

Série 5

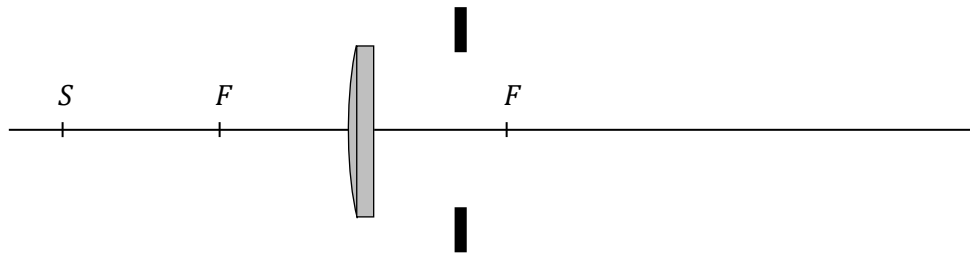
28 Octobre 2023

Optique géométrique et faisceaux gaussiens

Exercice 1 – Pupilles d'entrée et de sortie

Tel que schématisé ci-dessous, une lentille mince, de focale $F = 100 \text{ mm}$ et d'un diamètre $D = 100 \text{ mm}$ est placée à une distance $l = 80 \text{ mm}$ devant un écran sombre contenant un orifice centré de diamètre $d = 40 \text{ mm}$. Un objet ponctuel S est situé à une distance de $z = 200 \text{ mm}$ de la lentille.

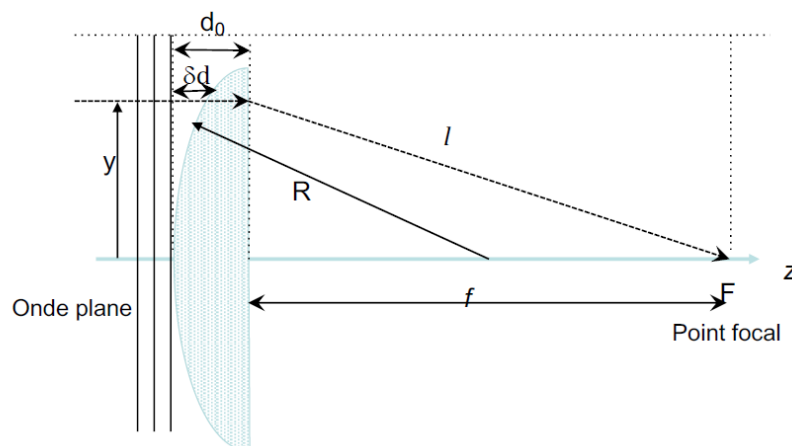
- Déterminer la position et la taille des pupilles d'entrée et de sortie du système.
- Répéter l'exercice dans le cas où l'ouverture de l'objectif est situé à la même distance mais devant la lentille
- Que se passe-t-il si la lentille a maintenant un diamètre de 70 mm ? et de 50 mm ?



Exercice 2 – Focalisation par une lentille mince

Une onde plane $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 e^{ik_0 z}$ se propage dans l'air ($n = 1$) et arrive sur une lentille mince ($d_0 \ll R$) convergente de focale f . En utilisant l'approximation paraxiale $\rho^2 = x^2 + y^2 \ll z^2$, vérifier la focalisation de l'onde au point focal F.

Indication : calculer la phase de l'onde au point focal en fonction de la position (x, y) , et utiliser la définition de distance focale.



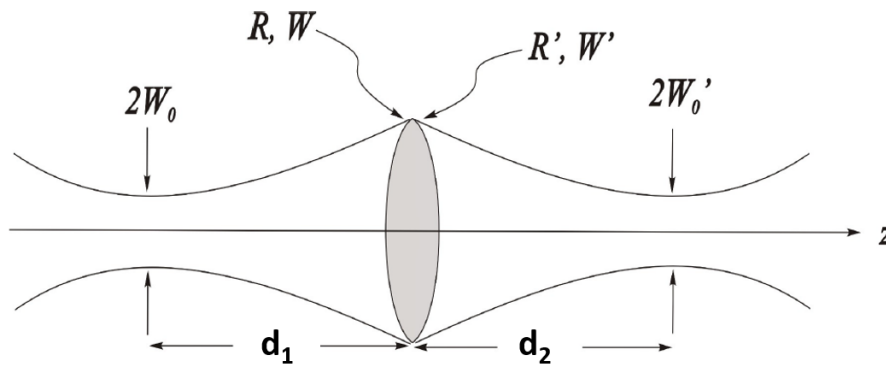
Série 5

28 Octobre 2023

Optique géométrique et faisceaux gaussiens

Exercice 3 – Focalisation d'un faisceau gaussien

On considère maintenant le cas d'un faisceau gaussien $\mathcal{E} = \frac{\epsilon_0}{z_0} \frac{W_0}{W(z)} e^{-\frac{\rho^2}{W^2(z)}} e^{ik_0 z} e^{-ik_0 \frac{\rho^2}{2R(z)}} e^{i\zeta(z)}$. Les faisceaux gaussiens sont essentiels pour décrire la propagation des lasers. Ici, on étudie la focalisation d'un faisceau gaussien se propageant dans l'air ($n = 1$), par la même lentille mince convergente de focale f . Le « waist » du faisceau, W_0 est à une distance d_1 de la lentille, et celle du « waist » image (après la lentille), W_0' à une distance d_2 de l'autre côté.



- a) Evaluer l'action focalisant de la lentille. Donner l'expression du rayon de courbure du faisceau gaussien juste avant et juste après avoir traversé la lentille. Qu'en est-il du waist ?

Indication : calculer la phase de l'onde en sortant la lentille et évaluer le rayon de courbure la définition de distance focale.

- b) Prouver que, en tout point z le long de la propagation d'un faisceau gaussien, la relation $\frac{R(z) \cdot z}{W^2(z)} = Cste$ est vérifiée. Expliciter la constante. En déduire une relation pour $\frac{z}{z_0}$.

Indication : Partir des définitions de $R(z)$ et $W^2(z)$.

- c) En déduire les expressions $z = \frac{R(z)}{1 + \left(\frac{\lambda R(z)}{\pi W^2(z)}\right)^2}$ et $W_0 = \frac{W(z)}{\sqrt{1 + \left(\frac{\pi W^2(z)}{\lambda R(z)}\right)^2}}$

- d) Finalement, donner l'expression de $W_0'^2$ et d_2 en fonction de λ, f, d_1, W_0 (ou z_0).

- e) Comparer la solution avec la focalisation de l'optique géométrique, y a-t-il des différences frappantes ?

Indication : Faire un plot de d_2/f en fonction de d_1/f pour différentes valeurs de $\frac{z_0}{f} : \left\{2, 1, \frac{1}{4}, \frac{1}{16}\right\}$.