélise la lunette astronomique par l'association d'une lentille convergente L_1 de grande distance focale f_1' , appelée objectif et d'une lentille convergente L_2 de petite distance focale f_2' , appelée oculaire.

Les deux lentilles sont placées de telle sorte que le foyer image F_1' de L_1 coïncide avec le foyer objet F_2 de L_2 . (Voir annexe à rendre avec la copie). L'ensemble des deux lentilles constitue un système afocal. Pour un tel système, l'image d'un objet situé à l'infini est située à l'infini.

On considère un objet AB situé « à l'infini », celui-ci représentant la planète Jupiter (Voir annexe)

4. Construire l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB , situé « à l'infini », à travers la lentille L_1 .

Le point A est situé sur l'axe optique. Les rayons qui arrivent de A sont parallèles à l'axe optique.

Le point B est situé hors axe optique. Les rayons issus de B sont parallèles entre eux (objet à l'infini) et atteignent la lentille avec une inclinaison α_J , par rapport à l'axe optique.

5. Représenter le faisceau émergent issu de B, situé « à l'infini », délimité par les deux rayons incidents déjà tracés, et traversant l'ensemble de la lunette afocale.

Le faisceau émergent (en sortie de l'oculaire) est incliné d'un angle α' par rapport à l'axe optique.

6. Par des considérations géométriques, déterminer l'expression du grossissement G en fonction des distances focales f_1' et f_2' .

Les caractéristiques de la lunette de Huygens sont :

Distance focale de l'objectif $f_1' = 10,35$ m.

Distance focale de l'oculaire $f_2' = 63$ mm.

7. Expliquer le calcul effectué par Huygens, dans le deuxième paragraphe du DOCUMENT, pour obtenir la valeur de l'angle α_J à partir de la taille de l'image intermédiaire.
8. Calculer le grossissement de la lunette de Huygens et expliquer pour quelle raison la première détermination de α_J présentée dans le premier paragraphe du DOCUMENT était nécessairement moins précise que celle présentée dans le second paragraphe.

La distance Terre-Jupiter était connue à l'époque de Huygens. Cette distance a pour valeur moyenne $d_{TJ} = 7,80 \times 10^8$ km.

9. Calculer la valeur D du diamètre de Jupiter.

Annexe :

