

---

---

**Optique et instruments d'optique — Lasers  
et équipements associés aux lasers —  
Méthodes d'essai de distribution de la  
densité de puissance [d'énergie] du  
faisceau laser**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Optics and optical instruments — Lasers and laser-related equipment —  
Test methods for laser beam power [energy] density distribution*  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 13694:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-  
c68053db9538/iso-13694-2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000)



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

[ISO 13694:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000>

© ISO 2000

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax. + 41 22 734 10 79  
E-mail [copyright@iso.ch](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Imprimé en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	1
3.1 <b>Grandeurs mesurées</b> .....	2
3.2 <b>Paramètres de caractérisation</b> .....	3
3.3 <b>Ajustement de la distribution</b> .....	6
4 <b>Système de coordonnées</b> .....	7
5 <b>Paramètres de caractérisation dérivés de la distribution spatiale mesurée</b> .....	7
6 <b>Ajustement de la distribution</b> .....	8
6.1 <b>Généralités</b> .....	8
6.2 <b>Méthodes d'ajustement</b> .....	8
7 <b>Principe d'essai</b> .....	9
8 <b>Dispositif de mesurage et équipement d'essai</b> .....	10
8.1 <b>Généralités</b> .....	10
8.2 <b>Préparation</b> .....	10
8.3 <b>Contrôle de l'environnement</b> .....	10
8.4 <b>Système de détection</b> .....	10
8.5 <b>Instruments d'optique formant le faisceau, atténuateurs optiques et séparateurs de faisceaux</b> .....	11
9 <b>Modes opératoires d'essai</b> .....	11
9.1 <b>Préparation de l'équipement</b> .....	11
9.2 <b>Mode opératoire d'étalonnage du détecteur</b> .....	12
9.3 <b>Enregistrement des données et correction du bruit</b> .....	12
10 <b>Évaluation</b> .....	14
10.1 <b>Choix et optimisation des limites d'intégration</b> .....	14
10.2 <b>Contrôle et optimisation des corrections du bruit de fond</b> .....	14
11 <b>Rapport d'essai</b> .....	15

## 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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

La Norme internationale ISO 13694 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et instruments d'optique*, sous-comité SC 9, *Systèmes électro-optiques*.

ISO 13694:2000  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000>

## Introduction

De nombreuses applications de la technologie laser impliquent l'utilisation de la distribution de densité de puissance [d'énergie] du faisceau en champ proche ainsi qu'en champ lointain<sup>1)</sup>. La distribution de la densité de puissance [d'énergie] d'un faisceau laser se caractérise par la distribution spatiale d'une densité de puissance [d'énergie] de rayonnement, avec un déplacement latéral dans un plan particulier perpendiculaire à la direction de propagation. En général, la distribution de la densité de puissance [d'énergie] du faisceau change le long de l'axe de la propagation. Selon la puissance [l'énergie], la taille, la longueur d'onde, la polarisation et la cohérence du faisceau, il est possible d'appliquer différentes méthodes de mesurage en fonction de la situation. Les cinq méthodes les plus couramment utilisées sont : le réseau de récepteurs pour chambre photographique (1D et 2D), les ouvertures, les trous d'aiguille, les fentes et les lames mobiles.

La présente norme donne des définitions de la terminologie et des symboles devant être utilisés dans le cadre de la distribution de la densité de puissance, ainsi que les prescriptions relatives au mesurage de cette distribution. Pour les lasers impulsionnels, la distribution de la densité de puissance intégrée sur le temps (c'est-à-dire la densité d'énergie) représente la grandeur la plus souvent mesurée.

Selon l'ISO 11145, il est possible d'utiliser deux définitions pour définir et mesurer le diamètre du faisceau laser. L'une de ces définitions est fondée sur le mesurage de la puissance [l'énergie] transmise par une ouverture circulaire, l'autre est basée sur la détermination des moments spatiaux de la distribution de densité de puissance [d'énergie] du faisceau laser.

L'utilisation de moments spatiaux est nécessaire pour calculer le facteur de propagation du faisceau  $K$  et le facteur relatif à la diffraction  $M^2$  à partir des mesurages des largeurs des faisceaux à des distances différentes, le long de l'axe de propagation. L'ISO 11146 est la norme appropriée car elle décrit le mode opératoire de mesurage. Pour les autres applications, d'autres définitions peuvent être utilisées pour le diamètre du faisceau. Pour certaines des grandeurs utilisées dans la présente Norme internationale, la première définition (puissance [énergie] transmise par une ouverture circulaire) est plus adaptée et plus facile à utiliser.

---

1) Pour les besoins de la présente Norme internationale, le terme « champ proche » désigne le champ de rayonnement d'un laser à une distance  $z$  du col du faisceau, inférieur à la longueur de Rayleigh,  $z_R$ . Le terme « champ lointain » est défini dans l'ISO 11145.

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

ISO 13694:2000

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000>

# Optique et instruments d'optique — Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai de distribution de la densité de puissance [d'énergie] du faisceau laser

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des méthodes permettant de procéder au mesurage de la distribution de densité de puissance [d'énergie] et définit les paramètres de caractérisation des propriétés spatiales des fonctions de distribution de densité de puissance [d'énergie] laser dans un plan donné.

Les méthodes d'essai données dans la présente Norme internationale sont destinées à être utilisées dans le cadre des essais et de la caractérisation des faisceaux laser continus et impulsions.

## 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui par suite de la référence qui en 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 aux 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 à un moment donné.

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

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*.

ISO 11554:1998, *Optique et instruments d'optique — Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai de la puissance et l'énergie des faisceaux lasers et de leurs caractéristiques temporelles*.

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 61040, ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Grandeurs mesurées

3.1.1 densité de puissance

E(x,y,z)
partie de la puissance d'un faisceau, à la cote z, en contact avec la surface δA au point (x,y), divisée par la surface δA

3.1.2 densité d'énergie

H(x,y,z)
(pour les faisceaux laser impulsionnels) partie de l'énergie du faisceau (puissance intégrée sur le temps), à la cote z, en contact avec la surface δA au point (x,y), divisée par la surface δA

H(x,y,z) = ∫ E(x,y,z)dt

3.1.3 puissance

P(z)
puissance d'un faisceau d'onde continu (cw) à la cote z

P(z) = ∫∫ E(x,y,z)dx dy

3.1.4 énergie pulsée

Q(z)
énergie contenue dans un faisceau impulsif à la cote z

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Q(z) = ∫∫ H(x,y,z)dx dy
ISO 13694:2000
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000

3.1.5 densité de puissance [d'énergie] maximale

E\_max(z) [H\_max(z)]
valeur maximale de la fonction E(x,y,z) [H(x,y,z)] de distribution de la densité de puissance [d'énergie] spatiale à la cote z

3.1.6 emplacement du maximum

(x\_max, y\_max, z)
emplacement de E\_max(z) ou H\_max(z) dans le plan xy à la cote z

NOTE Une valeur unique peut ne pas être définie pour (x\_max, y\_max, z) lorsque le mesurage est réalisé au moyen de détecteurs dotés d'une résolution spatiale élevée et d'une plage dynamique relativement réduite.

3.1.7 densité de puissance [d'énergie] seuil

E\_ηT(z) [H\_ηT(z)]
fraction η de la densité de puissance [d'énergie] maximale à la cote z

E\_ηT(z) = ηE\_max(z) pour les faisceaux continus;

H\_ηT(z) = ηH\_max(z) pour les faisceaux impulsif;

0 ≤ η < 1

NOTE Généralement, la valeur choisie pour  $\eta$  est telle que  $E_{\eta T}$  ou  $H_{\eta T}$  est juste supérieure aux crêtes de bruits de fond du détecteur au moment du mesurage. Les méthodes de soustraction du bruit de fond utilisées pour déterminer les niveaux zéros du détecteur sont décrites en 9.3. Les circonstances telles que l'application considérée, le type de distribution, la sensibilité du détecteur, la linéarité, la saturation, la ligne de base, le niveau du décalage, etc., peuvent également jouer dans le choix de la valeur de  $\eta$ .

## 3.2 Paramètres de caractérisation

### 3.2.1

#### puissance [énergie] effective

$P_{\eta}(z)$ ,  $[Q_{\eta}(z)]$

valeurs  $P(z)$   $[Q(z)]$  évaluées en additionnant uniquement les points  $(x,y)$  pour lesquels  $E(x,y) > E_{\eta T}$   $[H(x,y) > H_{\eta T}]$  respectivement

### 3.2.2

#### puissance [énergie] fractionnelle

$f_{\eta}(z)$

rapport entre la puissance [l'énergie] effective pour une valeur  $\eta$  donnée et la puissance [l'énergie] totale de la distribution à la cote  $z$

$$f_{\eta}(z) = \frac{P_{\eta}(z)}{P(z)} \quad \text{pour les faisceaux continus;}$$

$$f_{\eta}(z) = \frac{Q_{\eta}(z)}{Q(z)} \quad \text{pour les faisceaux impulsifs;}$$

$$0 \leq f_{\eta}(z) \leq 1$$

ITC STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

### 3.2.3

#### centre de gravité position centroïde

$(\bar{x}, \bar{y})$

premiers moments linéaires à la cote  $z$

ISO 13694:2000

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000>

NOTE Pour une définition détaillée, voir l'ISO 11145.

### 3.2.4

#### largeurs de faisceau

$d_{\sigma x}(z)$ ,  $d_{\sigma y}(z)$

largeurs  $d_{\sigma x}(z)$  et  $d_{\sigma y}(z)$  du faisceau dans les directions  $x$  et  $y$ , à la cote  $z$ , dont la valeur correspond à quatre fois la racine carrée des moments linéaires de deuxième ordre de la distribution de la densité de puissance [d'énergie] autour du centre de gravité

NOTE 1 Pour une définition détaillée, se reporter à l'ISO 11145 et l'ISO 11146.

NOTE 2 Les dispositions de l'ISO 11146 s'appliquent aux définitions et au mesurage

- des largeurs de faisceau dérivées du moment de deuxième ordre,  $d_{\sigma x}$  et  $d_{\sigma y}$ ;
- des largeurs de faisceau  $d_{x,u}$  et  $d_{y,u}$  en termes des plus petites largeurs de fente centrées qui transmettent  $u$  % de la densité de puissance [d'énergie] totale (généralement,  $u = 86,5$ );
- des mesurages des largeurs de faisceau par fentes étroites de balayage  $d_{x,s}$  et  $d_{y,s}$  en termes de séparation entre les positions où la densité de puissance transmise est réduite à  $0,135E_P$ ;
- des mesurages des largeurs de faisceau  $d_{x,k}$  et  $d_{y,k}$  en termes de séparation entre les positions de diaphragme  $0,84P$  et  $0,16P$  d'une lame mobile;
- des facteurs de corrélation qui rassemblent ces différentes définitions et méthodes de mesurage des largeurs de faisceau.

**3.2.5**

**ellipticité [excentricité] du faisceau**

$\xi(z)$  [ $e(z)$ ]

paramètre permettant de quantifier la circularité ou la rectangularité (rapport d'aspect) d'une distribution à la cote  $z$

ellipticité du faisceau  $\xi(z) = \frac{d_{\sigma_y}}{d_{\sigma_x}}$ ;

excentricité du faisceau  $e(z) = \frac{\sqrt{d_{\sigma_x}^2 - d_{\sigma_y}^2}}{d_{\sigma_x}}$

où l'axe  $x$  est situé le long de l'axe principal de la distribution pour que  $d_{\sigma_x} \geq d_{\sigma_y}$

NOTE Si  $e \leq 0,5$  ou  $\xi \geq 0,87$ , les distributions symétriques par rotation peuvent être considérées comme étant de type autant circulaire ou rectangulaire que carré.

**3.2.6**

**surface de la section du faisceau**

$A_{\sigma}(z)$

$A_{\sigma} = \pi d_{\sigma}^2 / 4$  pour les faisceaux de section circulaire

$A_{\sigma} = \pi / 4 d_{\sigma_x} d_{\sigma_y}$  pour les faisceaux de section elliptique

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

**3.2.7**

**surface de rayonnement effective**

$A_{\eta}^i(z)$

surface du rayonnement à la cote  $z$  pour laquelle la densité de puissance [d'énergie] dépasse le seuil de la densité de puissance [d'énergie]

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/69326578-0f9e-418e-b39d-c68053db9538/iso-13694-2000>

NOTE 1 Pour permettre tous les types de distribution, par exemple, en "donut", la surface de rayonnement effective n'est pas définie en termes de largeurs de faisceau  $d_{\sigma_x}$  ou  $d_{\sigma_y}$ .

NOTE 2 Voir densité de puissance [d'énergie] seuil (3.1.7).

**3.2.8**

**densité de puissance [d'énergie] effective moyenne**

$E_{\eta}(z)$ , [ $H_{\eta}(z)$ ]

moyenne spatiale de la densité de puissance [d'énergie] de la distribution à la cote  $z$ , définie par la moyenne pondérée

$E_{\eta}(z) = \frac{P_{\eta}}{A_{\eta}^i}$  pour les faisceaux continus;

$H_{\eta}(z) = \frac{Q_{\eta}}{A_{\eta}^i}$  pour les faisceaux impulsionsnels

NOTE  $E_{\eta}(z)$  et  $E_{\eta T}(z)$  (voir 3.1.7) se réfèrent à différents paramètres.

**3.2.9**

**facteur de planéité**

$F_{\eta}(z)$

rapport entre la densité de puissance [d'énergie] moyenne et la densité de puissance [d'énergie] maximale de la distribution à la cote  $z$

$$F_{\eta}(z) = \frac{E_{\eta}}{E_{\max}} \quad \text{pour les faisceaux continus;}$$

$$F_{\eta}(z) = \frac{H_{\eta}}{H_{\max}} \quad \text{pour les faisceaux impulsionnels}$$

$$0 < F_{\eta} \leq 1$$

NOTE Pour une distribution de la densité de puissance [d'énergie] ayant un sommet plat parfait,  $F_{\eta} = 1$ .

### 3.2.10 uniformité du faisceau

$U_{\eta}(z)$

écart moyen quadratique normalisé de la densité de puissance [d'énergie] par rapport à sa valeur moyenne à la cote  $z$

$$U_{\eta} = \frac{1}{E_{\eta}} \sqrt{\frac{1}{A_{\eta}^i} \iint [E(x,y) - E_{\eta}]^2 dx dy} \quad \text{pour les faisceaux continus}$$

$$U_{\eta} = \frac{1}{H_{\eta}} \sqrt{\frac{1}{A_{\eta}^i} \iint [H(x,y) - H_{\eta}]^2 dx dy} \quad \text{pour les faisceaux impulsionnels}$$

NOTE 1  $U_{\eta} = 0$  indique une distribution complètement uniforme ayant un profil à sommet plat et arêtes verticales.  $U_{\eta}$  est exprimé sous forme de fraction ou de pourcentage.

NOTE 2 En utilisant l'intégration sur une surface de faisceau comprise dans les limites seuils fixées, cette définition permet de quantifier les empreintes de forme arbitraire en termes d'uniformité. Des mesurages de l'uniformité peuvent par conséquent être réalisés pour différentes fractions de la puissance [l'énergie] totale du faisceau, sans définir de manière spécifique une fenêtre délimitant l'ouverture ou sans se référer à la forme ou à la taille de la distribution. Ainsi, en utilisant les calculs réalisés en 3.2.2 et 3.2.10, il a été possible d'affirmer par exemple: «En utilisant un paramètre  $\eta = 0,3$ , on constate que 85 % de la puissance [l'énergie] du faisceau a une uniformité égale à  $\pm 4,5$  % de l'écart moyen quadratique par rapport à sa valeur moyenne à la cote  $z$ », sans se référer à la forme, à la taille de la distribution, etc.

### 3.2.11 uniformité présentant un plateau

$U_P(z)$

(pour les distributions ayant un profil à sommet pratiquement plat)

$$U_P(z) = \frac{\Delta E_{FWHM}}{E_{\max}} \quad \text{pour les faisceaux continus}$$

$$U_P(z) = \frac{\Delta H_{FWHM}}{H_{\max}} \quad \text{pour les faisceaux impulsionnels}$$

où  $\Delta E_{FWHM}$  [ $\Delta H_{FWHM}$ ] sont les largeurs totales à mi-hauteur (FWHM) de la crête, proches de  $E_{\max}$  [ $H_{\max}$ ] de l'histogramme de densité de puissance [d'énergie]  $N(E_i)$  [ $N(H_i)$ ], à savoir le nombre de points  $(x,y)$  auxquels une densité de puissance [d'énergie]  $E_i$  [ $H_i$ ] donnée est enregistrée

NOTE  $0 < U_P(z) < 1$ ;  $U_P(z) \rightarrow 0$  lorsque les distributions tendent à avoir un sommet de plus en plus plat.