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

Partie 4:

**Directives pour l'évaluation des
tolérances spécifiées dans l'ISO 10110**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Optics and photonics — Interferometric measurement of optical
elements and optical systems —*

*Part 4: Interpretation and evaluation of tolerances specified in ISO
10110*

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac525f32-4fd4-4b30-9506-
eb36e4861b21/iso-14999-4-2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac525f32-4fd4-4b30-9506-eb36e4861b21/iso-14999-4-2015)



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14999-4:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac525f32-4fd4-4b30-9506-eb36e4861b21/iso-14999-4-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015

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
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
3.1 Définitions mathématiques.....	1
3.2 Définition des fonctions optiques.....	2
3.3 Définitions des valeurs liées aux fonctions optiques définies en 3.2.....	5
3.4 Définition des polynômes de Zernike.....	7
3.5 Définition des fonctions et des termes du tolérancement de l'écart de pente.....	7
3.6 Définitions des valeurs du tolérancement de l'écart de pente.....	8
4 Mesurages interférométriques liés à l'écart de forme de surface ou à la déformation du front d'onde transmis	12
4.1 Surfaces d'essai.....	12
4.2 Grandeurs.....	12
4.3 Déformation du front d'onde transmis en simple passage.....	12
4.4 Déformation du front d'onde transmis en double passage.....	12
4.5 Écart de forme de la surface.....	12
4.6 Conversion à d'autres longueurs d'onde.....	13
5 Représentation de l'écart de front d'onde mesuré sous forme de coefficients de Zernike	13
6 Tolérancement de l'écart de pente	13
6.1 Mesurage unidimensionnel de l'écart de pente.....	14
6.2 Mesurage bidimensionnel de l'écart de pente.....	16
Annexe A (normative) Analyse visuelle des interférogrammes	18
Annexe B (normative) Polynômes de Zernike	27
Bibliographie	30

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/ac529b2-4fd4-4b50-9506-eb36e4861b21/iso-14999-4-2015).

Le comité technique responsable de l'élaboration du présent document est ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 1, *Normes fondamentales*

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 14999-4:2007), et inclus les changements suivants:

- a) articles sur le tolérancement cylindrique et les fronts d'onde toriques; la représentation de la déformation du front d'onde mesurée en termes de coefficients de Zernike, et le tolérancement de l'écart de pente.
- b) Le terme «grandeur A» a été remplacé par «écart de puissance». Pour plus de détails, voir 3.3.1, Note 2 à l'article.

L'ISO 14999 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Optique et photonique — Mesurage interférométrique de composants et de systèmes optiques*:

- *Partie 1: Termes, définitions et relations fondamentales* [Rapport technique]
- *Partie 2: Mesurage et techniques d'évaluation* [Rapport technique]
- *Partie 3: Étalonnage et validation des équipements d'essai interférométrique* [Rapport technique]
- *Partie 4: Directives pour l'évaluation des tolérances spécifiées dans l'ISO 10110*

Introduction

La présente partie de l'ISO 14999 fournit un cadre théorique servant de base aux indications de l'ISO 10110-5 et/ou de l'ISO 10110-14.

L'[Annexe B](#) de l'ISO 10110-5 contient un tableau reprenant la nomenclature, les fonctions et les valeurs correspondantes utilisées dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 14999-4.

L'ISO 10110-5 concerne les déformations de la forme d'une surface optique et fournit un moyen de spécifier des tolérances pour certains types de déformations de surface en termes de «nanomètres».

L'ISO 10110-14 concerne les déformations d'un front d'onde transmises une fois par un système optique et fournit un moyen de spécifier des types de déformation similaires en termes de «longueurs d'ondes» optiques.

Puisqu'il est courant de mesurer la déviation de forme de la surface par interférométrie comme étant la déformation de front d'onde provoqué par une seule réflexion depuis la surface optique à une incidence normale (90° par rapport à la surface), il est possible de décrire une seule définition de réduction des données interférométriques qui peut servir dans les deux cas. Un «interfrange» (comme défini dans l'ISO 10110-5) est égal à une déformation de surface qui provoque une déformation du front d'onde réfléchi d'une longueur d'onde

Certains facteurs d'échelle s'appliquent selon le type de configuration interférométrique, par exemple, si l'objet d'essai est mesuré en simple passage ou en double passage.

À cause d'une potentielle confusion ou d'une mauvaise interprétation il convient d'utiliser les unités nanomètres, au lieu des unités «interfranges» ou «longueurs d'onde», pour les écarts de forme de la surface ou la valeur de la déformation du front d'onde, lorsque cela est possible. Lorsque les unités «interfranges» ou «longueurs d'onde» sont utilisées, la longueur d'onde doit également être spécifiée.

[ISO 14999-4:2015](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac525f32-4fd4-4b30-9506-eb36e4861b21/iso-14999-4-2015>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 14999-4:2015

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac525f32-4fd4-4b30-9506-
eb36e4861b21/iso-14999-4-2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac525f32-4fd4-4b30-9506-eb36e4861b21/iso-14999-4-2015)

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

Partie 4:

Directives pour l'évaluation des tolérances spécifiées dans l'ISO 10110

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 14999 s'applique à l'interprétation de données interférométriques relatives au mesurage d'éléments optiques.

La présente partie de l'ISO 14999 donne des définitions des fonctions optiques et des valeurs spécifiées lors de la préparation des dessins relatifs aux éléments et aux systèmes optiques, réalisés conformément à l'ISO 10110-5 et/ou à l'ISO 10110-14. L'ISO 10110-5, Annexe B, contient un tableau reprenant la nomenclature, les fonctions et les valeurs correspondantes. Elle donne également des directives pour leur évaluation interférométriques par analyse visuelle.

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour 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 10110-5, *Optique et photonique — Indications sur les dessins pour éléments et systèmes optiques — Partie 5: Tolérances de forme de surface*

ISO 10110-14, *Optique et photonique — Préparation des dessins pour éléments et systèmes optiques — Partie 14: Tolérance de déformation du front d'onde*

ISO/TR 14999-2, *Optique et photonique — Mesurage interférométrique de composants et systèmes optiques — Partie 2: Mesurage et techniques d'évaluation*

3 Termes et définitions

3.1 Définitions mathématiques

3.1.1

fonction

description mathématique de la déformation mesurée du front d'onde et sa décomposition en éléments

Note 1 à l'article: Les fonctions utilisées dans la présente partie de l'ISO 14999 sont des fonctions scalaires.

3.1.2

valeur des maxima et des minima

PV (f)

<d'une fonction f > valeur maximale de la fonction à l'intérieur de la région concernée moins la valeur minimale de la fonction à l'intérieur de la région concernée

3.1.3
valeur moyenne quadratique

rms (f)

<d'une fonction f sur une surface donnée A > valeur donnée par l'une ou l'autre des expressions intégrales suivantes:

a) Coordonnées cartésiennes x et y

$$\text{rms}(f) = \left[\frac{\iint_{x,y} [f(x,y)]^2 dx dy}{\iint_{x,y} dx dy} \right]^{1/2} \quad \text{où } (x,y) \in A$$

b) Variables polaires r et θ

$$\text{rms}(f) = \left[\frac{\iint_{\theta,r} [f(r,\theta)]^2 r dr d\theta}{\iint_{\theta,r} r dr d\theta} \right]^{1/2} \quad \text{où } (r,\theta) \in A$$

Note 1 à l'article: Il est possible de faire une approximation de cette intégrale par l'écart-type si l'usage inclut un retrait de la valeur moyenne du front d'onde (piston), et à condition que la résolution de mesure soit spécifiée et suffisante.

iTeh STANDARD PREVIEW

3.2 Définition des fonctions optiques (standards.iteh.ai)

NOTE 1 Pour la relation entre les mesurages interférométriques et l'écart de forme de la surface et la déformation du front d'onde transmis, voir l'Article 4, ISO 14999-4:2015
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac525f32-4fd4-4b30-9506->

NOTE 2 Les fonctions optiques données dans ce paragraphe sont utilisées soit pour les fronts d'onde invariants de révolution (sphériques ou non sphériques) illustrés dans la Figure 1, soit pour les fronts d'onde cylindriques, illustrés dans la Figure 2. Les fonctions correspondant à chacune sont regroupées, les fonctions des fronts d'onde invariants de révolution en premier, les fonctions des fronts d'onde cylindriques ensuite. Les fonctions des fronts d'onde invariants de révolution restent inchangées par rapport à l'ISO 14999-4:2007.

NOTE 3 Le terme forme d'onde cylindrique est utilisé ici comme synonyme de fronts d'onde cylindriques circulaires, cylindriques non circulaires et toriques. Les fonctions peuvent également s'appliquer pour les fronts d'ondes générales proches des fronts d'onde cylindriques ou toriques.

3.2.1
déformation mesurée du front d'onde

f_{MWD}

fonction représentant les distances entre le front d'onde mesuré et le front d'onde théorique nominal, mesurées par rapport au front d'onde théorique nominal

Note 1 à l'article: Voir la Figure 1 a) et la Figure 2 a).

Note 2 à l'article: En cas de mesure tactile où les valeurs de mesure sont habituellement prises le long de la direction Z, les valeurs de mesure doivent être converties à la déformation mesurée du front d'onde f_{MWD} (distance perpendiculaire de la surface théorique).

3.2.2
inclinaison

f_{TLT}

fonction plane représentant la meilleure approximation linéaire (dans le sens de l'ajustement des moyennes quadratiques) de la déformation mesurée du front d'onde, f_{MWD}

Note 1 à l'article: Voir la Figure 1 b) et la Figure 2 b).

3.2.3**fonction décrivant le défaut d'alignement de révolution des fronts d'onde cylindriques** f_{TWST}

fonction de la forme de glissière utilisée pour l'élimination du défaut d'alignement de révolution

$$f_{TWST}(x, y) = const. * x * y$$

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

Note 2 à l'article: Un défaut d'alignement de révolution des axes cylindriques de l'onde d'essai et de la surface (respectivement l'objet soumis à essai et les éléments d'optique générant ou compensant le front de phase cylindrique ou torique) entraîne l'ajout d'un terme sous la forme d'une glissière. Ce terme peut être éliminé ou réduit en alignant avec précaution l'installation. Dans la plupart des cas pratiques, il est plus utile d'éliminer ce terme en le supprimant mathématiquement.

3.2.4**déformation du front d'onde** f_{WD} fonction résultant de la soustraction de l'inclinaison f_{TLT} de la déformation mesurée du front d'onde f_{MWD}

$$f_{WD} = f_{MWD} - f_{TLT}$$

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 1 c](#)).**3.2.5****déformation du front d'onde pour les fronts d'onde cylindriques** $f_{WD,CY}$ fonction résultant de la soustraction de l'inclinaison f_{TLT} et f_{TWST} de la déformation mesurée du front d'onde f_{MWD}

$$f_{WD,CY}(x, y) = f_{MWD}(x, y) - f_{TLT}(x, y) - f_{TWST}(x, y)$$

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 2 d](#)).**3.2.6****approximation sphérique du front d'onde** f_{WS} fonction de forme sphérique représentant la meilleure approximation (dans le sens de l'ajustement des moyennes quadratiques) de la déformation du front d'onde, f_{WD} Note 1 à l'article: Voir la [Figure 1 d](#)).**3.2.7****approximation cylindrique circulaire du front d'onde** $f_{WC,x}, f_{WC,y}$ fonctions de forme cylindrique représentant la meilleure approximation (dans le sens de l'ajustement des moyennes quadratiques) de la déformation du front d'onde, $f_{WD,CY}$

$$f_{WC,x}(x, y) = R_{x,fit} - \sqrt{R_{x,fit}^2 - x^2} + const.$$

$$f_{WC,y}(x, y) = R_{y,fit} - \sqrt{R_{y,fit}^2 - y^2} + const.$$

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

**3.2.8
irrégularité du front d'onde**

f_{WI}
fonction résultant de la soustraction de l'approximation sphérique du front d'onde f_{WS} de la déformation du front d'onde f_{WD}

$$f_{WI} = f_{WD} - f_{WS}$$

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

**3.2.9
irrégularité du front d'onde pour les fronts d'onde cylindriques**

$f_{WI, CY}$
fonction obtenue après la soustraction des approximations cylindriques circulaires du front d'onde f_{WC} ,
 x et $f_{WC, y}$

$$f_{WI, CY}(x, y) = f_{WD, CY}(x, y) - f_{WC, x}(x, y) - f_{WC, y}(x, y)$$

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

**3.2.10
approximation asphérique du front d'onde**

f_{WRI}
fonction asphérique invariante de révolution représentant la meilleure approximation (dans le sens de l'ajustement des moyennes quadratiques) de l'irrégularité du front d'onde, f_{WI}

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

**3.2.11
approximation cylindrique non circulaire du front d'onde**

$f_{WTI, x}$, $f_{WTI, y}$
fonction cylindrique circulaire invariante de translation représentant la meilleure approximation (dans le sens de l'ajustement des moyennes quadratiques) de l'irrégularité du front d'onde pour les fronts d'onde cylindriques, $f_{WI, CY}$ dans les directions x ou y respectivement

$$f_{WTI, x}(x, y) = f_{WTI, x}(x)$$

$$f_{WTI, y}(x, y) = f_{WTI, y}(y)$$

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

**3.2.12
écart du front d'onde de rotation variable**

f_{WRV}
fonction résultant de la soustraction de l'approximation asphérique du front d'onde f_{WRI} de l'irrégularité du front d'onde f_{WI}

$$f_{WRV} = f_{WI} - f_{WRI}$$

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

**3.2.13
écart par translation du front d'onde variable**

f_{WTV}
fonction obtenue après la soustraction des approximations cylindriques non circulaires du front d'onde $f_{WTI, x}$ et $f_{WTI, y}$

$$f_{WTV} = f_{WI, CY} - f_{WTI, x} - f_{WTI, y}$$

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

3.3 Définitions des valeurs liées aux fonctions optiques définies en 3.2

3.3.1

écart de puissance

PV (f_{WS})

valeur des maxima et des minima du front d'onde sphérique approchant

Note 1 à l'article: PV (f_{WS}) correspond à la grandeur A dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

Note 2 à l'article: Les versions précédentes de cette partie de l'ISO 14999 employaient le terme «défaut sagittal» pour représenter cette valeur. Pour plus de clarté, le terme «défaut sagittal» a été remplacé par «écart de puissance» pour refléter plus précisément la distance normale à une surface de référence, alors que le terme «défaut sagittal» se réfère à la distance parallèle de l'axe z à la surface.

3.3.2

écart de puissance des fronts d'onde cylindriques

PV ($f_{WC, x}$), PV ($f_{WC, y}$)

valeur des maxima et des minima des fronts d'onde cylindriques circulaires approchants dans les directions x et y respectivement

Note 1 à l'article: PV ($f_{WC, x}$) correspond à la grandeur AX et PV ($f_{WC, y}$) de la grandeur AY dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.3

irrégularité

PV (f_{WI})

valeur des maxima et des minima de l'irrégularité du front d'onde

Note 1 à l'article: PV (f_{WI}) correspond à la grandeur B dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.4

irrégularité pour les fronts d'onde cylindriques

PV ($f_{WI, CY}$)

valeur des maxima et des minima de l'irrégularité du front d'onde pour les fronts d'onde cylindriques

Note 1 à l'article: PV ($f_{WI, CY}$) correspond à la grandeur B dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.5

irrégularité invariante de révolution

PV (f_{WRI})

valeur des maxima et des minima de l'approximation asphérique du front d'onde

Note 1 à l'article: PV (f_{WRI}) correspond à la grandeur C dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.6

irrégularité invariante par translation des fronts d'onde cylindriques

PV ($f_{WTI, x}$), PV ($f_{WTI, y}$)

valeur des maxima et des minima de l'approximation cylindrique non circulaire du front d'onde

Note 1 à l'article: PV ($f_{WTI, x}$) correspond à la grandeur CX et PV ($f_{WTI, y}$) de la grandeur CY dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.7

irrégularité de rotation variable

PV (f_{WRV})

valeur des maxima et des minima de l'écart du front d'onde de rotation variable restant

3.3.8

irrégularité de translation variable

$PV(f_{WTV})$

valeur des maxima et des minima de l'écart du front d'onde de translation variable restant

3.3.9

total des moyennes quadratiques

$rms(f_{WD})$

valeur moyenne quadratique de la déformation du front d'onde

Note 1 à l'article: $rms(f_{WD})$ correspond à la grandeur RMSt dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.10

valeur moyenne quadratique totale des fronts d'onde cylindriques

$rms(f_{WD, CY})$

valeur moyenne quadratique de la déformation du front d'onde des fronts d'onde cylindriques

Note 1 à l'article: $rms(f_{WD, CY})$ correspond à la grandeur RMSt dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.11

irrégularité moyenne quadratique

$rms(f_{WI})$

valeur moyenne quadratique de l'irrégularité du front d'onde

Note 1 à l'article: $rms(f_{WI})$ correspond à la grandeur RMSi dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.12

irrégularité moyenne quadratique des fronts d'onde cylindriques

$rms(f_{WI, CY})$

valeur moyenne quadratique de l'irrégularité du front d'onde des fronts d'onde cylindriques

Note 1 à l'article: $rms(f_{WI, CY})$ correspond à la grandeur RMSi dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.13

moyenne quadratique de l'irrégularité invariante de révolution

$rms(f_{WRI})$

valeur moyenne quadratique de l'approximation asphérique du front d'onde

3.3.14

moyenne quadratique de l'irrégularité de translation invariante

$rms(f_{WTI, x}), rms(f_{WTI, y})$

valeur moyenne quadratique de l'approximation cylindrique non circulaire du front d'onde

3.3.15

moyenne quadratique de l'irrégularité de rotation variable

$rms(f_{WRV})$

valeur moyenne quadratique restant de l'écart du front d'onde de rotation variable

Note 1 à l'article: $rms(f_{WRV})$ correspond à la grandeur RMSa dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.

3.3.16

moyenne quadratique de l'irrégularité de translation variable

$rms(f_{WTV})$

valeur moyenne quadratique restant de l'écart du front d'onde de translation variable

Note 1 à l'article: $rms(f_{WTV})$ correspond à la grandeur RMSa dans l'ISO 10110-5 et l'ISO 10110-14.