
**Optique et photonique — Mesurage
interférométrique de composants et
systèmes optiques —**

**Partie 2:
Mesurage et techniques d'évaluation**

*Optics and photonics — Interferometric measurement of optical
elements and optical systems —*

Part 2: Measurement and evaluation techniques

Document Preview

[ISO/TR 14999-2:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/5f6b48c3-244b-47f9-bd1c-a8da54dbeb46/iso-tr-14999-2-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/5f6b48c3-244b-47f9-bd1c-a8da54dbeb46/iso-tr-14999-2-2019>



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

[ISO/TR 14999-2:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/5f6b48c3-244b-47f9-bd1c-a8da54dbeb46/iso-tr-14999-2-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/5f6b48c3-244b-47f9-bd1c-a8da54dbeb46/iso-tr-14999-2-2019>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

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
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Objets de mesurage	1
4.1 Surfaces.....	1
4.1.1 Surfaces frontières des composants optiques.....	1
4.1.2 Degré de réflexion.....	2
4.1.3 Rugosité.....	2
4.1.4 Topologie des régions (régions discontinues).....	2
4.1.5 Continuité de la surface; gradient de la surface.....	2
4.1.6 Rigidité des miroirs; calculs par éléments finis.....	3
4.1.7 Homogénéité de température des miroirs.....	3
4.1.8 Exemples d'objets de mesurage.....	3
4.2 Composants optiques en transmission.....	3
4.2.1 Essais en simple passage par opposition aux essais en double passage.....	3
4.2.2 Fenêtres (aberrations de front d'onde en transmission).....	3
4.2.3 Prismes (aberrations de front d'onde et erreur angulaire).....	3
4.2.4 Influence de la température sur l'indice de réfraction.....	4
4.3 Systèmes optiques.....	4
4.3.1 Essais en simple passage par opposition aux essais en double passage.....	4
4.3.2 Examen dans la pupille.....	4
4.3.3 Aberrations chromatiques.....	4
4.4 Examen indirect de la fonction des composants optiques.....	4
4.4.1 Examen avec différentes longueurs d'onde.....	4
4.4.2 Examen avec différentes trajectoires de faisceau.....	4
4.4.3 Plage de tolérances.....	4
5 Aspects matériels d'un interféromètre et de l'environnement d'essai	5
5.1 Généralités.....	5
5.2 Principes de construction et influences sur la qualité des mesurages.....	6
5.2.1 Généralités.....	6
5.2.2 Erreurs intrinsèques de l'instrument et principe de trajet commun.....	7
5.2.3 Compensation optique des erreurs.....	9
5.2.4 Compensation mathématique des erreurs.....	10
5.2.5 Contraste en fonction de l'irradiance dans les bras d'essai et de référence: méthodes pour atteindre l'équilibre dans les deux bras.....	11
5.2.6 Contraste en fonction des performances de la source lumineuse.....	14
5.3 Environnement d'essai.....	16
5.3.1 Généralités.....	16
5.3.2 Influence des vibrations.....	17
5.3.3 Influence de la gravité et du support de l'éprouvette.....	19
6 Méthodes pour évaluer la différence de trajet optique	20
6.1 Généralités.....	20
6.2 Examen visuel des interférogrammes.....	21
6.2.1 Généralités.....	21
6.2.2 Exemple 1 — Interféromètre de Fizeau.....	21
6.2.3 Exemple 2 — Interféromètre de Twyman-Green.....	25
6.3 Évaluation manuelle des interférogrammes.....	27
6.4 Mesures de phase avec porteuse temporelle.....	29
6.4.1 Généralités.....	29
6.4.2 Interférométrie hétérodyne.....	30

6.4.3	Interférométrie à verrouillage de phase (PLI).....	31
6.4.4	Détection synchrone et interférométrie à décalage de phase	32
6.5	Mesures de phase avec porteuse spatiale.....	35
6.5.1	Analyse des franges par opérations de transformée de Fourier.....	35
6.5.2	Analyse de franges spatialement synchrones.....	36
6.6	Suppression des ambiguïtés de phase (développement de phase).....	38
6.7	Enregistrement des fronts d'onde; systèmes de coordonnées, définition d'un système de coordonnées.....	39
6.8	Polynôme et autres représentations des fronts d'onde.....	40
6.8.1	Représentation des données de phase	40
6.8.2	Polynômes de Zernike pour une frontière circulaire	41
6.8.3	Utilisation des polynômes de Zernike pour une frontière elliptique	41
6.8.4	Polynômes de Zernike-Tatian pour une forme circulaire avec un trou central (annulaire).....	42
6.8.5	Polynômes de Legendre pour une frontière rectangulaire	42
6.8.6	Fonctions orthogonales sur «surfaces inhabituelles»	42
7	Rapports d'essai et certificats d'étalonnage.....	43
7.1	Généralités.....	43
7.2	Contenu des rapports d'essai et des certificats d'étalonnage	43
7.3	Rapports d'essai.....	44
7.4	Certificats d'étalonnage.....	44
7.4.1	Généralités	44
7.4.2	Spécification.....	44
7.4.3	Ajustage ou réparation.....	44
7.5	Avis et interprétations.....	44
7.6	Transmission électronique des résultats	45
7.7	Format des rapports et des certificats.....	45
7.8	Amendements aux rapports d'essai et aux certificats d'étalonnage.....	45
8	Format des données.....	45
Annexe A (informative) Polynômes orthogonaux.....		46
Bibliographie.....		63

ISO/TR 14999-2:2019
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/5f6b48c3-244b-47f9-bd1c-a8da54dbeb46/iso-tr-14999-2-2019>

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 attirée 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 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 1, *Normes fondamentales*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TR 14999-2:2005), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications sont:

- a) La [Figure 1](#) a été mise à jour.
- b) [A.1](#) a été aligné sur la notation de l'ISO 14999-4.
- c) Mise à jour du texte faisant référence à des technologies ayant évolué depuis plus d'une dizaine d'années, telles que les lasers et détecteurs.
- d) Amélioration de la clarté de l'ensemble du document (nombreuses modifications mineures apportées tout au long du texte).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 14999 est disponible sur le site Internet de l'ISO.

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

Une série de Normes internationales sur les Indications sur les dessins techniques pour la représentation des composants optiques et systèmes optiques a été préparée par ISO/TC 172/SC 1, et publiée sous la forme de l'ISO 10110 sous le titre *Optique et photonique — Préparation des dessins pour éléments et systèmes optiques*. Lors de la rédaction de cette série de normes et notamment de sa Partie 5, *Tolérances de forme de surface* et de sa Partie 14, *Tolérance de déformation du front d'onde*, il est devenu évident pour les experts concernés qu'une documentation complémentaire supplémentaire était requise pour décrire comment les informations nécessaires sur la conformité des pièces fabriquées avec les tolérances établies pouvaient être démontrées. Par conséquent, le Comité ISO responsable, ISO/TC 172/SC 1, a décidé de préparer un Rapport technique ISO sur le Mesurage interférométrique des fronts d'onde optiques et la forme de surface des composants optiques.

Lors de la discussion des sujets qui devaient être inclus ou exclus d'un tel Rapport technique, il a été envisagé que, pour la première fois, un Rapport technique ou une Norme ISO puisse être préparé(e) qui traite d'optique ondulatoire, c'est-à-dire, dans lequel (laquelle) l'approximation par le rayon de l'optique géométrique ne soit plus valide. En conséquence, moins de références que d'habitude étaient disponibles, ce qui a rendu la tâche plus difficile.

Compte tenu du fait que le sujet de l'interférométrie a jusqu'à présent été laissé vierge à l'ISO, le souhait naturel a été d'être le plus exhaustif possible. Par conséquent, le comité a tenu des discussions pour savoir s'il convenait que des techniques importantes telles que la microscopie d'interférence (pour caractériser la micro-rugosité des pièces optiques), l'interférométrie de cisaillement (par exemple pour caractériser les systèmes optiques corrigés), l'interférométrie à faisceaux multiples, les techniques de détection des cohérences ou les techniques de conjugaison de phase soient incluses ou non. D'autres techniques, qui sont liées à l'interférométrie classique à double faisceau, comme l'interférométrie holographique, les techniques de moiré et la profilométrie ont également été mentionnées ainsi que la spectroscopie par transformée de Fourier ou les techniques de polarisation, qui sont surtout destinées à l'interférométrie microscopique.

En fin de compte, le comité a adopté la ligne directrice pour inclure des techniques qui sont à présent couramment utilisées aux fins de caractériser la qualité des pièces optiques comme décrit dans la série ISO 10110. La décision a été prise de rédiger un premier Rapport technique, et de l'actualiser ensuite en complétant les nouvelles parties, le cas échéant.

Le comité a l'intention que ce document couvre la nécessité de qualifier les pièces et les systèmes optiques complets concernant l'erreur de front d'onde qu'ils produisent. De telles erreurs se répartissent sur l'échelle de fréquences spatiales; dans le présent document, seules les parties de ce spectre d'erreur correspondant aux basses et moyennes fréquences sont couvertes, pas l'extrémité du spectre (fréquences très élevées). Ces erreurs en hautes fréquences peuvent seulement être mesurées par microscope, par mesurage de la lumière diffuse ou par palpation non optique de la surface.

Une constatation analogue peut être faite concernant la plage de longueurs d'onde du rayonnement utilisé pour les essais. L'ISO 14999 considère les méthodes d'essai avec lumière visible comme le cas typique. Dans certains cas, un rayonnement infrarouge de longueur d'onde supérieure (par exemple, lasers CO₂ de 10,6 µm) est utilisé pour soumettre à essai les surfaces rugueuses après meulage. Une variété de longueurs d'onde laser pourrait être utilisée pour les essais de systèmes optiques avec front d'onde transmis à la longueur d'onde d'application (par exemple, 1,55 µm ou 1,06 µm dans le proche infrarouge, ou 193 nm ou 248 nm dans l'ultraviolet avec les lasers à excimère pour optique microlithographique). Cependant, ce sont là des cas encore rares, qui sont inclus dans les normes et ne seront pas traités en détail. La plage de longueurs d'onde en dehors de ces limites n'est pas couverte.

Optique et photonique — Mesurage interférométrique de composants et systèmes optiques —

Partie 2: Mesurage et techniques d'évaluation

1 Domaine d'application

Le présent document donne des explications fondamentales sur les objets de mesurage interférométrique, décrit les aspects matériels des interféromètres et les méthodes d'évaluation, et donne des recommandations pour les rapports d'essai et certificats d'étalonnage.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Aucun terme n'est défini dans le présent document.

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 <http://www.electropedia.org/>

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/5f6b48c3-244b-47f9-bd1c-a8da54dbeb46/iso-tr-14999-2-2019>

4 Objets de mesurage

4.1 Surfaces

4.1.1 Surfaces frontières des composants optiques

Une tâche courante en interférométrie est le mesurage de la forme d'une surface. Cela peut être accompli de deux manières différentes. Soit la lumière réfléchie, soit la lumière transmise à travers une surface peut être utilisée pour le mesurage.

Le mesurage interférométrique est réalisé en comparant la différence des deux trajets optiques $\int nd$. Généralement, un trajet est appelé trajet de référence, l'autre, trajet de mesurage.

L'aberration d'onde résultante, ΔW , pour un déplacement d de la surface, s'il est mesuré en réflexion, est $\Delta W = 2nd$. Le même déplacement mesuré en transmission aboutit à l'aberration d'onde $\Delta W = (n_2 - n_1)d$.