

---

---

**Lasers et équipements associés aux  
lasers — Méthodes d'essai des paramètres  
des faisceaux laser — Largeurs du  
faisceau, angle de divergence et facteur de  
propagation du faisceau**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam  
parameters — Beam widths, divergence angle and beam propagation factor*  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 11146:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999>



## Sommaire

1	Domaine d'application.....	1
2	Références normatives .....	1
3	Termes et définitions.....	1
4	Systèmes de coordonnées .....	3
5	Principes d'essai.....	4
6	Systèmes de mesure et équipements d'essai.....	5
7	Mesure des largeurs et du diamètre du faisceau .....	7
8	Mesure de l'angle de divergence.....	8
9	Détermination combinée des paramètres de propagation du faisceau laser.....	8
10	Détermination du facteur de propagation du faisceau et du facteur relatif à la diffraction .....	11
11	Rapport d'essai .....	12
	Annexe A (normative) Autres méthodes de mesure de la largeur du faisceau.....	14
	Annexe B (normative) Équations pour les faisceaux non circulaires.....	21
	Annexe C (informative) Dérivation des équations .....	24

iteh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 11146:1999  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4c55c2b5-2d58-484e-ad1e-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999>

© ISO 1999

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse  
Internet iso@iso.ch

Imprimé en Suisse

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme Internationale ISO 11146 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et instruments d'optique*, sous-comité SC 9 *Systèmes électro-optiques*.

Les annexes A et B font partie intégrante de la présente Norme internationale. L'annexe C est donnée uniquement à titre d'information.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11146:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999>

## Introduction

La caractérisation de tout faisceau laser de symétrie radiale requiert les trois paramètres suivants:

- l'emplacement du col du faisceau  $z_0$  ;
- le diamètre du col  $d_{\sigma 0}$  ;
- l'angle de divergence de champ lointain  $\Theta_{\sigma}$  pour le faisceau soumis à l'essai.

Ces trois valeurs permettent de prévoir le diamètre du faisceau en tout plan situé le long de l'axe de propagation. En première approximation (pour des angles de divergence inférieurs à 0,8 rad), le faisceau se propage selon:

$$d_{\sigma}^2(z) = d_{\sigma 0}^2 + (z - z_0)^2 \cdot \Theta_{\sigma}^2 \quad (1)$$

La propagation du faisceau se fait selon la formule (1) dans la mesure où les moments de deuxième ordre de la fonction de distribution de la densité de puissance (énergie) sont utilisés pour définir les largeurs et les divergences du faisceau. La propagation se définit par un facteur de propagation du faisceau  $K$  ou par un facteur relatif à la diffraction  $M^2$  qui peut être dérivé des données fondamentales décrites ci-dessus. La relation entre  $K$  et  $M^2$ , respectivement, le diamètre réel du col  $d_0$  et l'angle de divergence  $\Theta_{\sigma}$ , est la suivante:

$$K = \frac{1}{M^2} = \frac{4\lambda_0}{\pi} \times \frac{1}{n \cdot d_{\sigma 0} \cdot \Theta_{\sigma}} = \frac{4\lambda}{\pi} \times \frac{1}{d_{\sigma 0} \cdot \Theta_{\sigma}} \quad (2)$$

où

$K$  est le facteur de propagation du faisceau; <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac5b7bee35d/iso-11146-1999>

$M^2$  est le facteur relatif à la diffraction;

$\lambda_0$  est la longueur d'onde dans le vide;

$\lambda$  est la longueur d'onde dans un milieu avec indice de réfraction  $n$ ;

$\Theta_{\sigma}$  est l'angle de divergence;

$d_{\sigma 0}$  est le diamètre du col;

$n$  est l'indice de réfraction.

NOTE 1 L'exactitude de mesure attendue pour les facteurs de propagation de faisceau est d'environ 10 %. Elle n'est pas cohérente pour des angles de divergence inférieurs à 0,8 rad (angle selon ISO 11145).

Le produit

$$n \cdot d_{\sigma 0} \cdot \Theta_{\sigma} = \frac{4\lambda_0}{K\pi} = \frac{M^2 4\lambda_0}{\pi} \quad (3)$$

décrit la propagation des faisceaux lasers et reste invariant au cours de la propagation du faisceau tant que des systèmes optiques sans aberration et ne limitant pas l'ouverture sont utilisés.

La caractérisation des faisceaux sans symétrie radiale requiert les valeurs des sept paramètres suivants:

- les emplacements des cols du faisceau  $z_{0x}$  et  $z_{0y}$  ;

- les largeurs du faisceau  $d_{\sigma 0x}$  et  $d_{\sigma 0y}$  ;
- les angles de divergence en champ lointain  $\theta_{\sigma x}$  et  $\theta_{\sigma y}$  ;
- l'angle azimutal entre l'axe  $x$  du système lié au faisceau et l'axe  $x'$  du système lié au laboratoire. L'axe  $x$  du système lié au faisceau coïncide avec l'axe principal du faisceau laser le plus proche (à l'intérieur de  $\pm 45^\circ$ ) de la coordonnée arbitraire  $x'$ .

Par analogie avec la formule de propagation mentionnée ci-dessus, la propagation des faisceaux non symétriques, qui se caractérisent néanmoins toujours par deux axes principaux orthogonaux l'un par rapport à l'autre, peut être décrite indépendamment pour l'axe  $x$  et l'axe  $y$ , en utilisant respectivement  $K_x$  et  $K_y$  comme facteurs de propagation du faisceau, ou  $M_x^2$  et  $M_y^2$  comme facteurs relatifs à la diffraction.

NOTE 2 Les faisceaux présentant un astigmatisme quelconque (faisceaux torsadés) requièrent trois autres paramètres de caractérisation. La propagation dans le plan  $x-z$  n'est pas nécessairement indépendante des caractéristiques de propagation dans le plan  $y-z$ , et un tel faisceau ne présentera pas nécessairement une distribution de densité de puissance circulaire le long du trajet de propagation. La mesure des faisceaux astigmatiques quelconques ne fait pas partie du domaine d'application de la présente norme.

Dans la présente Norme internationale, les moments de deuxième ordre de la fonction de distribution de la densité de puissance (énergie) sont utilisés pour déterminer les largeurs du faisceau. Cependant, il peut y avoir des problèmes inhérents à la mesure directe de cette propriété pour les faisceaux issus de certaines sources laser. Dans ce cas, d'autres méthodes indirectes de mesure de moment d'ordre 2 peuvent être utilisées tant que des résultats comparables peuvent être obtenus.

L'annexe A décrit trois autres méthodes de mesure de largeur de faisceau ainsi que leur corrélation avec la méthode utilisée dans la présente Norme internationale. Ces méthodes sont:

- la méthode de l'ouverture variable;
- la méthode de la lame mobile; [ISO 11146:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999)
- la méthode de la fente mobile. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999>

Le problème de la dépendance du résultat de mesure aux limites de troncature de l'intégration a été étudié et évalué par une intercomparaison internationale en 1997. Les résultats de cette intercomparaison ont été pris en compte dans ce document.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 11146:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999>

# Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai des paramètres des faisceaux laser — Largeurs du faisceau, angle de divergence et facteur de propagation du faisceau

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les méthodes de mesure des largeurs du faisceau (diamètre), des angles de divergence et des facteurs de propagation du faisceau pour les faisceaux lasers.

Ces méthodes peuvent ne pas s'appliquer aux faisceaux à diffraction élevée, tels que ceux produits par des résonateurs instables ou qui passent par des ouvertures à bords minces.

## 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe->

ISO 11145:1994, *Optique et instruments d'optique — Lasers et équipements associés aux lasers — Vocabulaire et symboles*.

CEI 61040:1990, *Détecteurs, instruments et matériels de mesurage de puissance et d'énergie des rayonnements laser*.

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11145, et la CEI 1040, et les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 3.1

#### densité d'énergie

$H(x, y)$

partie de l'énergie du faisceau qui frappe la surface  $\delta A$  à l'emplacement  $x, y$ , divisée par l'aire de la surface  $\delta A$

### 3.2

#### densité de puissance

$E(x, y)$

partie de la puissance du faisceau qui frappe la surface  $\delta A$  à l'emplacement  $x, y$ , divisée par l'aire de la surface  $\delta A$

### 3.3

#### emplacements du col du faisceau

$z_0, z_{0x}, z_{0y}$

positions auxquelles les largeurs du faisceau atteignent leurs valeurs minimales le long de l'axe de propagation

Voir Figure 1.

NOTE Les emplacements sont décrits comme les distances des cols du faisceau (à l'intérieur ou à l'extérieur du résonateur) à un plan de référence défini par le fabricant, par exemple le panneau avant de l'enceinte du laser.

### 3.4 diamètre du faisceau

$d_\sigma$

$$d_\sigma(z) = 2\sqrt{2}\sigma(z) \quad (4)$$

où le moment de deuxième ordre de la fonction de distribution de la densité de puissance  $E(x, y, z)$  du faisceau à l'emplacement  $z$  est donné par

$$\sigma^2(z) = \frac{\iint r^2 E(r, z) r dr d\phi}{\iint E(r, z) r dr d\phi} \quad (5)$$

où  $r$  est la distance par rapport au centre  $(\bar{x}, \bar{y})$  et où les moments de premier ordre donnent les coordonnées du centre, c'est-à-dire

$$\bar{x} = \frac{\iint x E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad (6)$$

$$\bar{y} = \frac{\iint y E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad (7)$$

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

NOTE 1 En principe, l'intégration doit être effectuée dans tout le plan  $x$ - $y$ . En pratique, l'intégration s'applique sur une surface telle que au moins 99 % de la puissance (énergie) du faisceau soit capturée. Se référer aux limites pratiques en 6.4.

NOTE 2 La densité de puissance  $E$  doit être remplacée par la densité d'énergie  $H$  pour les lasers impulsifs.

NOTE 3 Cette définition diffère de celle donnée dans l'ISO 11145:1994, car seuls les facteurs de propagation du faisceau fondés sur les largeurs du faisceau et les angles de divergence déduits des moments de deuxième ordre de la fonction de distribution de la densité de puissance (d'énergie) permettent de calculer la propagation du faisceau. D'autres définitions des largeurs du faisceau et des angles de divergence peuvent être utiles pour d'autres applications, mais doivent être démontrées équivalentes à la définition à partir du moment d'ordre 2 devant être utilisée pour le calcul correct de la propagation du faisceau.

### 3.5 largeurs du faisceau

$d_{\sigma_x}$  ;  $d_{\sigma_y}$

$$d_{\sigma_x}(z) = 4\sigma_x(z) \quad (8)$$

$$d_{\sigma_y}(z) = 4\sigma_y(z) \quad (9)$$

où les moments de deuxième ordre de la fonction de distribution de la densité de puissance  $E(x, y, z)$  du faisceau à l'emplacement  $z$  sont donnés par

$$\sigma_x^2(z) = \frac{\iint (x - \bar{x})^2 E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad (10)$$

$$\sigma_y^2(z) = \frac{\iint (y - \bar{y})^2 E(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad (11)$$

où  $(x - \bar{x})$  et  $(y - \bar{y})$  sont les distances par rapport au centre  $(\bar{x}, \bar{y})$  et où les moments de premier ordre donnent les coordonnées du centre, c'est-à-dire

$$\bar{x} = \frac{\iint xE(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad (12)$$

$$\bar{y} = \frac{\iint yE(x, y, z) dx dy}{\iint E(x, y, z) dx dy} \quad (13)$$

NOTE 1 En principe, l'intégration doit être effectuée dans tout le plan  $x$ - $y$ . En pratique, l'intégration s'applique sur une surface telle que au moins 99 % de la puissance (énergie) du faisceau soit capturée. Se référer aux limites pratiques en 6.4.

NOTE 2 La densité de puissance  $E$  doit être remplacée par la densité d'énergie  $H$  pour les lasers impulsionnels.

NOTE 3 Cette définition diffère de celle donnée dans l'ISO 11145:1994, car seuls les facteurs de propagation du faisceau fondés sur les largeurs du faisceau et les angles de divergence déduits des moments de deuxième ordre de la fonction de distribution de la densité de puissance (d'énergie) permettent de calculer la propagation du faisceau. D'autres définitions des largeurs du faisceau et des angles de divergence peuvent être utiles pour d'autres applications, mais doivent être démontrées équivalentes à la définition à partir du moment d'ordre 2 devant être utilisée pour le calcul correct de la propagation du faisceau.

### 3.6

#### facteur relatif à la diffraction

$M^2$

mesure de l'étalement entre le produit du paramètre du faisceau et la limite de diffraction d'un faisceau parfaitement gaussien:

$$M^2 = \frac{\pi}{\lambda} \cdot \frac{d_{\sigma 0} \theta_{\sigma}}{4} \quad (14)$$

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 11146:1999  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999>

## 4 Systèmes de coordonnées

### 4.1 Généralités

Les axes  $x$ ,  $y$  et  $z$  définissent les directions spatiales orthogonales dans le système lié aux axes du faisceau. Les axes  $x$  et  $y$  sont transversaux au faisceau et définissent le plan transversal. Le faisceau se propage le long de l'axe  $z$ . L'origine de l'axe  $z$  est dans un plan de référence  $xy$  défini par le fabricant, par exemple le panneau avant de l'enceinte du laser.

Pour les faisceaux elliptiques, les plans principaux de propagation, définis par  $xz$  et  $yz$ , sont les plans qui contiennent respectivement le grand axe et le petit axe de l'ellipse. Voir Figure 1.

Lorsque les plans principaux de propagation ne coïncident pas avec les plans  $x'z$  et  $y'z$  du système lié au laboratoire  $x'$ ,  $y'$ ,  $z$ , on peut alors choisir l'une des deux procédures équivalentes suivantes:

### 4.2 Description dans le système lié aux axes du faisceau

Si l'azimut du système lié aux axes du faisceau relatif au système lié au laboratoire est connu, les paramètres du faisceau peuvent être alors mesurés directement dans le système lié aux axes du faisceau, et l'angle azimutal est alors enregistré avec ces mesures.

### 4.3 Description dans le système lié au laboratoire

Si les axes principaux du faisceau ne sont pas connus, ils peuvent être alors déterminés par mesure des deux moments de deuxième ordre,  $\sigma_{x'}^2$ ,  $\sigma_{y'}^2$  et du moment mixte  $\sigma_{x'y'}^2$  de la distribution du faisceau dans le système lié au laboratoire. Il est alors possible de calculer les moments de deuxième ordre dans le système lié au faisceau et l'angle azimutal  $\phi$  entre les deux systèmes.

Le moment mixte est donné par

$$\sigma_{x'y'}^2(z) = \frac{\iint (x' - \bar{x}')^2 (y' - \bar{y}') E(x', y', z') dx' dy'}{\iint E(x', y', z') dx' dy'} \tag{15}$$

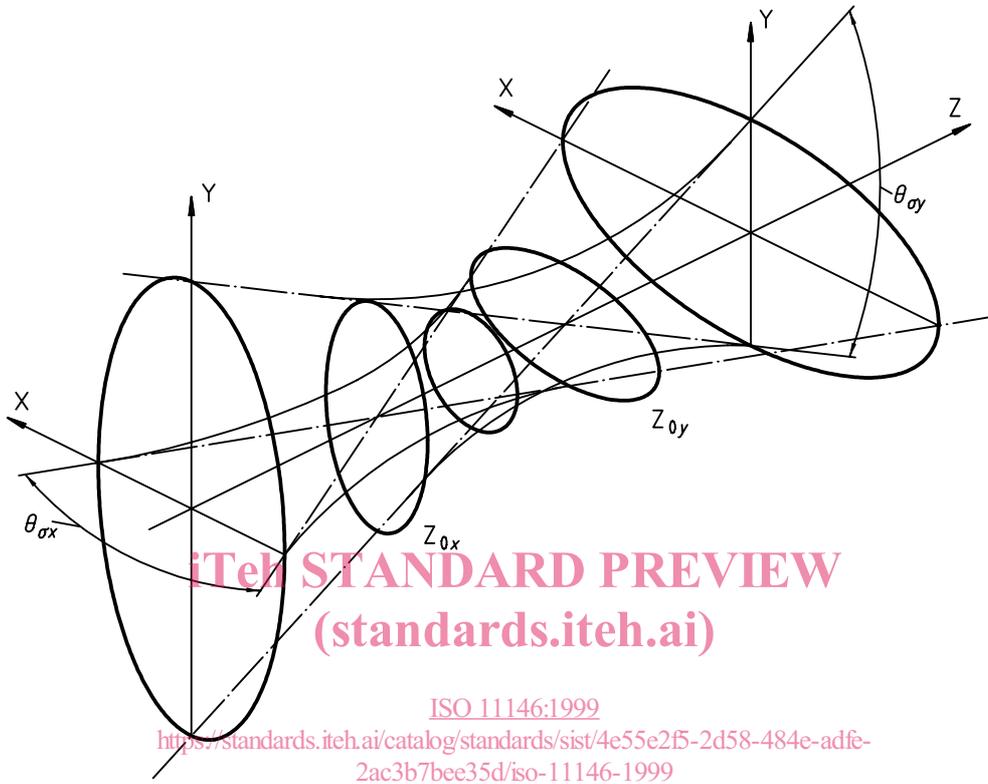


Figure 1 — Coordonnées du système lié aux axes du faisceau

## 5 Principes d'essai

### 5.1 Largeurs et diamètre du faisceau

Pour déterminer les largeurs ou le diamètre du faisceau à l'emplacement  $z$ , la fonction de distribution de la densité de puissance (énergie) du faisceau laser doit être déterminée dans le plan  $x'y'$  à l'emplacement  $z$ . L'angle azimutal  $\varphi$  doit en outre être déterminé.

Les moments spatiaux d'ordre 1,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ , contenant l'axe du faisceau sont déterminés à partir de la fonction de distribution de la section droite mesurée. Les moments d'ordre 2,  $\sigma_x^2$ ,  $\sigma_y^2$  ou  $\sigma^2$  ainsi que les largeurs  $d_{\sigma_x}$ ,  $d_{\sigma_y}$  ou le diamètre  $d_{\sigma}$  du faisceau, sont calculés. Voir les équations (4) à (7) et (8) à (13), respectivement.

### 5.2 Angles de divergence

La détermination des angles de divergence découle des mesures des largeurs ou du diamètre du faisceau.

Le faisceau laser doit tout d'abord être transformé par un élément de focalisation dépourvu d'aberration. Le diamètre du faisceau  $d_{\sigma_f}$  est alors mesuré à une longueur focale  $f$  du plan principal arrière de l'élément de focalisation. L'angle de divergence du faisceau laser avant l'élément de focalisation est déterminé par la relation

$$\theta_{\sigma} = \frac{d_{\sigma f}}{f} \quad (16)$$

Pour les faisceaux sans symétrie radiale, les angles de divergence  $\theta_{\sigma x}$  ou  $\theta_{\sigma y}$  dans les plans  $xz$  ou  $yz$  sont déterminés par les largeurs du faisceau au lieu de son diamètre.

### 5.3 Facteur de propagation du faisceau et facteur relatif à la diffraction, respectivement

Afin de déterminer respectivement les facteurs de propagation du faisceau  $K_x$ ,  $K_y$  ou  $K$  et les facteurs relatif à la diffraction  $M_x^2$ ,  $M_y^2$  ou  $M^2$ , il est nécessaire de déterminer les largeurs des cols  $d_{\sigma 0x}$ ,  $d_{\sigma 0y}$  ou le diamètre du col  $d_{\sigma 0}$ , ainsi que les angles de divergence du faisceau  $\theta_{\sigma x}$ ,  $\theta_{\sigma y}$  ou  $\theta_{\sigma}$ .

### 5.4 Emplacement du col du faisceau, mesure combinée des largeurs, de l'angle de divergence et du facteur de propagation du faisceau ou du facteur relatif à la diffraction

Afin de déterminer l'emplacement du col du faisceau, les données des largeurs du faisceau le long de l'axe de propagation doivent être ajustées à une hyperbole comme décrit dans l'article 9.

Les autres paramètres du faisceau peuvent être également déterminés par cette méthode.

## 6 Systèmes de mesure et équipements d'essai

### 6.1 Généralités

L'essai est basé sur la mesure de la fonction de distribution de la densité de puissance (énergie) suivant la section droite du faisceau laser tout entier.

### 6.2 Préparation

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 11146:1999  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4e55e2f5-2d58-484e-adfe-2ac3b7bee35d/iso-11146-1999>

Il convient que l'axe optique des systèmes de mesure soit coaxial au faisceau laser devant être mesuré. A cet effet, des dispositifs d'alignement optique appropriés sont disponibles (par exemple les lasers d'alignement ou les jeux de miroirs de pointage).

L'ouverture du système optique doit accepter toute la section du faisceau laser. L'écrêtage doit être inférieur à 1 % de la puissance ou de l'énergie totale du faisceau.

Les atténuateurs ou l'optique de mise en forme du faisceau doivent être montés de sorte que l'axe optique passe par les centres géométriques. Il convient d'éviter les erreurs systématiques. Les réflexions, les effets d'interférence, la lumière ambiante externe, le rayonnement thermique ou les turbulences de l'air sont autant de sources d'erreur potentielles.

Après la préparation initiale, il faut procéder à une évaluation afin de déterminer si la totalité du faisceau laser atteint la surface du détecteur. Pour ce faire, il est possible de placer des diaphragmes de différentes largeurs sur le trajet du faisceau devant chaque composant optique. Il convient que l'ouverture qui réduit le signal de sortie de 5 % ait un diamètre inférieur à 0,8 fois l'ouverture du composant optique.

### 6.3 Contrôle de l'environnement

Des mesures appropriées telles que l'isolation mécanique et acoustique du dispositif d'essai, la protection contre les rayonnements parasites, la stabilisation de la température ambiante, et le choix d'amplificateurs à faible bruit, doivent être prises afin de s'assurer que la contribution à l'erreur totale possible sur le paramètre devant être mesuré est faible.

Il convient de s'assurer que l'environnement atmosphérique propre aux trajets des faisceaux laser de puissance ne contient pas de gaz ou de vapeurs susceptibles d'absorber le rayonnement laser et de provoquer une distorsion thermique dans le faisceau soumis à l'évaluation.

## 6.4 Système de détection

La mesure de la fonction de distribution de la densité de puissance (énergie) dans une section droite nécessite l'utilisation d'un appareil mesureur de puissance (énergie) doté d'une résolution spatiale et d'un rapport signal/bruit élevés.

La précision de la mesure est directement liée à la résolution spatiale du système de détection et à son rapport signal/bruit. Ce dernier est important pour les faisceaux laser ayant des densités de puissance (énergie) faibles à grande distance de l'axe (par exemple pour les parties diffractées des faisceaux laser).

En pratique, le bruit dans les ailes de la fonction de distribution de la densité [soit  $E(x, y, z)$  ou  $H(x, y, z)$ ] peut immédiatement dominer l'intégrale du moment de deuxième ordre. Ainsi, il est généralement nécessaire de soustraire une carte du bruit de fond (la réponse du détecteur avec faisceau bloqué) de la carte du signal pour déterminer la fonction de distribution expérimentale.

**NOTE** Considérons par exemple le calcul du moment de deuxième ordre d'un faisceau gaussien de diamètre  $2w$ . La troncature de l'intégration à  $r/w = 1,9$  n'écrite que 0,5 % de la valeur du moment de deuxième ordre. En supposant un bruit d'amplitude crête-à-crête de 0,8 % pour simuler le profil expérimental réel, une troncature située dans ces limites est nécessaire pour être raisonnablement assuré d'une incertitude de  $\pm 5$  % dans le moment de deuxième ordre mesuré.

Il convient d'avoir plus de deux échantillons (théorème d'échantillonnage) des structures spatiales les plus petites à résoudre. Par conséquent, la résolution du détecteur nécessaire à la mesure est directement liée aux structures du faisceau devant être mesuré.

Les dispositions de la CEI 61040:1990, et plus particulièrement celles des articles 3 et 4, s'appliquent au système de détection du rayonnement. Il convient en outre de noter les points suivants.

- Il est nécessaire de confirmer, à partir des données de fabrication ou des mesures effectuées, que la grandeur de sortie du système de détection (par exemple la tension) dépend linéairement de la grandeur d'entrée (puissance laser). Toute dépendance en fonction de la longueur d'onde, toute non-linéarité ou non-uniformité du détecteur ou du dispositif électronique doit être rendue minimale ou corrigée au moyen d'un procédé d'étalonnage.
- Il faut vérifier les seuils de dommage de la surface du détecteur de sorte que le faisceau laser ne les dépasse pas.
- Lorsque l'on utilise un dispositif à défilement spatial pour déterminer la fonction de distribution de la densité de puissance, il faut s'assurer de la stabilité spatiale et temporelle de la sortie du laser pendant toute la durée du défilement.
- Lorsque l'on mesure des faisceaux laser impulsionsnels, la temporisation de déclenchement de l'échantillonnage ainsi que l'intervalle de temps de mesure jouent un rôle important car les paramètres du faisceau peuvent changer au cours de l'impulsion. Par conséquent, il est nécessaire de spécifier ces paramètres dans le rapport d'essai.

## 6.5 Optique de mise en forme du faisceau et atténuateurs optiques

Lorsque l'aire de la section droite du faisceau est plus grande que celle du détecteur, un système optique approprié doit être utilisé pour réduire la section du faisceau sur la surface du détecteur. Le changement de grossissement doit être pris en compte au cours de la procédure d'évaluation.

Les composants optiques doivent être choisis convenablement selon la longueur d'onde.

L'utilisation d'un atténuateur peut être nécessaire afin de réduire la densité de puissance du laser à la surface du détecteur.

Des atténuateurs optiques doivent être utilisés lorsque la puissance de sortie du laser ou la densité de puissance dépasse la plage (linéaire) de fonctionnement du détecteur ou le seuil de dommage. Toute dépendance en fonction de la longueur d'onde, la polarisation angulaire ou toute non-linéarité ou non-uniformité y compris les effets thermiques de l'atténuateur optique doit être rendue minimale ou corrigée par un procédé d'étalonnage.