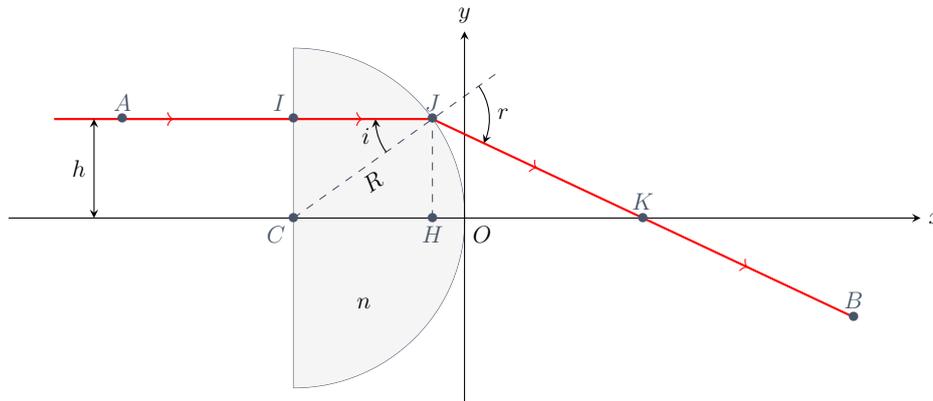


DM03 – Stigmatisme approché d’une lentille demi-boule

Exercice 1 – Lentille demi-boule

Le modèle des lentilles minces est une approximation des résultats de l’optique géométrique, qui reste valable tant que certaines conditions sont vérifiées. On souhaite explorer les limites de ce modèle à l’aide de Python. On étudie pour cela la lentille demi-boule représentée ci-dessous. Elle est formée d’un milieu en verre d’indice n , délimité par deux dioptries : l’un plan et l’autre sphérique de rayon R et de centre C . La lentille est plongée dans l’air.



Étude théorique

On s’intéresse tout d’abord à un unique rayon incident représenté en rouge ci-dessus, parallèle à l’axe optique avant la lentille et repéré par sa distance à l’axe optique h .

1. Justifier que le rayon incident n’est pas dévié au niveau du point I .
2. Exprimer la relation entre les angles i et r à l’aide de la loi de Snell-Descartes.
3. Exprimer les distances algébriques \overline{CH} et \overline{HK} en fonction de i , r et R .
4. Montrer que \overline{CK} s’exprime en fonction de i , R et n par la relation :

$$\overline{CK} = \frac{nR}{n \cos i - \sqrt{1 - n^2 \sin^2 i}}.$$

Prise en main du programme

Le programme `dioptre_spherique.py` permet de représenter la marche de quelques rayons arrivant sur le dioptre à différentes hauteurs h , issus d’une même source ponctuelle à l’infini.

5. Donner l’indice du milieu choisi pour la lentille dans le programme.
6. Exécuter le programme `dioptre_spherique.py`. Pourquoi les rayons les plus éloignés de l’axe optique n’émergent-ils pas de la lentille ?

Par la suite, on se restreindra aux cas où tous les rayons incidents émergent de la lentille.

7. Modifier et indiquer la plus grande valeur de `hmax` (ligne 9) qui permet de vérifier cette condition. On donnera la valeur avec deux chiffres significatifs.
8. Proposer un protocole permettant de déterminer le rôle de la variable `N` (ligne 10). Le mettre en œuvre en indiquant vos observations et donner le rôle de cette variable.

Stigmatisme approché

9. Justifier que la lentille demi-boule n'est pas un système optique stigmatique dans la situation considérée.

Il est possible d'obtenir un stigmatisme approché en limitant la partie utile de la lentille à un disque de rayon R_D à l'aide d'un diaphragme placé avant la lentille. Dans ce cas, l'image d'un objet ponctuel sera une tache de très faible taille et il sera possible d'obtenir des images nettes.

10. Indiquer le nom de la variable qui permet de reproduire l'effet d'un tel diaphragme.
 11. Donner la valeur η_{\max} du rapport $\eta = R_D/R$ pour lequel le système paraît stigmatique.
 12. Proposer un critère (par exemple sous la forme d'une inégalité) pour rendre cette valeur moins arbitraire.
 13. Donner un ou plusieurs inconvénients à l'utilisation d'un diaphragme très peu ouvert, c'est-à-dire pour lequel $\eta \ll 1$.

Conditions de Gauss

Les conditions de Gauss sont respectées quand les rayons lumineux sont proches de l'axe optique et peu inclinés par rapport à l'axe optique. La plupart des systèmes optiques centrés sont approximativement stigmatiques dans ces conditions. Les rayons qui respectent les conditions de Gauss sont qualifiés de paraxiaux.

14. Préciser la première condition à l'aide d'une inégalité entre deux distances caractéristiques de la lentille.

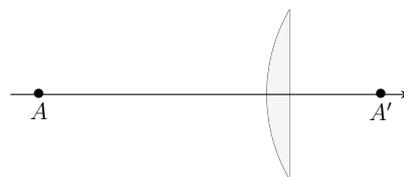
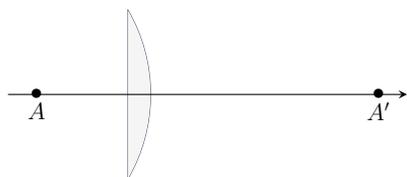
Distance focale

15. À l'aide du programme, indiquer la valeur de la distance focale f' de la lentille demi-boule, c'est-à-dire la distance \overline{OK} .
 16. Commenter cette valeur par rapport au résultat de la question 4.

Règle des 4P

Pour obtenir une image la plus nette possible, il est recommandé d'appliquer la règle du « plus plat plus près », ou règle des 4P. Elle consiste à orienter la face la plus plate d'une lentille :

- du côté de l'objet si celui-ci est plus proche de la lentille que son image :
- du côté de l'image si celle-ci est plus proche de la lentille que l'objet :



Le programme `regle_4p.py` permet d'étudier simultanément les deux configurations. Les noms de variable sont les mêmes que dans le programme précédent.

17. Reprendre la question 11 dans le cas de la lentille inversée.
 18. Comparer les valeurs obtenues dans les deux cas et commenter la règle des 4P.