

Aberrations chromatique des lentilles

Compétence visée : Utilisation de quelques fonctions d'une bibliothèque et de leur documentation en ligne.

Le but de ce TP est d'étudier les aberrations chromatiques des lentilles réelles afin de comprendre le choix du verre utilisé dans les lentilles des instruments optiques.

Dans ce TP on :

- tracera une lentille convergente et divergente
- tracera un ensemble de rayons lumineux
- étudiera le stigmatisme d'une lentille réelle
- étudiera les aberrations chromatiques d'une lentille réelle

Introduction : matplotlib.pyplot

La bibliothèque matplotlib.pyplot permet de tracer des graphiques mathématiques.

Programme permettant de tracer un segment :

```
# On importe les bibliothèques
from matplotlib.pyplot import *

# On trace le segment AB
plot([xA, xB], [yA, yB])

# On montre le graphique
show()
```

Programme permettant de représenter graphiquement une fonction :

```
# On importe les bibliothèques
from matplotlib.pyplot import *

# On définit la fonction que l'on souhaite tracer
def fonction_1(x):
    """
    fonction_1(t) -> réel
    renvoie la valeur en t de la fonction
    """
    return x**2+2*x+1

# On définit l'ensemble des abscisses des points qu'on veut représenter.
## Soit on définit le pas
x=arange(x_min, x_max, pas)
## Soit on définit par le nombre de points
x=linspace(x_min, x_max, nombre_points)

# On demande de tracer la fonction avec comme étiquette ou descriptif pour la
courbe « légende »
plot(x, fonction_1(x), label='légende')

# On écrit une légende qui reprend les étiquettes renseignées dans les labels
des plots
legend()
```

```

#On met un titre
title('titre')

#On met des légendes sur les axes
xlabel('légende des abscisses')
ylabel('légende des ordonnées')

#On écrit un texte
text(abscisse,ordonnée,'texte')

#On fixe les bornes du tracé
xlim(min,max)
ylim(min,max)

#On trace une grille
grid(True)

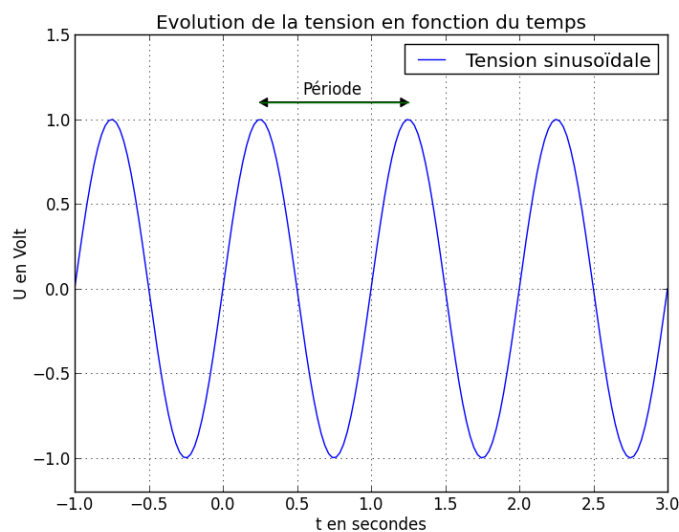
#On montre le graphique
show()

```

Il est possible de modifier la couleur du segment, le type de trait (pointillés, ...), la largeur du trait, une légende...

(Voir : aide python ou sur le site http://matplotlib.org/api/pyplot_summary.html).

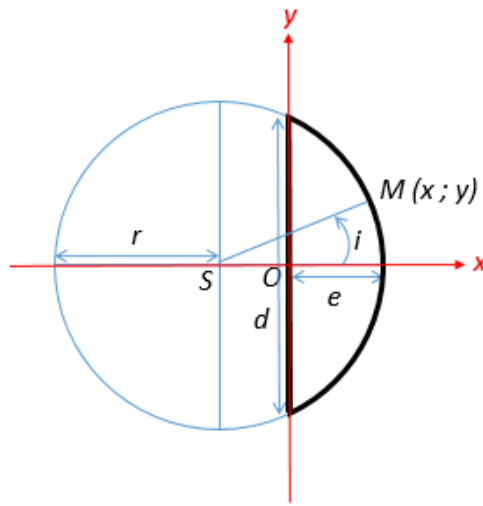
- Reproduire le graphique suivant :



1. Tracé d'une lentille convergente

Pour étudier le stigmatisme on doit d'abord tracer une lentille.

- Créer une fonction `lentille_convergente(d,r)` ayant pour paramètres un diamètre d et un rayon de courbure r et traçant la lentille.



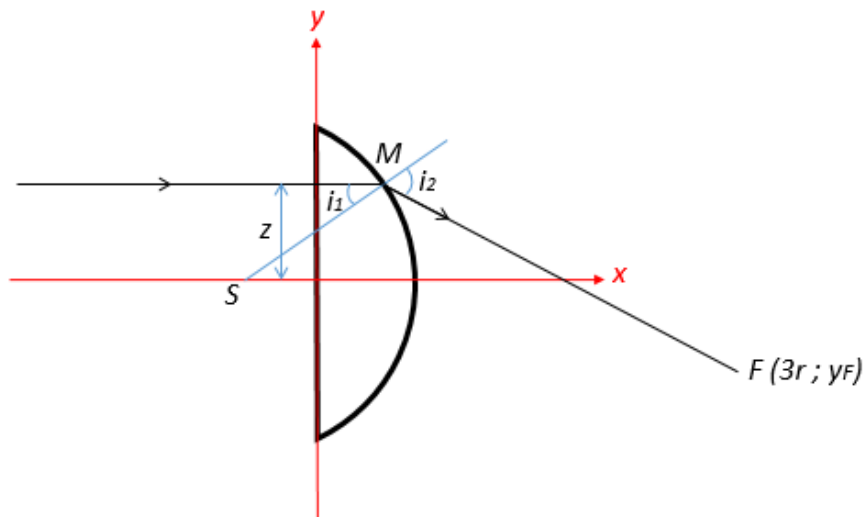
On donne :

- L'épaisseur de la lentille : $e = r - r\sqrt{1 - \frac{d^2}{4r^2}}$
- L'équation décrivant la portion de cercle de la lentille $x(y) = \sqrt{r^2 - y^2} - r + e$
- Dans la fonction `lentille_convergente(d, r)` ajouter une ligne pour tracer l'axe optique pour $x \in [-3r, 3r]$. On fera un cadrage pour $x \in [-3r, 3r]$ et $y \in [-3r, 3r]$.

2. Trajet d'un rayon

Pour étudier le stigmatisme il faut maintenant tracer les rayons à travers une lentille.

On considère un objet situé à l'infini sur l'axe optique. On va tracer le trajet des rayons lumineux issus de l'objet à l'aide des lois de Descartes.



On donne pour un rayon lumineux horizontal dont l'altitude est z :

- l'angle du rayon incident : $i_1 = \arcsin\left(\frac{z}{r}\right)$
- l'existence d'un rayon émergent si $n \cdot \sin(i_1) < 1$
- l'angle du rayon émergent : $i_2 = \arcsin\left(n \frac{z}{r}\right)$
- la coordonnée du point M : $x_M = e - r - r\cos(i_1)$
- la coordonnée du point F : $y_F = z - (3r - x_M)\tan(i_2 - i_1)$

- Créer une fonction `tracer_rayon(z, d, r, n)` ayant pour paramètre une hauteur z , un diamètre de lentille d , un rayon de courbure de lentille r et un indice de réfraction du verre n traçant le rayon incident. On commencera le rayon incident en $x = -\frac{3}{2}r$.
- Compléter la fonction `tracer_rayon(z, d, r, n)` pour tracer le rayon émergent. On terminera le rayon émergent en F .

3. Stigmatisme

Le but de cette partie est d'étudier le stigmatisme d'une lentille réelle.

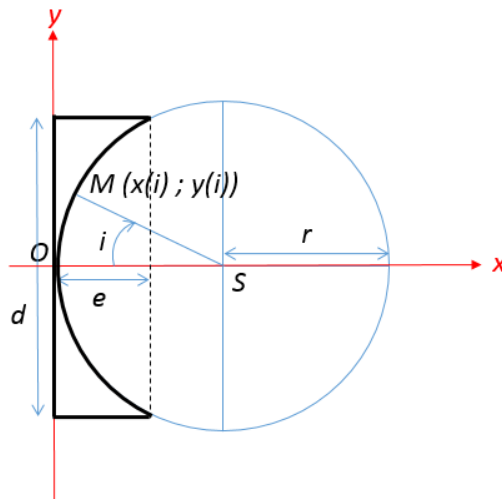
- Tracer un réseau de 10 rayons lumineux à différentes hauteurs. On écrira au début de chaque rayon l'altitude correspondante.

Un système optique est rigoureusement stigmatique si l'image d'un point est un point.

- Dans quel cas a-t-on stigmatisme rigoureux ?

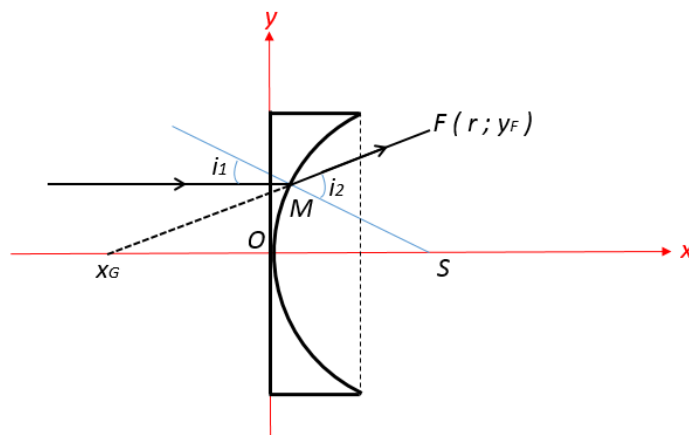
4. Lentille divergente

- Refaire les parties précédentes avec une lentille divergente.



On donne :

- $y_F = \left(\frac{z}{\tan(i_2 - i_1)} - r \cos(i_1) \right) \times \tan(i_2 - i_1)$
- $x_G = \left(r - r \cos(i_1) \right) - \frac{z}{\tan(i_2 - i_1)}$
- Attention !!! le rayon émergent est en deux parties.



5. Aberrations chromatiques (lentille convergente)

Le but de cette partie est d'étudier les aberrations chromatiques créée par une lentille. On éclaire la lentille avec un faisceau constitué de trois couleurs (rouge, vert, bleu). On cherche les images de l'objet à l'infini sur l'axe pour chaque rayon monochromatique.

- Tracer les trois rayons lumineux pour chaque couleur.

On donne les indices de réfractions pour les différentes couleurs :

- $n_{\text{rouge}} = 1,511$
- $n_{\text{vert}} = 1,520$
- $n_{\text{bleu}} = 1,528$

- A partir du tableau suivant indiquer quel type de verre est à utiliser pour diminuer les aberrations chromatique

