
**Lasers et équipements associés aux
lasers — Méthodes d'essai pour la
détermination de la forme du front d'onde
du faisceau laser —**

Partie 1:

Terminologie et aspects fondamentaux

iTeh STANDARD REVIEW
(standards.itih.ai)

*Lasers and laser-related equipment — Test methods for determination
of the shape of a laser beam wavefront —*

Part 1: Terminology and fundamental aspects

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/760aeb81-3941-4eba-b9bc-50f1279e4b89/iso-15367-1-2003>



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 15367-1:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/760aeb81-3941-4eba-b9bc-50f1279e4b89/iso-15367-1-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/760aeb81-3941-4eba-b9bc-50f1279e4b89/iso-15367-1-2003>

© ISO 2003

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	2
3.1 Définitions générales.....	2
3.2 Définitions associées à la distribution de densité de puissance (d'énergie)	4
3.3 Définitions associées à l'astigmatisme	4
3.4 Définitions associées aux caractéristiques et à la topographie du front d'onde.....	5
3.5 Définitions associées aux mesures du gradient du front d'onde	7
4 Méthodes d'essai	8
4.1 Types de lasers	8
4.2 Sécurité	8
4.3 Environnement d'essai	8
4.4 Modification de faisceau	9
4.5 Système de détection	10
4.6 Appareils de mesure de front d'onde.....	10
5 Essai et procédures de mesure	11
5.1 Alignement.....	11
5.2 Etalonnage	11
5.3 Examen visuel d'analyse de données automatisées.....	12
5.4 Procédures de mesure	12
6 Analyse de qualité de front d'onde	12
6.1 Représentation de polynôme de fronts des ondes	12
6.2 Calcul de la qualité du front d'onde	12
7 Incertitude	14
7.1 Exigences pour l'estimation de l'incertitude.....	14
7.2 Sources d'incertitude.....	14
8 Rapport d'essai	15
Annexe A (informative) Astigmatisme et faisceaux laser.....	16
Bibliographie	21

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 15367-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et instruments d'optique*, sous-comité SC 9, *Systèmes électro-optiques*.

L'ISO 15367 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai pour la détermination de la forme du front d'onde du faisceau laser*.

— *Partie 1: Terminologie et aspects fondamentaux*

— *Partie 2: Senseurs Hartmann-Shack*

Introduction

Il est important, lors de la conception, de la mise en œuvre et de la maintenance d'un système laser, de pouvoir assurer la répétabilité, prévoir le comportement du faisceau laser et d'évaluer les risques de sécurité. Il existe quatre ensembles de paramètres qui pourraient être mesurés pour la caractérisation du faisceau laser:

- distribution de densité de puissance (d'énergie) (ISO 13694);
- largeur de faisceau, angle de divergence et facteur de propagation du faisceau (ISO 11146);
- distribution de phase (ISO 15367);
- cohérence spatiale du faisceau.

La présente partie de l'ISO 15367 définit la terminologie et les symboles à utiliser quand la distribution de phase est prise en référence ou mesurée dans un plan transversal au faisceau laser. Elle spécifie les procédures requises pour les mesurages de

- l'azimut des plans principaux de la distribution de phase;
- l'amplitude des aberrations astigmatiques;
- l'évaluation de la fonction aberration du front d'onde et la déformation RMS du front d'onde.

Une technique utilisée pour la détermination qualitative du faisceau est l'observation visuelle de la forme des franges d'interférogrammes ou la vue isométrique de la surface d'un front d'onde. Toutefois, des méthodes plus quantitatives sont nécessaires pour l'assurance de la qualité et le transfert de la technologie des moyens. Les techniques de mesure indiquées dans la présente partie de l'ISO 15367 permettent une analyse numérique de la distribution de phase dans une propagation du faisceau et peut fournir des résultats quantitatifs enregistrables.

Tant qu'il est tout à fait possible d'imputer d'autres aberrations conventionnelles (par exemple coma ou aberrations sphériques) aussi bien que l'astigmatisme d'un faisceau laser, ces méthodes ne sont pas communément utilisées. Le départ du front d'onde d'un faisceau depuis une surface idéale est une indication de qualité plus commune. D'autre part, une asymétrie rotationnelle a une plage d'effets d'autant plus large dans un faisceau laser qu'elle est couramment associée avec l'astigmatisme imposé sur un faisceau de radiation optique par des systèmes optiques conventionnels. Pour cette raison, des caractéristiques et des formes variées d'astigmatisme dans les faisceaux sont maintenant définies en détail.

Les dispositions de la présente partie de l'ISO 15367 permettent d'établir un rapport d'essai avec des mesurages et des analyses d'une sélection de caractéristiques du faisceau. Des mesures d'astigmatisme sont importantes pour les concepteurs de systèmes qui désirent spécifier les éléments optiques pour une correction des faisceaux astigmatiques. Les techniques de mesure définies dans la présente partie de l'ISO 15367 peuvent aussi être utilisées pour estimer chaque astigmatisme résiduel après application de corrections, et pour aider à l'alignement.

Une application essentielle des mesurages de distribution de phase vient avec la possibilité de combiner ces mesurages avec un mesurage simultané de la distribution de densité de puissance (d'énergie) (ISO 13694) à la même position dans le trajet du faisceau. Une saisie numérique des données peut révéler davantage de caractéristiques détaillées du faisceau de propagation que les mesurages de l'enveloppe de puissance (énergie) résultant du calcul du rapport de propagation du faisceau (ISO 11146). L'information la plus détaillée peut être importante pour les estimateurs d'endommagement causés par les lasers et de risques de sécurité, autant que pour les ingénieurs de développement de procédés quand il est nécessaire de connaître la distribution de densité de puissance (énergie) au point d'interaction de processus.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 15367-1:2003

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/760aeb81-3941-4eba-b9bc-50f1279e4b89/iso-15367-1-2003>

Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai pour la détermination de la forme du front d'onde du faisceau laser —

Partie 1: Terminologie et aspects fondamentaux

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 15367 spécifie les méthodes pour le mesurage de la topographie du front d'onde d'un faisceau laser par le mesurage et l'interprétation de la distribution spatiale de la phase de ce front d'onde, à travers un plan approximativement perpendiculaire à sa direction de propagation. Les exigences sont données pour le mesurage et l'analyse des données de la distribution de phase pour inscrire les paramètres quantitatifs du front d'onde et leurs incertitudes dans un rapport d'essai.

Les méthodes décrites dans la présente partie de l'ISO 15367 sont applicables à l'essai et à la caractérisation d'une grande variété de types de faisceaux issus à la fois de lasers continus ou pulsés. Les définitions des paramètres décrivant les déformations du front d'onde sont données avec les méthodes pour la détermination de ces paramètres à partir des mesures de distribution de phase.

[ISO 15367-1:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/760acb81-3941-4eba-b9bc-50f1279e4b89/iso-15367-1-2003)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/760acb81-3941-4eba-b9bc-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/760acb81-3941-4eba-b9bc-50f1279e4b89/iso-15367-1-2003)

[50f1279e4b89/iso-15367-1-2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/760acb81-3941-4eba-b9bc-50f1279e4b89/iso-15367-1-2003)

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 9334, *Optique et instruments d'optique — Fonction de transfert optique — Définitions et relations mathématiques*

ISO 10110-5, *Optique et instruments d'optique — Indications sur les dessins pour éléments et systèmes optiques — Partie 5 : Tolérances de forme de surface*

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

ISO 11146, *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 13694, *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*

ISO 15367-2, *Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai des paramètres du faisceau laser: Distribution de phase — Partie 2 : Senseurs Hartmann-Shack*

CEI 60825 (toutes les parties), *Sécurité des appareils à laser*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins de ce document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 9334, l'ISO 10110-5, l'ISO 11145, l'ISO 11146, l'ISO 13694 et la CEI 61040, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 Définitions générales

3.1.1

forme moyenne du front d'onde

$w(x,y;z_m)$

surface continue $w(x,y)$ qui est normale à la direction moyenne de la propagation d'énergie dans un champ électromagnétique au plan de mesure $z = z_m$

NOTE 1 Dans le cas d'un rayonnement fortement cohérent, la surface continue $w(x,y)$ est une surface de phase constante. La distribution de phase $\Phi(x,y)$ est alors en relation avec la distribution du front d'onde selon

$$\Phi(x,y) = \frac{2\pi}{\lambda} w(x,y)$$

où λ est la longueur d'onde moyenne de la lumière.

NOTE 2 Il n'est pas toujours possible d'identifier une surface continue.

3.1.2

surface du front d'onde

surface continue $w(x,y)$ qui minimise les écarts pondérés de densité de puissance de la direction de son vecteur normal à la direction du vecteur d'énergie dans le plan de mesure

NOTE $w(x,y)$ est la surface qui minimise l'expression

$$\iint E(x,y,z_m) \left| \hat{P}_{\perp}(x,y,z_m) - \vec{\nabla}_{\perp} w(x,y,z_m) \right|^2 dx dy$$

où

$$\hat{P}_{\perp}(x,y,z) = \frac{\hat{P}_{\perp}(x,y,z_m)}{E(x,y,z_m)}$$

est le vecteur de Poynting transversal normalisé;

$$\vec{\nabla}_{\perp} = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix}$$

est le gradient bidimensionnel transversal, ou opérateur Nabla.

3.1.3

phase

Φ

fraction d'une période d'onde qui s'est écoulée par rapport à celle à une origine désignée

NOTE Une phase est exprimée en radians, modulo 2π .

3.1.4

plan de mesure

z_m

position axiale le long de l'axe du faisceau du plan transversal dans lequel la surface/forme du front d'onde est mesurée

3.1.5 axes mécaniques

x, y, z

axes transversaux orthogonaux définis par les axes de construction du laser ou du système de mesure

NOTE Il est recommandé que l'origine du système d'axes mécaniques soit identifiée et soit coïncidente avec quelques positions accessibles et évidentes de l'axe du faisceau, étant en cela une spécification de fabricants sur le laser ou une position reproductible sur l'instrument de mesure. L'orientation des axes transversaux peut être celle associée avec le laser ou les axes vertical et horizontal dans l'environnement de mesure.

3.1.6 plans principaux de la propagation de la surface/forme du front d'onde

$x'z, y'z$

plans contenant les axes principaux du front d'onde et de l'axe du faisceau

NOTE Les plans principaux de propagation du front d'onde coïncideront nécessairement avec les plans xz et yz du système du laboratoire.

3.1.7 système de coordonnées de la surface/forme du front d'onde

x', y', z

système de coordonnées utilisé comme axes de référence pour repérer l'orientation des axes principaux de la surface/forme du front d'onde astigmatique par rapport aux axes mécaniques de l'environnement de mesure

NOTE Les axes x', y' et z définissent les direction spaciales orthogonales de la surface/forme du front d'onde dans le système d'axes du faisceau. Les axes x' et y' sont transversaux au faisceau et définissent le plan transversal. L'origine de l'axe z est dans un plan de référence mécanique défini soit par le fabricant du laser (par exemple le front de l'enceinte du laser) ou par un système de mesure. Un diagramme schématique du système d'axe est montré à la Figure 1.

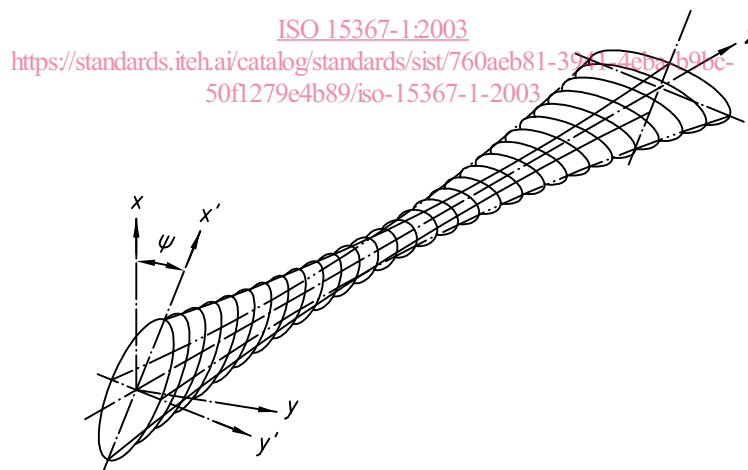


Figure 1 — Système de coordonnées d'un front d'onde astigmatique par rapport aux axes mécaniques

3.1.8 angle azimutal du front d'onde

ψ

angle entre les axes principaux de la surface/forme du front d'onde et les axes mécaniques

Voir Figure 1.

3.2 Définitions associées à la distribution de densité de puissance (d'énergie)

3.2.1 système de coordonnées de la distribution de densité de puissance (d'énergie)

x'', y'', z

système de coordonnées utilisé comme axes de référence pour repérer l'orientation des axes principaux de la distribution de densité de puissance (d'énergie) astigmatique par rapport aux axes mécaniques de l'environnement de mesure

NOTE 1 Les paramètres définis de la distribution de densité de puissance (d'énergie) d'un faisceau astigmatique simple sont représentés à la Figure 2. Les moyens pour l'évaluation des grandes et petites largeurs de faisceau et leur angle azimutal sont contenus dans l'ISO 11146.

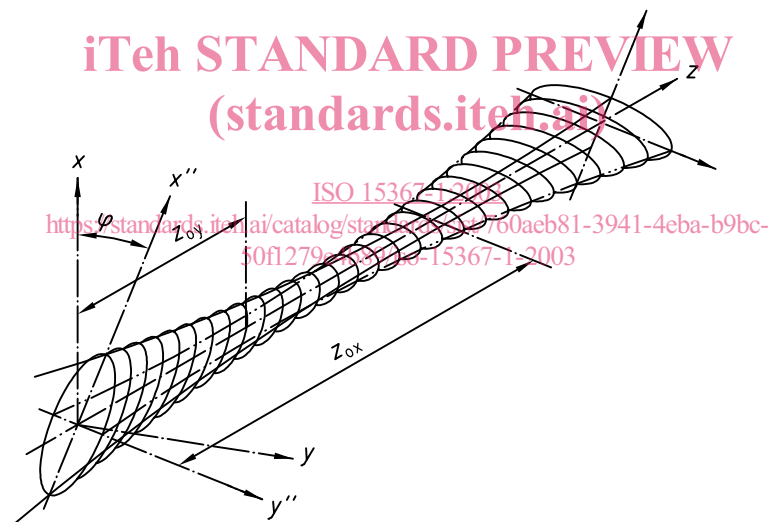
3.2.2 angle azimutal de la distribution de densité de puissance (d'énergie)

$\varphi(z)$

angle entre les axes principaux de la propagation de distribution de densité puissance (énergie) et les axes mécaniques

Voir Figure 2.

NOTE 1 Pour les faisceaux astigmatiques simples, φ reste constant.



NOTE 2 Les emplacements du col z_{ox} et z_{oy} sont montrés pour les deux axes du faisceau.

Figure 2 — Coordonnées du système d'axes du faisceau pour la distribution de densité de puissance (d'énergie)

3.3 Définitions associées à l'astigmatisme

3.3.1 astigmatisme

propriété d'un faisceau laser ayant des profils de densité de puissance (d'énergie) non circulaires dans la plupart des plans de propagation spatiale libre, ou ayant une torsion de phase

NOTE Une description simplifiée des propriétés astigmatiques et l'exigence d'étendre leur description au-delà de celle utilisée conventionnellement pour décrire les propriétés astigmatiques des éléments optiques est donnée en Annexe A.

3.3.2**astigmatisme simple**

propriété du faisceau dans lequel la distribution de densité de puissance (d'énergie) ne possède pas de symétrie rotationnelle, mais dont les plans principaux de la surface/forme du front d'onde et de la distribution de densité de puissance (d'énergie) sont orthogonaux et fixes dans l'espace, dont les angles azimutaux sont égaux ($\varphi = \psi$)

Voir Figures 1 et 2.

3.3.3**astigmatisme général**

propriété d'un faisceau laser ayant des distributions de densité de puissance (d'énergie) dans la plupart des plans et où l'orientation des axes principaux des distributions de densité de puissance (d'énergie) change pendant la propagation

NOTE Pour les faisceaux astigmatiques généraux cohérents, les angles azimutaux de la distribution de densité de puissance (d'énergie) et le front d'onde différent dans tout plan.

3.3.4**séparation de col astigmatique**
 Δz_a

distance axiale entre les positions des cols du faisceau dans les plans principaux orthogonaux d'un faisceau possédant un astigmatisme simple

NOTE La séparation de col astigmatique est aussi appelée différence astigmatique.

3.3.5**courbure du front d'onde astigmatique**
 C_x, C_y

valeurs des courbures orthogonales maximale et minimale du front d'onde d'un faisceau en une position spécifiée

NOTE 1 La courbure est l'inverse du rayon de courbure.

NOTE 2 La différence entre les deux rayons de courbure devient principalement identique à la fois à la différence focale astigmatique et aux séparations de cols astigmatiques lorsque les mesures sont faites dans le champ lointain du faisceau laser.

3.4 Définitions associées aux caractéristiques et à la topographie du front d'onde**3.4.1****front d'onde mesuré**
 $w_m(x, y)$

surface résultant de l'analyse des données de la distribution de phase mesurée

3.4.2**front d'onde corrigé**
 $w_c(x, y)$

surface théorique dérivée par suppression des effets du mouvement linéaire moyen dans les directions x et y (inclinaison et pente moyennes) du front d'onde mesuré

NOTE La définition analytique peut être résumée comme suit:

$$w_c(x, y) = w_m(x, y) - x\bar{\beta}_x - y\bar{\beta}_y$$