Université Alioune DIOP
UFR SATIC Département de Physique

L'excellence est ma constance, l'éthique ma vertu

Travaux dirigés
Année universitaire
2019-2020
L3 Physique Numérique
Dr. L. SOW

Série TD N° 2 : Lasers et applications

Exercice N° 1

On considère une onde sphérique dont le champ électrique est de la forme :

$$E = \frac{E_0}{r} e^{j(\omega t - kz)}$$

Où E_0 est une amplitude constante et $r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$ la distance à la source de l'onde.

1. Montrer que dans l'approximation paraxiale, $r_\perp^2 = x^2 + y^2 << r^2$ ($r_\perp$ est la coordonnée transverse à l'axe de propagation de l'onde z), le champ électrique de l'onde sphérique s'écrit par :

   $$E = E_0 e^{j(\omega t - kz)} A(z) e^{-j\left[kr_\perp^2 / 2Q(z)\right]}$$

   On précisera $A(z)$ et $Q(z)$.
2. Montrer que dans la limite asymptotique $z >> z_R$, le mode gaussien fondamental correspond à l'onde sphérique dans l'approximation paraxiale établie ci-dessus.

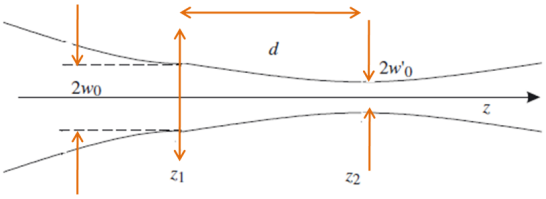
Exercice N° 2

On considère un faisceau gaussien caractérisé par une longueur de Rayleigh est z_R = 5 cm.

1. Déterminer le waist w_0 et la divergence θ du faisceau :
   (a) pour un laser bleu de longueur d'onde λ = 400 nm.
   (b) pour un laser rouge de λ = 633 nm.
   (c) pour un laser vert de λ = 532 nm.
   (d) pour un laser à CO_2 λ = 10, 6 µm.
   (e) pour un laser YAG λ = 1064 nm .
2. Que peut-on déduire sur la focalisation de ces lasers ?
3. Tracer sur un même graphe le waist et la divergence en fonction de la longueur des lasers.

Exercice N° 3

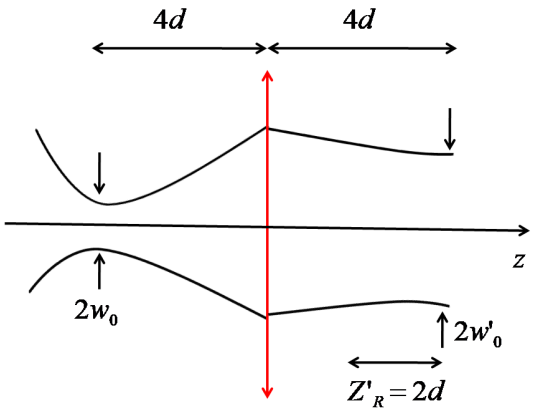
On considère un faisceau gaussien collimaté, issu d'un laser à He-Ne, de longueur d'onde λ = 633 nm. Ce faisceau se propage à travers une lentille situé en $z = 0$ puis sur une distance d (voir figure ci-contre). Les caractéristiques du faisceau laser avant passage à travers la lentille sont w_0 (waist objet) et z_R la longueur de Rayleigh.



1. En utilisant la loi $ABCD$, déterminer les caractéristiques du faisceau laser (w_0', z_R', d) après son passage dans la lentille et sa propagation sur une distance d.
2. On souhaite focaliser le faisceau sur un détecteur.
   (a) Quelles sont les conditions pour lesquelles le waist image se trouve au foyer de la lentille ?
   (b) Déterminer cette distance focale f du faisceau. On donne w_0 =1 mm, z_R' = 5 cm.

Exercice N° 4

Un faisceau gaussien issu d'un laser, de waist w_0 et de longueur de Rayleigh z_R est incident sur une lentille de focale f. La lentille est à une distance $4d$ de la position du waist incident. Le waist du faisceau émergent (w_0') est également à une distance $4d$ de la lentille et sa longueur de Rayleigh est donnnée par $z_R' = 2d$.



1. Déterminer la matrice de transfert M qui caractérise la traversée du faisceau laser.
2. Déterminer z_R et f.
3. Déterminer le rayon de courbure du faisceau émergent dans les cas suivants :
   (a) à la sortie de la lentille.
   (b) à une distance $2d$ de la lentille.
   (c) à une distance $4d$ de la lentille.

Exercice N° 5

On considère un laser à CO_2 dont le faisceau est gaussien et a un rayon de w = 1 cm. Ce faisceau est transmis à travers un diaphragme circulaire de rayon ρ.

1. Quel pourcentage d'énergie de ce rayon est transmis à travers le diaphragme ?
2. Application numérique : ρ = 0.25 cm, ρ = 0.5 cm, ρ = 0.75 cm, ρ = 1 cm, ρ = 2 cm.