

Série TD N° 2 : Lasers et applications

Exercice N° 1

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

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

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, $r_{\perp}^2 = x^2 + y^2 \ll r^2$ ($r_{\perp}$ est la coordonnée transverse à l'axe de propagation de l'onde z), le champ électrique de l'onde sphérique s'écrit par :

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

On précisera $A(z)$ et $Q(z)$.

2. Montrer que dans la limite asymptotique $z \gg z_R$, le mode gaussien fondamental correspond à l'onde sphérique dans l'approximation paraxiale établie ci-dessus.

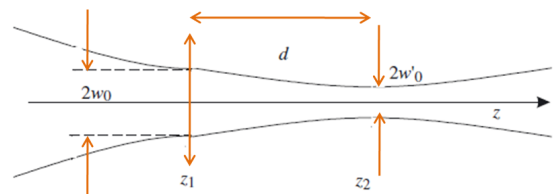
Exercice N° 2

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 $\lambda = 400$ nm.
 - (b) pour un laser rouge de $\lambda = 633$ nm.
 - (c) pour un laser vert de $\lambda = 532$ nm.
 - (d) pour un laser à CO_2 $\lambda = 10,6$ μ m.
 - (e) pour un laser YAG $\lambda = 1064$ 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 d'onde des lasers.

Exercice N° 3

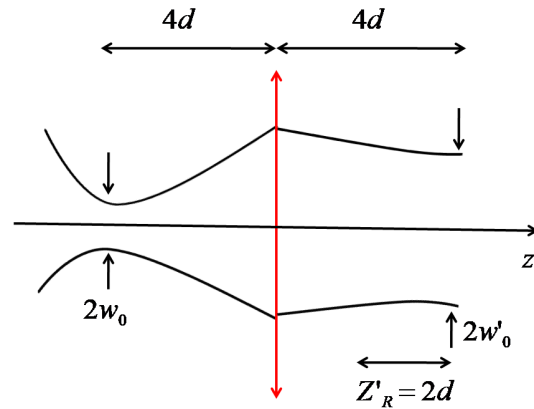
On considère un faisceau gaussien collimaté, issu d'un laser à He-Ne, de longueur d'onde $\lambda = 633$ nm. Ce faisceau se propage à travers une lentille situé en $z = 0$ puis sur une distance d (voir figure ci-contre). Les caractéristiques du faisceau laser avant passage à travers la lentille sont 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, $z'_R = 20$ mm.

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 donnée 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 : $\rho = 0.25$ cm, $\rho = 0.5$ cm, $\rho = 0.75$ cm, $\rho = 1$ cm, $\rho = 2$ cm.