
**Optique et photonique — Lasers et
équipements associés aux lasers —
Méthodes d'essai de distribution de
la densité de puissance (d'énergie) du
faisceau laser**

*Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment — Test
methods for laser beam power (energy) density distribution*
(standards.iteh.ai)

[ISO 13694:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fla74ae1-c7e6-495c-bc6b-de3ee25fb4ab/iso-13694-2015)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fla74ae1-c7e6-495c-bc6b-
de3ee25fb4ab/iso-13694-2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fla74ae1-c7e6-495c-bc6b-de3ee25fb4ab/iso-13694-2015)



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 13694:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fla74ae1-c7e6-495c-bc6b-de3ee25fb4ab/iso-13694-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
3.1 Grandeurs mesurées.....	1
3.2 Paramètres de caractérisation.....	3
4 Système de coordonnées	7
5 Paramètres de caractérisation dérivés de la distribution spatiale mesurée	7
6 Principe d'essai	7
7 Dispositif de mesurage et équipement d'essai	7
7.1 Généralités.....	7
7.2 Préparation.....	8
7.3 Contrôle de l'environnement.....	8
7.4 Système de détection.....	8
7.5 Instruments d'optique formant le faisceau, atténuateurs optiques et séparateurs de faisceaux.....	9
8 Mode opératoire d'essai	9
8.1 Préparation de l'équipement.....	9
8.2 Mode opératoire d'étalonnage du détecteur.....	10
8.2.1 Étalonnage spatial.....	10
8.2.2 Étalonnage de la puissance [de l'énergie].....	10
8.3 Enregistrement des données et correction du bruit.....	10
8.3.1 Généralités.....	10
8.3.2 Correction par soustraction de la carte du bruit de fond.....	11
8.3.3 Correction par soustraction du bruit de fond moyen.....	11
9 Évaluation	12
9.1 Choix et optimisation des limites d'intégration.....	12
9.2 Contrôle et optimisation des corrections du bruit de fond.....	12
10 Rapport d'essai	12
Annexe A (informative) Rapport d'essai	13

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/11a/74ae1-c7e6-495c-bc6b-de3ee25fb4ab/iso-13694-2015).

Le comité technique responsable de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 9, *Systèmes électro-optiques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 13694:2000), qui a été techniquement révisée avec les modifications suivantes:

- a) la définition de la distribution de la densité de puissance $E(x, y, z)$ a été révisée, une définition de la densité de puissance sur un axe $E(x_0, y_0, z)$ a été ajoutée;
- b) la définition de la distribution de la densité d'énergie $H(x, y, z)$ sur un axe, a été révisée, une définition de la densité d'énergie sur un axe $H(x_0, y_0, z)$ a été ajoutée;
- c) Le terme « densité de puissance [d'énergie] seuil » a été remplacé par « densité de puissance [d'énergie] d'écrêtage ». L'indice « T » représentant « seuil » a été remplacé en conséquence par « CL »;
- d) Le terme « puissance [énergie] effective » a été remplacé par « densité de puissance [d'énergie] d'écrêtage »;
- e) En 3.2.5, la formule pour l'ellipticité du faisceau a été révisée;
- f) Le terme « surface de rayonnement effective » a été remplacé par « surface de rayonnement d'écrêtage »;
- g) La notation $E_{\eta}(z)$ [$H_{\eta}(z)$] indiquant la densité de puissance [d'énergie] d'écrêtage moyenne a été remplacée $E_{\eta\text{ave}}(z)$, [$H_{\eta\text{ave}}(z)$];
- h) La [Figure 1](#) a été révisée en tenant compte des points a) et g) de cette liste.

Elle intègre également le Rectificatif technique ISO 13694:2000/Cor 1:2005.

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. 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 mesure 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 Norme internationale 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 spécifications relatives au mesurage de cette distribution. Pour les lasers impulsionsnels, 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 rapport de propagation du faisceau 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.

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) attire l'attention sur le fait qu'une déclaration de conformité au présent document peut impliquer l'utilisation de brevets d'invention pour ce qui concerne l'inclusion de valeurs de bruit négatives dans l'évaluation du bruit de fond des images de caméras CCD décrite en [8.3.2](#).

L'ISO ne prend aucune position quant aux preuves, à la validité et à l'objet de ces droits de propriété intellectuelle.

Le détenteur des droits (U.S. No. 5,418,562 et 5,440,562, et PCT WO 94/27401) a assuré l'ISO de sa volonté de négocier des licences dans des conditions raisonnables et non discriminatoires avec les déposants éventuels du monde entier. La déclaration du détenteur des droits de propriété intellectuelle à cet égard est enregistrée à l'ISO. Des informations peuvent être obtenues auprès de:

Spiricon Inc.

Laser Beam Diagnostics

2600 North Main

Logan, UT 84341

États-Unis d'Amérique

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 13694:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fla74ae1-c7e6-495c-bc6b-de3ee25fb4ab/iso-13694-2015>

Optique et photonique — 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 (cw) et de la caractérisation des faisceaux laser continus et impulsionnels.

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables à son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 11145, *Optique et photonique — Lasers et équipements associés aux lasers — Vocabulaire et symboles*

ISO 11146 (toutes les parties), *Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai des largeurs du faisceau, angles de divergence et facteurs de limite de diffraction*

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

IEC 61040, *Détecteurs, instruments et matériels de mesurage de puissance et d'énergie des rayonnements laser*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11145 et la IEC 61040, ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1 Grandeurs mesurées

3.1.1

densité de puissance

$E(x, y, z)$

ensemble de toutes les densités de puissance à la cote z d'un faisceau d'onde continu donné ayant des valeurs non négatives pour toutes les coordonnées transversales (x, y)

3.1.1.1

densité de puissance sur un axe

$E(x_0, y_0, z)$

partie de la puissance d'un faisceau, à la cote z , en contact avec la surface δA au point (x_0, y_0) , divisée par la surface δA ($\delta A \rightarrow 0$)

3.1.2
densité d'énergie

$H(x, y, z)$

ensemble de toutes les densités de puissance à la cote z d'un faisceau pulsé donné ayant des valeurs positives pour toutes les coordonnées transversales (x, y)

$$H(x, y, z) = \int E(x, y, z) dt$$

3.1.2.1
densité d'énergie sur un axe

$H(x_0, y_0, z)$

⟨ pour les faisceaux laser impulsionnels ⟩ partie de l'énergie du faisceau, à la cote z , en contact avec la surface δA au point (x_0, y_0) , divisée par la surface δA ($\delta A \rightarrow 0$)

$$H(x_0, y_0, z) = \int E(x_0, y_0, z) dt$$

3.1.3
puissance

$P(z)$

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

$$P(z) = \iint E(x, y, z) dx dy$$

ITeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.1.4
énergie pulsée

$Q(z)$

énergie contenue dans un faisceau impulsionnel à la cote z

[ISO 13694:2015](#)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fla74ae1-c7e6-495c-bc6b-de3ee25fb4ab/iso-13694-2015](#)

$$Q(z) = \iint H(x, y, z) dx dy$$

3.1.5
densité de puissance [d'énergie] maximale

$E_{\max}(z)$ [$H_{\max}(z)$]

valeur maximale de la fonction de distribution de la densité de puissance [d'énergie] spatiale $E(x, y, z)$ [$H(x, y, z)$] 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 1 à l'article: 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] d'écrêtage

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

fraction η de la densité de puissance [d'énergie] maximale (3.1.5) à la cote z

$$E_{\eta CL}(z) = \eta E_{\max}(z)$$

$$H_{\eta CL}(z) = \eta H_{\max}(z)$$

$$0 \leq \eta < 1$$

Note 1 à l'article: Les notations $E_{\eta T}$ ou $H_{\eta T}$ et les noms de densité de puissance [d'énergie] seuil respectivement, peuvent être utilisés à la place de $E_{\eta CL}$ ou $H_{\eta CL}$ ainsi que les noms de densité de puissance [d'énergie] d'écrêtage, respectivement, lorsque $E_{\eta CL}$ ou $H_{\eta CL}$ est juste supérieure aux crêtes de bruits de fond du détecteur au moment des mesurages. Les méthodes de soustraction du bruit de fond utilisées pour déterminer les niveaux zéros du détecteur sont décrites au 8.3. 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 η .

Note 2 à l'article: Lorsque aucune confusion n'est possible, la dépendance explicite sur z est fournie dans la description de texte en utilisant certaines quantités, et ni dans les définitions ni dans les équations portant sur les quantités.

3.2 Paramètres de caractérisation

3.2.1

puissance [d'énergie] d'écrêtage

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

$P(z) [Q(z)]$ évalué en additionnant seulement selon (x, y) pour lesquels $E(x, y, z) > E_{\eta CL}(z)$
 $[H(x, y, z) > H_{\eta CL}(z)]$

3.2.2

puissance [énergie] fractionnelle

$$f_{\eta}(z)$$

rapport entre la puissance [l'énergie] d'écrêtage (3.2.1) pour une valeur η donnée et la puissance [l'énergie] totale de la distribution à la cote z

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

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

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

3.2.3

centre de gravité

position du centroïde

$$[\bar{x}(z), \bar{y}(z)]$$

moments linéaires de premier ordre à la cote z

Note 1 à l'article: Pour une définition détaillée, voir l'ISO 11145 et l'ISO 11146.

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 à l'article: Pour une définition détaillée, se reporter à l'ISO 11145 et l'ISO 11146.

Note 2 à l'article: Les dispositions de l'ISO 11146 s'appliquent aux définitions et aux mesurages:

- a) des largeurs de faisceau dérivées du moment de deuxième ordre $d_{\sigma x}$ et $d_{\sigma y}$;

- b) 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, $u = 86,5$);
- c) 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 (3.1.1.1) est réduite à $0,135 E_p$;
- d) des mesurages des largeurs de faisceau $d_{x,k}$ et $d_{y,k}$ en termes de séparation entre les positions de diaphragme $0,84 P$ et $0,16 P$ d'une lame mobile, où P est la puissance non obstruée, maximale, enregistrée par le détecteur à surface large derrière le plan de lame;
- e) des facteurs de corrélation qui rassemblent ces différentes définitions et méthodes de mesure des largeurs de faisceau.

3.2.5 ellipticité du faisceau

$\varepsilon(z)$
paramètre permettant de quantifier la circularité ou la rectangularité d'une distribution de densité de puissance [d'énergie] à la cote z

$$\varepsilon(z) = \frac{d_{\sigma y}(z)}{d_{\sigma x}(z)}$$

Note 1 à l'article: La direction x est choisie le long de l'axe majeur de la distribution soit $d_{\sigma x} \geq d_{\sigma y}$.

Note 2 à l'article: Si $\varepsilon \geq 0,87$, les distributions elliptiques peuvent être considérées comme étant de type circulaire. Dans le cas d'un faisceau rectangulaire, l'ellipticité est souvent désignée sous le nom de rapport.

Note 3 à l'article: Techniquement identique au ISO 11145 et ISO 11146-1.



3.2.6 surface de la section du faisceau

$A_\sigma(z)$
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fla74ae1-c7e6-495c-bc6b-d13ae25fbd1b/iso-13694-2015>

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

$A_\sigma = (\pi / 4) d_{\sigma x} d_{\sigma y}$ pour les faisceaux de section elliptique

3.2.7 surface de rayonnement d'écrêtage

$A_\eta^i(z)$
surface du rayonnement à la cote z pour laquelle la densité de puissance [d'énergie] dépasse le niveau d'écrêtage de la densité de puissance [d'énergie] (3.1.7)

Note 1 à l'article: Pour permettre tous les types de distribution, par exemple, en « donut », la surface de rayonnement d'écrêtage n'est pas définie en termes de largeurs de faisceau (3.2.4) $d_{\sigma x}$ ou $d_{\sigma y}$.

Note 2 à l'article: Voir densité de puissance [d'énergie] d'écrêtage (3.1.7).

3.2.8 densité de puissance [d'énergie] d'écrêtage moyenne

$E_{\eta\text{ave}}(z), [H_{\eta\text{ave}}(z)]$
moyenne spatiale de la densité de puissance [d'énergie] de la distribution à la cote z , définie par la moyenne pondérée:

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

$$H_{\eta\text{ave}}(z) = \frac{Q_{\eta}(z)}{A_{\eta}^i(z)} \quad \text{pour les faisceaux impulsionnels;}$$

Note 1 à l'article: $E_{\eta}(z)$ et $E_{\eta\text{CL}}(z)$ (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] d'écrêtage moyenne et la densité de puissance [d'énergie] maximale de la distribution à la cote z

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

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

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

Note 1 à l'article: 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 distribution de la densité de puissance [d'énergie] par rapport à sa valeur moyenne d'écrêtage à la cote z

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

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

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

Note 2 à l'article: En utilisant l'intégration sur une surface de faisceau comprise dans les limites d'écrêtage 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 équations réalisés en 3.2.2 et 3.2.10, il a été possible d'affirmer par exemple: «En utilisant un paramètre $\eta = 0,3$, 85 %, 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 >

$$U_p(z) = \frac{\Delta E_{\text{FWHM}}}{E_{\text{max}}} \quad \text{pour les faisceaux d'onde continus;}$$

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