
**Lasers et équipements associés aux
lasers — Méthodes d'essai des largeurs
du faisceau, angles de divergence et
facteurs de limite de diffraction —**

Partie 2:

Faisceaux astigmatiques généraux

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Lasers and laser-related equipment — Test methods for laser beam
widths, divergence angles and beam propagation ratios —*

Part 2: General astigmatic beams

ISO 11146-2:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>



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 11146-2:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>

© ISO 2005

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 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Système de coordonnées	5
5 Principes d'essai	5
5.1 Généralités	5
5.2 Moments spatiaux de second ordre de la distribution de Wigner	5
5.3 Moments de second ordre de la distribution de Wigner	5
5.4 Grandeurs dérivées	6
6 Disposition de mesurage et équipement d'essai	6
6.1 Généralités	6
6.2 Préparation	6
6.3 Contrôle de l'environnement	6
6.4 Système de détection	6
6.5 Optique de formation du faisceau et atténuateurs optiques	7
7 Mesurage des moments de second ordre	7
7.1 Généralités	7
7.2 Mesurage des moments de second ordre des distributions de densité de puissance	8
7.3 Mesurage de tous les moments de second ordre de la distribution de Wigner	9
8 Détermination du facteur de limite de diffraction effectif	12
9 Détermination de l'astigmatisme intrinsèque	12
10 Détermination du paramètre de torsion	12
11 Rapport d'essai	12
Bibliographie	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 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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 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.

L'ISO 11146-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 9, *Systèmes électro-optiques*.

L'ISO 11146 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai des largeurs du faisceau, angles de divergence et facteurs de limite de diffraction*:

- *Partie 1: Faisceaux stigmatiques et astigmatiques simples*
- *Partie 2: Faisceaux astigmatiques généraux*
- *Partie 3: Classification intrinsèque et géométrie du faisceau laser, propagation et détails des méthodes d'essai (Rapport technique)*

Introduction

Les propriétés de limite de diffraction peuvent être caractérisées par dix paramètres indépendants en appliquant la méthode de moment de second ordre (l'ISO/TR 11146-3). La plupart des faisceaux lasers nécessite peu de paramètres pour une description complète du fait de leur plus haute symétrie. Les lasers émettent des faisceaux qui sont stigmatiques ou astigmatiques simple, par la conception même de leur résonateur.

La partie 1 de l'ISO 11146 décrit les méthodes de mesure pour les faisceaux stigmatiques ou astigmatiques simples, tandis que la présente partie de l'ISO 11146 traite des procédures de mesure pour les faisceaux astigmatiques en général. La présente partie de l'ISO 11146 s'applique aux faisceaux de type inconnu. La caractérisation du faisceau, basée sur la méthode des moments de second ordre décrite dans la partie 1 et dans la présente partie de l'ISO 11146, n'est valide que dans l'approximation paraxiale.

La description théorique de la caractérisation et de la limite de diffraction aussi bien que la classification des faisceaux lasers sont données dans l'ISO/TR 11146-3, qui est un Rapport technique informatif. Les procédures de soustraction du bruit de fond et de correction de décalage sont aussi données dans l'ISO/TR 11146-3.

Dans la présente partie de l'ISO 11146, les moments de second ordre de la fonction de distribution de densité de puissance (énergie) sont utilisés pour déterminer les largeurs du faisceau. Des problèmes résultent du mesurage direct de cette propriété, d'autres méthodes indirectes de mesure de moment de second ordre peuvent être utilisées tant que des résultats comparables peuvent être obtenus.

Dans l'ISO/TR 11146-3, trois autres méthodes de mesure de largeur du faisceau ainsi que leur corrélation avec la méthode utilisée dans la présente partie de l'ISO 11146 sont décrites. Ces méthodes sont:

- la méthode de l'ouverture variable; <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a688a327a9ef/iso-11146-2-2005>
- la méthode de la lame mobile;
- la méthode de la fente mobile.

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

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que l'application de ce document implique l'utilisation d'un brevet relatif à la détermination des caractéristiques du faisceau par mesure le long de la caustique du faisceau transformé produit par une lentille telle que décrite en 5.3 et en 5.4.

L'ISO ne prend pas position sur la preuve, la validité et le domaine d'application de ce brevet.

Le détenteur des droits de ce brevet a assuré l'ISO qu'il était disposé à accorder des licences gratuites pour son brevet (U.S. No. 5,267,012) aux utilisateurs à travers le monde. À cet égard, les déclarations du détenteur du brevet sont enregistrées à l'ISO. L'information peut être obtenue de

Coherent Inc.
5100 Patrick Henry Drive
Santa Clara, CA 95056-0980
USA

L'attention est attirée sur la possibilité que quelques éléments de ce document peuvent être protégés par des brevets autres que celui mentionné ci-dessus. L'ISO n'est pas chargée d'identifier ces autres brevets.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11146-2:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>

Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai des largeurs du faisceau, angles de divergence et facteurs de limite de diffraction —

Partie 2: Faisceaux astigmatiques généraux

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11146 spécifie les méthodes pour le mesurage des largeurs (diamètres) du faisceau, angles de divergence et facteurs de limite de diffraction. La présente partie de l'ISO 11146 s'applique aux faisceaux astigmatiques généraux ou si le type de faisceau est inconnu. Pour les faisceaux stigmatiques et astigmatiques simples, l'ISO 11146-1 s'applique.

Au sein de la présente partie de l'ISO 11146, la description des faisceaux laser est réalisée au moyen des moments de second ordre de la distribution de Wigner, plutôt que par des grandeurs physiques telles que les largeurs de faisceau et les angles de divergence. Toutefois, ces grandeurs physiques sont étroitement liées aux moments de second ordre de la distribution de Wigner. Dans l'ISO/TR 11146-3, des formules sont données pour calculer toutes les grandeurs physiques concernées à partir des moments de second ordre mesurés.

[ISO 11146-2:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. 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 instruments d'optique — Lasers et équipements associés aux lasers — Vocabulaire et symboles*

ISO 11146-1:2005, *Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai des largeurs du faisceau, angles de divergence et facteurs de limite de diffraction — Partie 1: Faisceaux stigmatiques et astigmatiques simples*

CEI 61040:1990, *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, l'ISO 11146-1 et la CEI 61040 ainsi que les suivants s'appliquent.

NOTE Les axes x , y et z dans les définitions suivantes se réfèrent au système du laboratoire (tel que décrit dans l'Article 4). Dans toute la suite du document, le terme «distribution de densité de puissance» se réfère à des sources d'ondes continues. Il peut être remplacé par «distribution de densité d'énergie» dans le cas de sources impulsionnelles.

3.1
diamètre de faisceau généralisé

d_g
mesure de l'extension de la distribution de densité de puissance d'un faisceau dans une section, à une position axiale z , dérivée des moments de second ordre centrés par la relation

$$d_g = 2\sqrt{2}\sqrt{\langle x^2 \rangle + \langle y^2 \rangle} \tag{1}$$

NOTE Cette définition est similaire à celle du diamètre de faisceau définie dans l'ISO 11145 ou dans l'ISO 11146-1. Mais dans ce contexte, la définition n'est pas restreinte aux distributions de densité de puissance circulaires.

3.2
position généralisée du col du faisceau

$z_{0,g}$
position à laquelle le diamètre de faisceau généralisé atteint sa valeur minimale le long de l'axe de propagation

3.3
longueur de Rayleigh généralisée

$z_{R,g}$
distance, mesurée le long de l'axe du faisceau, depuis le col du faisceau généralisé jusqu'où le diamètre de faisceau généralisé est $\sqrt{2}$ fois plus grand que le diamètre du col du faisceau généralisé

3.4
distribution de Wigner

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

distribution spatiale de phase représentant un faisceau laser dans un plan transversal à la position z

NOTE La distribution de Wigner est une fonction de deux coordonnées spatiales et de deux coordonnées angulaires, donnant la quantité de puissance du faisceau se propageant par le point (x,y) dans la direction (θ_x, θ_y) .

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005)

3.5
moments de premier ordre spatial de la distribution de Wigner

$\langle x \rangle, \langle y \rangle$
sous-ensemble des moments de premier ordre, qui peuvent être directement obtenus à partir de la distribution de densité de puissance mesurée par

$$\langle x \rangle(z) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x,y,z)x \, dx \, dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x,y,z) \, dx \, dy} \tag{2}$$

et

$$\langle y \rangle(z) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x,y,z)y \, dx \, dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x,y,z) \, dx \, dy} \tag{3}$$

où $E(x,y,z)$ est la distribution de densité de puissance au plan spécifique $z = \text{constante}$.

3.6

moments de second ordre de la distribution de Wigner

$$\langle x^2 \rangle, \langle y^2 \rangle, \langle xy \rangle, \langle \theta_x^2 \rangle, \langle \theta_y^2 \rangle, \langle \theta_x \theta_y \rangle, \langle x \theta_x \rangle, \langle x \theta_y \rangle, \langle y \theta_x \rangle, \langle y \theta_y \rangle$$

les dix moments de second ordre de la distribution de Wigner du faisceau à la position z

NOTE 1 Les dix moments de second ordre contiennent des informations sur les propriétés physiques du faisceau suivantes: taille et orientation du faisceau, angles de divergences et leur orientation, rayons de courbure de la paraboloïde de phase et leur orientation et le paramètre de torsion. Des détails sur ces relations sont donnés dans l'ISO/TR 11146-3.

NOTE 2 Dans l'ISO 11146-1, les trois moments spatiaux de second ordre sont définis comme étant σ_x^2 , σ_y^2 et σ_{xy}^2 . Dans la présente partie de l'ISO 11146 et dans l'ISO/TR 11146-3, les crochets angulaires sont utilisés pour accentuer les coordonnées des moments. Cela signifie que $\sigma_x^2 = \langle x^2 \rangle$, $\sigma_y^2 = \langle y^2 \rangle$ et $\sigma_{xy}^2 = \langle xy \rangle$.

NOTE 3 Les trois moments angulaires $\langle \theta_x^2 \rangle$, $\langle \theta_y^2 \rangle$, $\langle \theta_x \theta_y \rangle$ sont indépendants de z . Les sept autres moments de second ordre sont, en général, des fonctions de z .

3.7

moments spatiaux de second ordre de la distribution de Wigner

$$\langle x^2 \rangle, \langle y^2 \rangle, \langle xy \rangle$$

sous-ensemble des moments de second ordre, qui peuvent être directement obtenus à partir de la distribution de densité de puissance mesurée par

$$\langle x^2 \rangle(z) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x, y, z) (x - \langle x \rangle)^2 dx dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x, y, z) dx dy} \quad (4)$$

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 11146-2:2005
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>

$$\langle y^2 \rangle(z) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x, y, z) (y - \langle y \rangle)^2 dx dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x, y, z) dx dy} \quad (5)$$

et

$$\langle xy \rangle(z) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x, y, z) (x - \langle x \rangle)(y - \langle y \rangle) dx dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E(x, y, z) dx dy} \quad (6)$$

3.8
matrice de faisceau

P
matrice 4x4 symétrique et définie positive contenant les dix moments de second ordre de la distribution de Wigner et ses éléments, donnée par

$$P = \begin{bmatrix} \langle x^2 \rangle & \langle xy \rangle & \langle x\theta_x \rangle & \langle x\theta_y \rangle \\ \langle xy \rangle & \langle y^2 \rangle & \langle y\theta_x \rangle & \langle y\theta_y \rangle \\ \langle x\theta_x \rangle & \langle y\theta_x \rangle & \langle \theta_x^2 \rangle & \langle \theta_x\theta_y \rangle \\ \langle x\theta_y \rangle & \langle y\theta_y \rangle & \langle \theta_x\theta_y \rangle & \langle \theta_y^2 \rangle \end{bmatrix} \quad (7)$$

3.9
facteur de limite de diffraction effectif

M_{eff}^2
grandeur invariante liée à la focalisation d'un faisceau astigmatique général, définie par

$$M_{\text{eff}}^2 = \frac{4\pi}{\lambda} [\det(P)]^{\frac{1}{4}} \quad (8)$$

où $\det(P)$ est le déterminant de la matrice **P**.

NOTE 1 Le facteur de limite de diffraction effectif, M_{eff}^2 , est un invariant lié à l'étendue totale du faisceau ou à la position de champ proche ou de champ lointain du faisceau.

NOTE 2 Pour un faisceau astigmatique simple, le facteur de limite de diffraction effectif est la moyenne géométrique des facteurs de limite de diffraction effectifs des axes principaux du faisceau, $M_{\text{eff}}^2 = \sqrt{M_x^2 \times M_y^2}$. Pour les faisceaux stigmatiques $M_{\text{eff}}^2 = M^2$.

3.10
astigmatisme intrinsèque

a
degré indiquant à quel niveau de rapprochement d'un faisceau stigmatique, le faisceau astigmatique général peut être transformé en utilisant des lentilles et des espaces libres

$$a = \frac{8\pi^2}{\lambda^2} \left[\left(\langle x^2 \rangle \langle \theta_x^2 \rangle - \langle x\theta_x \rangle^2 \right) + \left(\langle y^2 \rangle \langle \theta_y^2 \rangle - \langle y\theta_y \rangle^2 \right) + 2 \left(\langle xy \rangle \langle \theta_x\theta_y \rangle - \langle x\theta_y \rangle \langle y\theta_x \rangle \right) \right] - (M_{\text{eff}}^2)^2 \geq 0 \quad (9)$$

NOTE Les faisceaux sont classés selon leur astigmatisme intrinsèque **a**, qui est une grandeur invariante. Un faisceau avec $a = 0$ est appelé stigmatique intrinsèque, un faisceau avec $a > 0$ est appelé astigmatique intrinsèque. Pour les faisceaux astigmatiques simples, $a = (1/2) [M_x^2 - M_y^2]^2$. Davantage de détails sont donnés dans l'ISO/TR 11146-3.

3.11
paramètre de torsion

t
paramètre lié aux propriétés de rotation du front de phase d'un faisceau et aussi à l'élan angulaire orbital porté par le faisceau

$$t = \langle x\theta_y \rangle - \langle y\theta_x \rangle \quad (10)$$

NOTE Le paramètre de torsion est invariant lors de la propagation à travers l'espace libre et les lentilles sphériques. Il pourrait être altéré lors de la propagation à travers des lentilles cylindriques.

3.12**axes principaux de la distribution de densité de puissance**

axes de l'extension minimale et maximale du faisceau établi sur les moments de second ordre centrés de la distribution de densité de puissance dans une section du faisceau

[ISO 11146-1:2005]

NOTE Les axes de l'extension minimale et maximale du faisceau sont toujours perpendiculaires entre eux.

3.13**orientation de la distribution de densité de puissance**

φ

angle entre l'axe x du système du laboratoire et l'axe principal de la distribution de densité de puissance la plus proche de l'axe x

[ISO 11146-1:2005]

NOTE De cette définition découle que $-\frac{\pi}{4} < \varphi < \frac{\pi}{4}$ pour $|\varphi| \neq \frac{\pi}{4}$; si $\varphi = \pm \frac{\pi}{4}$, φ est défini comme l'angle entre l'axe x et l'axe majeur principal de la distribution de densité de puissance.

3.14**largeurs de faisceau**

$d_{\sigma_x}, d_{\sigma_y}$

extension de la distribution de densité de puissance dans une section droite du faisceau à une position axiale z le long de l'axe principal, qui est le plus proche de l'axe x , ou y , respectivement, du système de coordonnées du laboratoire, basée sur les moments centrés de second ordre de la distribution de densité de puissance

NOTE Si les axes principaux forment un angle de $\pi/4$ avec les axes x et y du système de coordonnées du laboratoire, alors d_{σ_x} est, par convention, la plus grande largeur de faisceau.

[ISO 11146-1:2005]

[ISO 11146-2:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/460874c9-bb3b-42cf-b122-a888a327a9ef/iso-11146-2-2005>

4 Système de coordonnées

Les axes x , y et z définissent les coordonnées spatiales orthogonales dans le système d'axes du laboratoire et doivent être spécifiés par l'utilisateur. L'axe des z doit approximativement coïncider avec la direction du faisceau. Les axes x et y sont des axes transversaux, habituellement horizontal et, respectivement, vertical. L'origine de l'axe z est dans un plan de référence x - y défini par le fabricant, par exemple la face avant de l'enceinte du laser.

5 Principes d'essai**5.1 Généralités**

Les principes d'essai suivants sont valides pour des faisceaux astigmatiques généraux. Pour les faisceaux stigmatiques et astigmatiques simples, l'ISO 11146-1 peut s'appliquer.

5.2 Moments spatiaux de second ordre de la distribution de Wigner

Les moments spatiaux de second ordre sont obtenus par acquisition des distributions de densité de puissance au moyen de détecteurs spatiaux, en corrigeant les profils mesurés et en calculant les moments de premier et de second ordre.

5.3 Moments de second ordre de la distribution de Wigner

Pour la détermination de l'ensemble des dix moments de second ordre, deux installations de mesurage différentes sont requises.