

Optique géométrique

Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :

« La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. »

Problème 1 : Lunette astronomique (CCP, MP, 2004)

Ce problème traite de l'observation de deux étoiles E_a et E_b à l'aide d'une lunette astronomique munie d'un détecteur. Les deux étoiles E_a et E_b sont considérées ponctuelles et à l'infini, séparées par une distance angulaire θ , l'étoile E_a étant située dans la direction de l'axe optique de la lunette.

Dans une première partie, on définit la configuration de la lunette utilisée dans les conditions de Gauss et on demande de calculer ses caractéristiques géométriques.

La deuxième partie étudie la tache de diffraction produite par la lunette et évalue la limite de résolution de l'instrument définie comme la plus petite distance angulaire entre deux étoiles décelable.

Enfin, la troisième partie aborde le principe de la mesure de la distance angulaire entre deux étoiles effectuée grâce aux interférences produites par deux fentes placées devant la lunette astronomique.

NB : la distance algébrique entre un point M et un point N est notée \overline{MN} .

Les figures sont rassemblées en pages 5 et 6.

I – Etude géométrique

On néglige dans cette partie les effets de la diffraction. On considère une lunette astronomique d'axe optique $z'z$ (Figure 1) constituée d'un objectif assimilé à une lentille mince convergente L_1 de diamètre $D_1 = 50$ cm et de distance focale image $f'_1 = 7,5$ m associé à une lentille divergente L_2 de distance focale image $f'_2 = -0,025$ m. On désigne respectivement par O_1 et O_2 , par F_1 et F'_1 , F_2 et F'_2 , les centres optiques, les foyers objet et image des lentilles L_1 et L_2 .

1. Quelle est la forme et la direction des faisceaux lumineux des ondes 1 et 2, respectivement émises par les étoiles E_a et E_b , lorsqu'elles parviennent sur la lunette ?
2. On appelle A_1 l'image de l'étoile E_a à travers la lentille L_1 . De même, B_1 désigne l'image de E_b à travers L_1 .
 - a) Dans quel plan se situent A_1 et B_1 ? Donner la distance algébrique $\overline{A_1B_1}$.
 - b) La lentille L_2 est placée peu avant le plan où se forment les images A_1 et B_1 . On appelle respectivement A_2 et B_2 , les images de E_a et E_b à travers la lunette. Sachant que $\frac{\overline{A_2B_2}}{\overline{A_1B_1}} = 2$, exprimer et calculer la distance $\overline{O_2A_1}$.
3. On définit la distance focale f' de la lunette par la relation $\overline{A_2B_2} = f' \cdot \theta$.
 - a) Calculer la distance focale f' de la lunette.
 - b) Exprimer $\overline{A_1A_2}$. Comment évolue l'encombrement de la lunette par rapport au cas où seule la lentille L_1 existerait ? Quel est l'intérêt de la lentille L_2 ?
4. On place dans le plan où se forment les images A_2 et B_2 , une caméra à DTC (Dispositif à Transfert de Charge). Ce récepteur d'images est composé d'une matrice rectangulaire de 768×512 détecteurs élémentaires, appelés pixels, de forme carrée, de côtés $a_1 = 9 \mu\text{m}$. On suppose que la lunette est librement orientable. Une image parfaite à travers la lunette d'un point situé à l'infini, produit sur le détecteur un signal donnant une image dont la dimension ne peut être inférieure à la taille d'un pixel. Exprimer et calculer en seconde d'arc, la limite de perception angulaire θ_{\min} due au récepteur d'image. Quelle est la plus grande valeur décelable θ_{\max} en minute d'arc ?

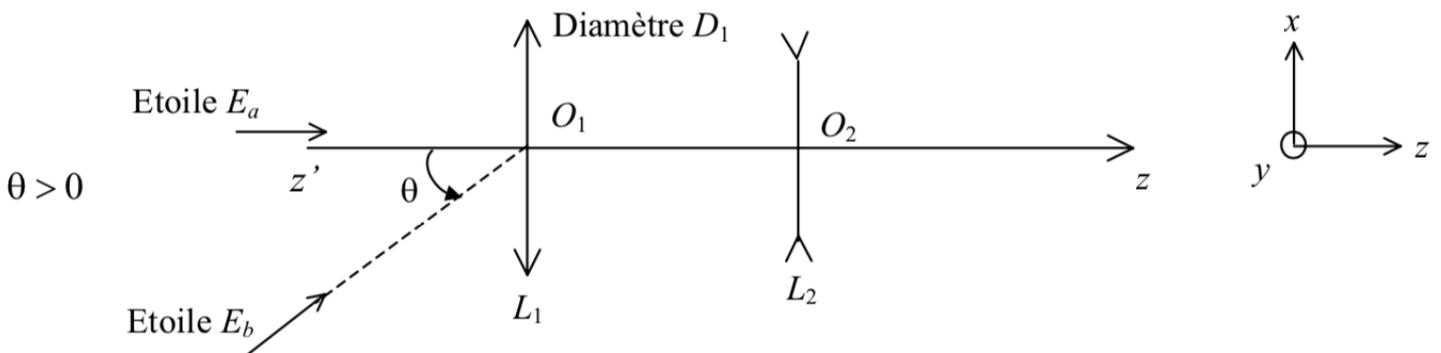


Figure 1 – lunette astronomique

Problème 1 : Périscope (CCP, TSI, 2012)

5/ En immersion peu profonde, le sous-marin peut utiliser un périscope pour examiner la surface de la mer. Nous nous proposons dans cette partie d'en étudier le fonctionnement simplifié. La figure 9 représente le principe général du périscope étudié, constitué de deux prismes identiques.

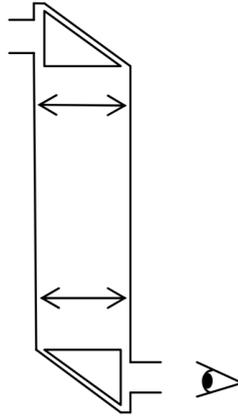


Figure 9 : schéma général du périscope

5.1/ Les deux prismes du périscope sont identiques, seule leur orientation diffère ; ils sont constitués d'un verre d'indice $n = 1,5$ et sont plongés dans l'air d'indice 1 (figure 10) :

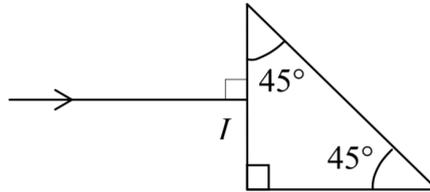


Figure 10 : prisme du périscope

On considère le rayon incident arrivant sous incidence normale sur la face d'entrée de l'un des prismes. Refaire sur la copie le schéma de la figure 10 en le complétant (dessiner la « suite » du rayon). Justifier soigneusement par un calcul les constructions au niveau de chaque interface.

5.2/ Dans la suite et par souci de simplification, nous remplacerons les prismes par des miroirs plans inclinés à 45° . Le schéma équivalent du périscope est fourni dans le document réponse 2. Représenter sur ce schéma l'image A_1B_1 de l'objet AB par le miroir M_1 , puis l'image A_2B_2 de A_1B_1 par la lentille L_1 de centre O_1 , puis l'image A_3B_3 de A_2B_2 par la lentille L_2 de centre O_2 et enfin l'image $A'B'$ de A_3B_3 par le miroir M_2 . On rappelle que le document réponse 2 doit être joint à la copie.

5.3/ On donne les longueurs algébriques (ces longueurs ne correspondent pas au schéma du document réponse 2) :

$\overline{AM_1} = 100 \text{ m}$; $\overline{O_1M_1} = -30 \text{ cm}$; $f_1 = 50 \text{ cm}$; $\Delta = \overline{F_1F_2} = 20 \text{ cm}$; $f_2 = 40 \text{ cm}$; $\overline{O_2M_2} = 90 \text{ cm}$.
 M_1 et M_2 sont les centres des miroirs.

Calculer les positions des images : $\overline{O_1A_2}$, $\overline{O_2A_3}$ et $\overline{M_2A'}$ ainsi que le grandissement du périscope

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$. L'image finale est-elle de même sens que l'objet ou renversée ?

5.4/ Citer une méthode expérimentale pour mesurer la distance focale d'une lentille convergente et expliquer rapidement son principe.

