



**Norme
internationale**

ISO 13695

**Optique et photonique — Lasers
et équipement associé aux
lasers — Méthodes d'essai des
caractéristiques spectrales des lasers**

*Optics and photonics — Lasers and laser-related equipment —
Test methods for the spectral characteristics of lasers*

**Deuxième édition
2024-11**

Document Preview

[ISO 13695:2024](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bd39c1b0-0234-4bbb-9cdb-497ea3bde688/iso-13695-2024>

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 13695:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bd39c1b0-0234-4bbb-9cdb-497ea3bde688/iso-13695-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bd39c1b0-0234-4bbb-9cdb-497ea3bde688/iso-13695-2024>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
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 Symboles (et abréviations)	7
5 Traçabilité	8
6 Mesurage de longueur d'onde et de bandes spectrales	8
6.1 Généralités	8
6.1.1 Préparations	8
6.1.2 Types de lasers communs	9
6.2 Types de mesurages	9
6.2.1 Généralités	9
6.2.2 Mesurages à faible degré d'exactitude	9
6.2.3 Mesurages à moyen degré d'exactitude	10
6.2.4 Mesurages à haut degré d'exactitude	10
6.3 Choix de l'équipement	10
6.4 Mesurages dans l'air	11
6.5 Mesurages à faible résolution	12
6.5.1 Principe	12
6.5.2 Procédure de mesure	12
6.5.3 Analyse	13
6.6 Mesurage à plus haute résolution	13
6.6.1 Généralités	13
6.6.2 Essai préliminaire	14
6.6.3 Mesurage mettant en œuvre un spectromètre à réseau	14
6.6.4 Mesurage mettant en œuvre un interféromètre	14
6.6.5 Mesurage mettant en œuvre des méthodes de mélange photoélectriques	16
6.6.6 Analyse pour un degré d'exactitude moyen $U_\lambda/\lambda = U_\nu/\nu$ dans la plage 10^{-5} à 10^{-4}	16
6.6.7 Analyse pour un degré d'exactitude élevé $U_\lambda/\lambda = U_\nu/\nu < 10^{-5}$	17
7 Mesurage de la stabilité en longueur d'onde	17
7.1 Dépendance de la longueur d'onde aux conditions de fonctionnement	17
7.2 Stabilité en longueur d'onde d'un laser monofréquence	17
8 Rapport d'essai	18
Annexe A (informative) Indice de réfraction de l'air	20
Annexe B (informative) Critères pour le choix d'un monochromateur à réseau et ses accessoires — Étalonnage	21
Annexe C (informative) Critères pour le choix d'un interféromètre de Fabry-Pérot	24
Bibliographie	25

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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

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 nature volontaire des normes, 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'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 9, *Lasers et systèmes électro-optiques*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 123, *Lasers et photonique*, du Comité européen de normalisation (CEN) conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 13695:2004) dont elle constitue une révision mineure.

Les principales modifications sont les suivantes:

- changements éditoriaux par rapport au nouveau format;
- le symbole pour le rapport de suppression de mode latéral a été adapté de SMS à R_{SMS} ;
- lg a été changé en \log_{10} dans le [3.15](#);
- le titre du SC 9 a été mis à jour;
- l'intensité a été adaptée en rayonnement;
- dans la Bibliographie, la Référence 2 a été mise à jour et remplacée par les Références 2 et 3.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

Les caractéristiques spectrales d'un laser, telles que sa longueur d'onde au sommet de l'émission ou sa largeur de raie spectrale, sont importantes pour les applications potentielles. À titre d'exemples, citons les exigences d'applications spécifiques dans les domaines de l'interférométrie et de la lithographie. Le présent document donne des définitions de paramètres clés décrivant les caractéristiques spectrales d'un laser et fournit des lignes directrices concernant la réalisation de mesurages destinés à déterminer lesdits paramètres pour les types de lasers communs.

Le degré d'incertitude acceptable dans le mesurage de la longueur d'onde varie en fonction de l'application envisagée. Pour cette raison, le choix de l'équipement, le mesurage et les procédures d'évaluation sont indiqués, dans leurs grandes lignes, pour trois classes d'exactitude. Afin de normaliser les rapports de consignation des résultats de mesurage des caractéristiques spectrales, un exemple de rapport est également prévu.

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 13695:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bd39c1b0-0234-4bbb-9cdb-497ea3bde688/iso-13695-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bd39c1b0-0234-4bbb-9cdb-497ea3bde688/iso-13695-2024>

Optique et photonique — Lasers et équipement associé aux lasers — Méthodes d'essai des caractéristiques spectrales des lasers

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes qui permettent de mesurer les caractéristiques spectrales, telles que la longueur d'onde, la largeur spectrale, la distribution spectrale et la stabilité en longueur d'onde d'un laser. Le présent document s'applique aux faisceaux laser continu et impulsif. La dépendance des caractéristiques spectrales d'un laser vis-à-vis de ses conditions de fonctionnement peut être également importante.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 photonique — Lasers et équipements associés aux lasers — Vocabulaire et symboles*

Guide ISO/IEC 99, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

IEC 60747-5-1, *Dispositifs discrets à semi-conducteurs et circuits intégrés — Partie 5-1: Dispositifs optoélectroniques — Généralités*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 11145, de l'ISO/IEC Guide 99 et de l'IEC 60747-5-1, et les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes :

- ISO Online browsing platform : disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia : disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1 longueur d'onde dans le vide

λ_0

longueur d'onde d'une onde électromagnétique infinie, plane et se propageant dans le vide

Note 1 à l'article: Pour une onde de fréquence f , la longueur d'onde dans le vide est donnée par l'équation $\lambda_0 = c/f$, où $c = 299\,792\,458$ m/s.

3.2

longueur d'onde dans l'air

λ_{air}

longueur d'onde d'un rayonnement se propageant dans l'air et rapportée à la longueur d'onde dans le vide par la relation:

$$\lambda_{\text{air}} = \lambda_0 / n_{\text{air}}$$

où n_{air} représente l'indice de réfraction de l'air ambiant (voir [6.4](#))

Note 1 à l'article: Les propriétés spécifiques de l'air ambiant, telles que l'humidité, la pression, la température et la composition de l'air, ont toutes une influence sur n_{air} . Pour cette raison, il est préférable d'indiquer dans le rapport la longueur d'onde dans le vide ou la longueur d'onde dans l'air aux conditions normales. Ces longueurs d'onde peuvent être calculées à partir de λ_{air} et n_{air} en utilisant la formule donnée en [6.4](#).

3.3

longueur d'onde dans l'air sec et dans des conditions normales

λ_{nor}

longueur d'onde d'un rayonnement se propageant dans l'air sec (0 % d'humidité), dans des conditions normales et rapportée à la longueur d'onde dans le vide λ_0 par la relation:

$$\lambda_{\text{nor}} = \lambda_0 / n_{\text{nor}}$$

où n_{nor} représente l'indice de réfraction de l'air dans des conditions normales (voir [6.4](#))

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, les conditions normales de l'air correspondent à la définition donnée en [6.4](#). Il convient de noter que les articles rédigés en la matière font référence à diverses autres «conditions normales». Il est donc nécessaire de préciser les conditions atmosphériques dans le rapport d'essai.

3.4

distribution spectrale de puissance (énergie) rayonnante

$P_\lambda(\lambda)$, $[Q_\lambda(\lambda)]$

rapport de la puissance rayonnante $dP(\lambda)$ [ou de l'énergie $dQ(\lambda)$, dans le cas d'un laser impulsif], transmise par le faisceau laser dans le domaine élémentaire de la longueur d'onde $d\lambda$, à ce domaine

$$P_\lambda(\lambda) = \frac{dP(\lambda)}{d\lambda} \quad \left[Q_\lambda(\lambda) = \frac{dQ(\lambda)}{d\lambda} \right]$$

Note 1 à l'article: La puissance (énergie) rayonnante émise par le faisceau laser, quelle que soit la largeur spectrale λ_{basse} à λ_{haute} , est donc donnée par l'intégrale.

$$P = \int_{\lambda_{\text{basse}}}^{\lambda_{\text{haute}}} P_\lambda(\lambda) d\lambda \quad \left[Q = \int_{\lambda_{\text{basse}}}^{\lambda_{\text{haute}}} Q_\lambda(\lambda) d\lambda \right]$$

3.5

longueur d'onde de crête de l'émission

λ_p

longueur d'onde à laquelle la distribution spectrale de puissance (énergie) rayonnante atteint sa valeur maximale

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).

3.6 barycentre de la longueur d'onde (moment de premier ordre)

λ_g
longueur d'onde représentant le centre de gravité de la distribution spectrale de puissance (énergie) rayonnante, telle que définie par:

$$\lambda_g = \frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \lambda S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S(\lambda) d\lambda}$$

où $S(\lambda)$ est la puissance rayonnante spectrale $P_\lambda(\lambda)$, dans le cas d'un laser continu, ou la distribution spectrale d'énergie rayonnante $Q_\lambda(\lambda)$, dans le cas d'un laser impulsionnel

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).

Note 2 à l'article: Pour le choix des limites d'intégration λ_{\min} et λ_{\max} , voir [6.2.2](#).

3.7 longueur d'onde centrale

$\bar{\lambda}$
moyenne pondérée des longueurs d'onde des raies ou modes spectraux:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=i_{\min}}^{i=i_{\max}} I_i \lambda_i}{\sum_{i=i_{\min}}^{i=i_{\max}} I_i}$$

où

- λ_i est la longueur d'onde de la $i^{\text{ème}}$ raie spectrale ou du $i^{\text{ème}}$ mode;
- I_i est la puissance rayonnante relative de la $i^{\text{ème}}$ raie spectrale ou du $i^{\text{ème}}$ mode;
- i_{\min}, i_{\max} représentent les valeurs extrêmes des raies ou modes spectraux en dessous et au-dessus de λ_p .

Note 1 à l'article: Généralement, les limites de sommation sont choisies de sorte que la puissance rayonnante relative des raies ou modes spectraux hors limites demeure inférieure à 1 % de la puissance rayonnante relative de la raie ou du mode dont l'intensité est la plus élevée, située à λ_p .

Note 2 à l'article: Cette définition est particulièrement utile dans le cas de laser multimode.

3.8 longueur d'onde moyenne

λ_{moy}
rapport de la vitesse de la lumière c à la fréquence d'émission optique moyenne f_{moy}

$$\lambda_{\text{moy}} = c/f_{\text{moy}}$$

Note 1 à l'article: La fréquence d'émission optique moyenne f_{moy} peut être directement mesurée, par exemple par la méthode de mesure hétérodyne (voir [6.6.5](#)).

3.9 largeur spectrale quadratique moyenne de rayonnement (moment de second ordre)

$\Delta\lambda$
moment de second ordre de la distribution spectrale de puissance (énergie) rayonnante, tel que défini par:

$$\Delta\lambda = \sqrt{\frac{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} (\lambda - \lambda_g)^2 S(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S(\lambda) d\lambda}}$$

où $S(\lambda)$ est la puissance rayonnante spectrale $P_\lambda(\lambda)$, dans le cas d'un laser continu, ou la distribution spectrale d'énergie rayonnante $Q_\lambda(\lambda)$, dans le cas d'un laser impulsionnel

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).

Note 2 à l'article: Pour le choix des limites d'intégration λ_{\min} et λ_{\max} voir [6.2.2](#).

3.10

largeur spectrale quadratique moyenne

$\Delta\lambda_{\text{rms}}$

largeur de bande quadratique moyenne, définie par:

$$\Delta\lambda_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=i_{\min}}^{i=i_{\max}} I_i (\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{\sum_{i=i_{\min}}^{i=i_{\max}} I_i}}$$

où

λ_i est la longueur d'onde de la $i^{\text{ème}}$ raie spectrale ou du $i^{\text{ème}}$ mode;

I_i est la puissance rayonnante relative de la $i^{\text{ème}}$ raie spectrale ou du $i^{\text{ème}}$ mode;

$\bar{\lambda}$ est la longueur d'onde centrale;

i_{\min}, i_{\max} représentent les valeurs extrêmes des raies ou modes spectraux en dessous et au-dessus de λ_p .

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).

Note 2 à l'article: Généralement, les limites de sommation sont choisies de sorte que la puissance rayonnante relative des raies ou modes spectraux hors limites demeure inférieure à 1 % de la puissance rayonnante relative de la raie ou du mode dont l'intensité est la plus élevée, à λ_p .

Note 3 à l'article: Cette définition est particulièrement utile dans le cas d'un laser multimode.

3.11

largeur spectrale

FWHM

$\Delta\lambda_H$

différence maximale entre les longueurs d'onde pour lesquelles la distribution spectrale de puissance (énergie) rayonnante atteint la moitié de sa valeur crête

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).

[SOURCE: ISO 11145:2018, 3.17, modifiée — L'abréviation "FWHM" a été ajoutée, " $\Delta\lambda, \Delta\nu$ " a été remplacé par " $\Delta\lambda_H$ " et la Note 1 à l'article a été ajoutée.]

3.12

largeur de raie spectrale

FWHM

$\Delta\lambda_L$

différence maximale entre ces mêmes longueurs d'onde situées dans les limites de $\delta\lambda$ pour lesquelles la distribution spectrale de puissance (énergie) rayonnante atteint la moitié de sa valeur crête dans les limites de $\delta\lambda$

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).

Note 2 à l'article: cf. *largeur spectrale* ([3.11](#)), $\Delta\lambda_H$

Note 3 à l'article: Une largeur de raie spectrale est identique à une *largeur spectrale* ([3.11](#)), mais est définie pour un mode simple (longitudinal) ou autrement pour un élément spectral clairement identifiable et déclaré dans les limites d'un intervalle $\delta\lambda$.

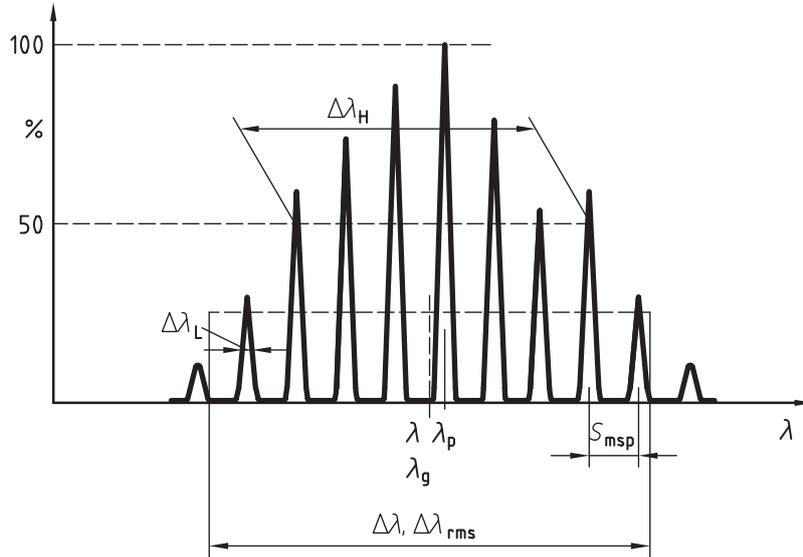
3.13

intervalle entre modes

$F_{m\text{sp}}$ ($S_{m\text{sp}}$)

séparation entre deux modes longitudinaux voisins, exprimée en fréquence ($F_{m\text{sp}}$) (longueur d'onde ($S_{m\text{sp}}$))

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).



Key

λ longueur d'onde

iTeh Standards

Figure 1 — Caractéristiques spectrales des lasers — Schéma illustrant les paramètres définis

3.14

nombre de modes longitudinaux

N_m

nombre de modes longitudinaux dans les limites d'une largeur de bande spécifiée, correspondant généralement à la largeur spectrale quadratique moyenne de rayonnement $\Delta\lambda_{\text{rms}}$

3.15

rapport de suppression de mode latéral

R_{SMS}

rapport de la puissance rayonnante relative du mode dont l'intensité est la plus élevée, I_p , situé à λ_p , à la puissance rayonnante relative du deuxième mode le plus intense, I_s , situé à λ_s :

$$R_{\text{SMS}} = 10 \log_{10} \left(\frac{I_p}{I_s} \right)$$

Note 1 à l'article: Voir [Figure 2](#).

Note 2 à l'article: Dans la pratique, le rapport R_{SMS} peut être supposé égal au rapport des valeurs aux sommets de la distribution spectrale pour le mode le plus intense et le deuxième mode le plus intense:

$$R_{\text{SMS}} = 10 \log_{10} \left[\frac{S(\lambda_p)}{S(\lambda_s)} \right]$$