

ROYAUME DU MAROC

Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur,
de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique

Présidence du Concours National Commun
Institut Nationale de Statistique et d'Economie Appliquée
INSEA

Concours National Commun d'admission
aux Grandes Écoles d'Ingénieurs ou assimilées
Session 2009

ÉPREUVE DE PHYSIQUE I

Filière **MP**

Durée 4 heures

Cette épreuve comporte 11 pages au format A4, en plus de cette page de garde
L'usage de la calculatrice est *autorisé*

L'énoncé de cette épreuve comporte 11 pages.

- On veillera à une présentation et une rédaction claires et soignées des copies. Il convient en particulier de rappeler avec précision les références des questions abordées.
- Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant clairement les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

L'épreuve se compose de deux problèmes indépendants.

Problème I - OPTIQUE

Données :

- Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.
- Masse molaire de l'air : $M_a = 29 \text{ g.mol}^{-1}$.
- Fonction sinus cardinal : $\text{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}$.
- Les grandeurs complexes sont notées avec des lettres soulignées et exprimées avec j tel que $j^2 = -1$.

Ce problème propose l'étude de quelques propriétés d'un télescope monté en Cassegrain. Il se compose de trois parties largement indépendantes.

1^{ère} partie

Etude et propriétés des télescopes

1.1. Questions de cours

1.1.1. Expliquer ce qu'est l'approximation de l'optique géométrique.

1.1.2. Qu'appelle-t-on système optique centré ?

1.1.3. Rappeler brièvement les conditions de l'approximation de Gauss. Quelles sont les propriétés d'un système optique centré utilisé dans ces conditions ?

Dans la suite du problème, les systèmes optiques étudiés seront considérés centrés et utilisés dans les conditions de Gauss.

1.2. Etude d'un miroir sphérique

On considère un miroir sphérique de rayon R , de centre C , de sommet S , et de diamètre d'ouverture D (figure 1).

Dans les conditions de Gauss, on rappelle que la relation de conjugaison reliant la position d'un point objet A sur l'axe à celle de son image A' est donnée par

$$\frac{1}{SA'} + \frac{1}{SA} = \frac{2}{SC}$$

On rappelle aussi le grandissement avec origine au sommet : $\gamma = -\frac{\overline{SA'}}{SA}$

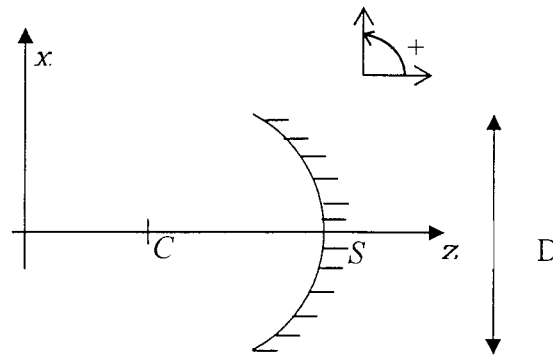


Figure 1

1.2.1. Définir et donner la position des foyers objet F et image F' de ce miroir sphérique. Exprimer la distance focale du miroir $f = \overline{SF}$ en fonction de R .

1.2.2. On observe deux étoiles A et B à l'aide du miroir sphérique de la figure 1. Les deux étoiles sont séparées d'un angle α petit (compté à partir de l'axe Cz) : A se trouve sur l'axe optique et B est au-dessus de l'axe optique.

1.2.2.1. Construire soigneusement la position de leurs images respectives A' et B' .

1.2.2.2. Déterminer la position des deux images A' et B' , la taille $\overline{A'B'}$ et la nature de l'image.

1.2.2.3. Comment a-t-on intérêt à choisir le rayon R du miroir utilisé ?

1.2.2.4. Application numérique : on donne $\alpha = 2$ secondes d'arc et $R = 28,76$ m. Déterminer la taille de l'image.

1.2.3. On place dans le plan où se forment les deux images A' et B' une caméra numérique CCD composée d'une matrice rectangulaire de détecteurs élémentaires, appelés pixels, de forme carrée, de côté $h = 9 \mu\text{m}$. Chacun de ces pixels mesure l'intensité lumineuse qu'il reçoit et transmet l'information correspondante séparément. Sa surface active est perpendiculaire à l'axe optique.

Quelle est la plus petite valeur α_{\min} de l'angle α séparant les deux étoiles A et B que l'on peut espérer résoudre avec cette caméra ?

1.3. Etude du télescope Cassegrain

Pour l'observation d'objets célestes, on n'utilise pas un simple miroir sphérique mais une combinaison de plusieurs d'entre eux avec des formes différentes

Le *Very Large Telescope* (VLT) au Chili est composé de quatre télescopes montés en Cassegrain. Ces télescopes pourront fonctionner indépendamment ou en association, totalisant alors (lorsque leurs faisceaux sont combinés) un télescope de puissance importante.

Afin de mener une étude quantitative et dans un souci de simplification, on peut modéliser un télescope réel de type Cassegrain par deux miroirs sphériques. Ainsi, dans les conditions de Gauss, le télescope réel est équivalent au télescope composé de deux miroirs sphériques (figure 2).

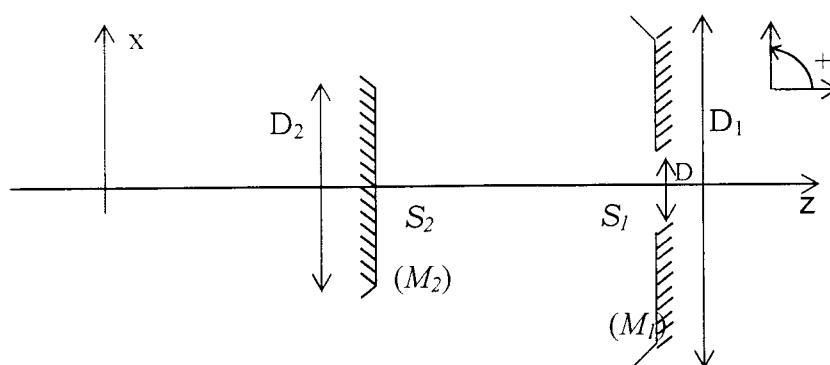


Figure 2 : *Télescope du VLT en configuration Cassegrain*

- Le miroir primaire (M_1) est concave, de sommet S_1 , de foyer F_1 , de distance focale f_1 , de rayon $R_1 = 28,76$ m et de diamètre extérieur $D_1 = 8,20$ m. Il est percé d'un trou de diamètre $D = 1$ m en son centre.

- Le miroir secondaire (M_2) est convexe, de sommet S_2 , de foyer F_2 , de distance focale f_2 , de rayon $R_2 = 4,56$ m et de diamètre extérieur $D_2 = 1,12$ m.

La distance entre les sommets des miroirs vaut $d = \overline{S_2S_1} = 12,4$ m.

A l'aide du télescope ci-dessus, on observe les deux étoiles A et B de la question 1.2.2.

1.3.1. Soit A_1 l'image de A par (M_1) et A_2 celle de A_1 par (M_2). Où se trouve l'image A_1 ? Que représente A_2 pour le télescope ? Déterminer $\overline{S_2A_2}$ en fonction de R_1 , R_2 et d . Faire le calcul numérique.

1.3.2. Faire une construction soignée et détaillée des images B_1 et B_2 de l'étoile B par les miroirs successifs (M_1) et (M_2) . On précisera aussi les images A_1 et A_2 .

1.3.3. On note $\gamma = \frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}}$ le grandissement transversal du miroir secondaire.

Déterminer $\overline{A_1B_1}$ et $\overline{A_2B_2}$ en fonction de R_1 , γ et α .

1.3.4. On définit la focale équivalente du télescope par $f = \frac{\overline{A_2B_2}}{\alpha}$. Exprimer f en fonction de γ et R_1 .

1.3.5. Application numérique : on donne $\alpha = 2$ secondes d'arc.

Calculer la position du foyer image global F' du télescope (on donnera $\overline{S_1F'}$), le grandissement γ , la focale équivalente f du télescope et la taille $\overline{A_2B_2}$ de l'image finale.

Conclure sur l'avantage du télescope à deux miroirs par rapport à celui à un seul miroir.

1.3.6. On place dans le plan de front de l'image finale A_2B_2 la caméra CC) définie dans la question **1.2.3**.

Quel est la plus petite valeur α'_{\min} de l'angle α séparant les deux étoiles A et B que l'on peut espérer résoudre avec cette caméra ? Comparer avec α_{\min} obtenu en **1.2.3**. Conclure.