



**Norme
internationale**

ISO 14880-2

**Optique et photonique — Réseaux
de microlentilles —**

Partie 2:
**Méthodes d'essai pour les
aberrations du front d'onde**

Optics and photonics — Microlens arrays —

Part 2: Test methods for wavefront aberrations

**Deuxième édition
2024-11**

[ISO 14880-2:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bf108ee0-ab99-43ef-9364-33179096f6ab/iso-14880-2-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bf108ee0-ab99-43ef-9364-33179096f6ab/iso-14880-2-2024>

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

[ISO 14880-2:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bf108ee0-ab99-43ef-9364-33179096f6ab/iso-14880-2-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bf108ee0-ab99-43ef-9364-33179096f6ab/iso-14880-2-2024>



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, définitions, symboles et termes abrégés	1
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Symboles et termes abrégés	1
4 Appareillage	2
5 Principe de l'essai	3
6 Configurations du mesurage	3
6.1 Configuration du mesurage pour les microlentilles uniques	3
6.2 Configuration du mesurage pour les réseaux de microlentilles	4
6.3 Alignement géométrique de l'échantillon	4
6.4 Préparation	4
7 Mode opératoire	4
8 Évaluation	4
9 Incertitude de mesure	5
10 Rapport d'essai	5
Annexe A (informative) Exigences de mesurage pour les méthodes d'essai de microlentilles	7
Annexe B (informative) Méthodes d'essai 1 et 2 de microlentilles en utilisant des interféromètres de type Mach-Zehnder	9
Annexe C (informative) Méthodes d'essai 3 et 4 de microlentilles en utilisant un interféromètre à déplacement latéral	15
Annexe D (informative) Méthode d'essai 5 de microlentilles en utilisant un détecteur de Shack-Hartmann	20
Annexe E (informative) Méthode d'essai 1 de réseau de microlentilles en utilisant un interféromètre de Twyman-Green	22
Annexe F (informative) Mesurage de l'uniformité d'un réseau de microlentilles en utilisant la Méthode d'essai 2	24
Bibliographie	27

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 comité responsable du présent document est l'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 14880-2:2006) qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- le texte de l'[Annexe E](#) a été révisé;
- la [Figure E.1](#) a été remplacée;
- les références et la numérotation ont été confirmées.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 14880 se trouve sur le site web 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/members.html.

Introduction

Parmi les exemples d'applications des réseaux de microlentilles figurent les affichages tridimensionnels, l'optique de couplage associée aux sources de rayonnement optique en réseau et aux photo-détecteurs, l'optique améliorée pour les affichages à cristaux liquides et les éléments optiques des processeurs parallèles.

Le marché des réseaux de microlentilles a créé un besoin d'accord sur la terminologie de base et sur les méthodes d'essai afin de définir les réseaux de microlentilles. Une terminologie normalisée et des définitions claires sont nécessaires non seulement pour promouvoir les applications mais également pour encourager les scientifiques et les ingénieurs à échanger des idées et de nouveaux concepts basés sur une compréhension commune.

Les microlentilles sont utilisées sous forme de lentilles uniques ou en réseaux de deux lentilles ou plus. Les caractéristiques des lentilles sont fondamentalement évaluées avec une seule lentille. Il est donc important de pouvoir évaluer la caractéristique de base d'une lentille unique. Toutefois, si un grand nombre de lentilles se composent d'un seul substrat, le mesurage de l'ensemble du réseau prendra beaucoup de temps et sera onéreux. En outre, des méthodes de mesure des formes des lentilles sont indispensables en tant qu'outil de production.

Les paramètres caractéristiques sont définis et des exemples d'applications sont donnés dans l'ISO 14880-1. Elle a été complétée par un ensemble de trois autres Normes internationales, ISO 14880-2, ISO 14880-3 et ISO 14880-4.

Le présent document spécifie les méthodes de mesure de la qualité du front d'onde. La qualité du front d'onde est la caractéristique de base des performances d'une microlentille. Les caractéristiques autres que les aberrations du front d'onde sont spécifiées dans l'ISO 14880-3, l'ISO 14880-4.

L'ISO/TR 14880-5 guide l'utilisateur dans le choix de la méthode de mesure appropriée parmi la série de normes ISO 14880.

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

[ISO 14880-2:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bf108ee0-ab99-43ef-9364-33179096f6ab/iso-14880-2-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/bf108ee0-ab99-43ef-9364-33179096f6ab/iso-14880-2-2024>

Optique et photonique — Réseaux de microlentilles —

Partie 2:

Méthodes d'essai pour les aberrations du front d'onde

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes d'essai des aberrations du front d'onde pour les microlentilles en réseaux. Il s'applique aux réseaux de très petites lentilles qui composent l'intérieur ou bien une ou plusieurs surfaces d'un substrat commun.

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 14880-1, *Optique et photonique — Réseaux de microlentilles — Partie 1: Vocabulaire*

3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 14880-1 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/>

3.2 Symboles et termes abrégés

Le [Tableau 1](#) liste les symboles, les termes abrégés et les unités de mesure associés utilisés dans le présent document.

Tableau 1 — Symboles, termes abrégés et unités de mesure

Symbole	Unité	Terme
Φ	μm	aberration du front d'onde
Φ_{p-v}	μm	valeur de l'aberration du front d'onde pic-vallée
Φ_{rms}	μm	moyenne quadratique de l'aberration du front d'onde
λ	μm	longueur d'onde
θ	degré (°)	angle de réception
NA	aucune	ouverture numérique

NOTE L'aberration du front d'onde, les valeurs de l'aberration du front d'onde pic-vallée et les valeurs de la moyenne quadratique de l'aberration du front d'onde sont souvent exprimées en unités " λ " sur la base des résultats des mesures d'interférométrie. L'aberration du front d'onde est exprimée en multiples de " λ " (longueur d'onde (μm)) de la source de lumière laser utilisée dans l'interféromètre.

4 Appareillage

Le système d'essai se compose d'une source de rayonnement optique, d'une lentille collimatrice, d'un dispositif de limitation de l'ouverture de mesure, d'un porte-échantillon, d'une optique d'imagerie, d'un capteur d'images et d'un système d'analyse des motifs d'interférences^{[4][5][7][8][12][15][25]}.

4.1 Source de rayonnement optique normalisée.

Une source de rayonnement optique adaptée aux essais des aberrations du front d'onde des microlentilles doit être utilisée. Les aberrations du front d'onde incident sur l'équipement d'essai doivent avoir un écart quadratique moyen inférieur ou égal à $\lambda/20$, à la longueur d'onde opérationnelle, sur une surface correspondant à l'ouverture effective de la microlentille soumise à essai. Pour plus d'information sur le calcul des valeurs rms, se reporter à l'ISO 14999-4:2015, 3.1.3.

La longueur d'onde centrale, la demi-largeur du spectre, le type de source de rayonnement optique, les états de polarisation (rayonnement optique à polarisation aléatoire, rayonnement optique à polarisation linéaire, rayonnement optique à polarisation circulaire, etc.), l'angle de luminance (en mrad), la taille du point focal ou le col du laser font partie des propriétés de la source à spécifier. Sinon, la spécification de la source de rayonnement doit être décrite dans le rapport d'essai. L'ISO 12005 traite d'une méthode de détermination de l'état de polarisation d'un faisceau laser^[11].

NOTE 1 Les lasers à He-Ne sont parfois utilisés. D'autres lasers à gaz, des lasers solides, à semi-conducteurs (LD) ainsi que des diodes électroluminescentes (DEL) sont également utilisés.

NOTE 2 Les LD et les DEL sont utilisées avec des optiques de mise en forme du faisceau si nécessaire.

4.2 Lentille étalon (lentille de référence).

Lors de l'utilisation d'une lentille étalon comme référence ou pour créer une onde sphérique idéale, les aberrations du front d'onde de cette lentille doivent être inférieures d'au moins un ordre de grandeur à celles de la lentille soumise à essai ou doivent être inférieure à $\lambda/20$ rms de la moyenne quadratique de l'écart.

La lentille de l'objectif d'un microscope optique est généralement utilisée comme lentille étalon; elle doit être spécifiée avec une ouverture numérique effective. Les indications suivantes doivent être fournies:

- ouverture effective;
- distance focale à la longueur d'onde opérationnelle.

Pour le mesurage des aberrations du front d'onde, la géométrie d'essai se limite au cas ∞/f pour les points conjugués de la lentille.

4.3 Collimateur.

L'optique du collimateur doit avoir une ouverture numérique plus grande que l'ouverture numérique maximale de l'échantillon pour essai et suffisante pour éviter les effets de la diffraction. Il convient que les aberrations du front d'onde soient inférieures à la valeur du critère de Maréchal et/ou à la valeur de la définition de Strehl (toutes deux $\lambda/14$: 0,07 λ rms). Toutefois, il est recommandé qu'elles soient inférieures à $\lambda/20$ à la longueur d'onde opérationnelle.

Dans le cas contraire, il convient que la spécification utilisée soit décrite dans le rapport d'essai.

4.4 Système optique de réduction du faisceau.

Un système télescopique se composant de deux lentilles convexes afocales est utilisé pour adapter la section du faisceau au détecteur matriciel. Le rapport des longueurs focales donne le facteur de réduction. Il est recommandé que les aberrations du front d'onde soient inférieures à $\lambda/20$ à la longueur d'onde opérationnelle.

NOTE Le diamètre de la surface de la lentille évaluée peut être réglé à l'aide d'un logiciel sur l'ouverture effective afin d'éviter une diffraction supplémentaire au niveau de l'ouverture physique.

4.5 Diaphragme.

Un diaphragme est placé dans le faisceau de rayonnement optique de l'équipement d'essai afin de limiter le diamètre du faisceau optique incident sur la lentille à soumettre à essai. Ce diaphragme peut également être défini à partir d'un logiciel tronçateur.

5 Principe de l'essai

Les aberrations du front d'onde de la microlentille pour essai doivent être déterminées à l'aide d'un interféromètre ou de tout autre dispositif d'essai du front d'onde décrit dans les annexes. Il faut prendre des précautions en cas d'utilisation de faisceaux gaussiens de petit diamètre car la théorie de l'optique géométrique ne s'applique pas à la propagation de ces faisceaux. La surface du détecteur et la pupille d'entrée ou de sortie de la microlentille pour essai doivent être des points conjugués. Une ouverture est utilisée pour analyser les données afin de rechercher les aberrations du front d'onde^{[13][14][16][17][18]}.

La méthode d'essai choisie doit être adaptée à l'application. Des applications à simple passage nécessitent d'effectuer les essais avec des interféromètres à simple passage^[13].

NOTE Les interféromètres utilisent souvent une source laser pour l'essai interférométrique. Les limites diélectriques contribueront à créer des réflexions indésirables, de la lumière parasite et des motifs de franges fausses. Cela peut créer de graves problèmes si l'on choisit un montage en double passage du rayonnement optique réfléchi, lors de l'utilisation d'interféromètres de Fizeau ou de Twyman-Green.

Les configurations utilisant le rayonnement optique transmis sont moins perturbées par des franges parasites que les interféromètres classiques. Il est préférable d'utiliser des interféromètres de type Mach-Zehnder ou à déplacement latéral ou encore aux configurations de Shack-Hartmann du rayonnement optique transmis. Pour le mesurage des aberrations du front d'onde, un montage en simple passage du rayonnement optique transmis sera donc privilégié pour réduire les réflexions parasites.

6 Configurations du mesurage

6.1 Configuration du mesurage pour les microlentilles uniques

Des interféromètres ou des détecteurs de front d'onde doivent être utilisés pour mesurer le front d'onde transmis de la microlentille soumise à essai. Les interféromètres à simple passage, tels que ceux de Mach-Zehnder, les interféromètres à déplacement latéral ou à double passage, tels que ceux de Fizeau et de Twyman-Green ainsi que les détecteurs de front d'onde de Shack-Hartmann peuvent être utilisés pour effectuer les essais présentés dans les [Annexes B à D](#).

Les exigences relatives au mesurage doivent être définies. Les critères types pour le choix d'une méthode déterminée sont

- l'incertitude de mesure requise,
- les propriétés à mesurer,
- la souplesse du mesurage,
- le coût, et
- l'essai du point focal sur une lentille ou mesurage complet.

Pour plus de détails, voir l'ISO/TR 14999-2.

6.2 Configuration du mesurage pour les réseaux de microlentilles

Des interféromètres ou des détecteurs de front d'onde doivent être utilisés pour mesurer simultanément des réseaux complets ou des parties de réseaux dans le rayonnement transmis. Des configurations types d'essai sont décrites dans les [Annexes E](#) et [F](#).

NOTE Alors que l'essai de lentilles uniques sélectionnées dans un réseau peut être effectué en éclairant avec une onde sphérique, ce n'est généralement pas possible pour les essais d'un réseau. Dans ce cas, un éclairage avec une onde plane est alors mieux adaptée ou des dispositions particulières faisant intervenir des éléments de division du front d'onde par diffraction sont à utiliser^[13].

6.3 Alignement géométrique de l'échantillon

En général, la microlentille soumise à essai et son optique de couplage doivent être mises en alignement coaxial avec les instruments de mesure du front d'onde. Des instruments et/ou dispositifs d'alignement optique sont disponibles dans le commerce à cet effet.

L'échantillon peut être placé sur une platine telle qu'un support pneumatique ayant deux ou trois degrés de liberté d'ajustement.

6.4 Préparation

Pour obtenir des résultats homogènes, l'équipement d'essai doit être maintenu dans un environnement contrôlé en température et ne pas être exposé à des vibrations. L'utilisation d'une table optique est recommandée.

Les surfaces optiques à soumettre à essai doivent être propres. Les surfaces en verre non revêtues peuvent être nettoyées en toute sécurité avec de l'alcool et de la ouate. Avant de la passer une seule fois sur la surface et de la jeter ensuite, il convient d'imprégner la ouate d'une toute petite quantité de solvant, ce afin de réduire les risques de rayure de la surface à leur valeur minimale. La poussière peut être retirée à l'aide d'une brosse propre en poil de chameau ou d'air comprimé filtré.

Il convient d'être très prudent avec les surfaces optiques revêtues, telles que les surfaces antireflet, et de ne les nettoyer que si c'est absolument nécessaire. Elles peuvent être dépoussiérées à l'air comprimé filtré.

Il convient de demander des conseils sur l'utilisation correcte des solvants, tissus de coton ou autres matériaux de nettoyage.

7 Mode opératoire

Les exigences de mesurage et les méthodes types de mesurage des aberrations du front d'onde des lentilles uniques sont décrites dans les [Annexes A](#) à [D](#).

Des exemples de mesurage des aberrations du front d'onde des réseaux de microlentilles sont décrits dans les [Annexes E](#) et [F](#).

8 Évaluation

L'aberration du front d'onde peut être calculée à partir de l'interférogramme^{[12][16]} ou d'autres systèmes de mesure du front d'onde, décrits dans les [Annexes A](#) à [F](#). Un logiciel spécifié permet de déduire les coefficients primaires de Zernike à partir des aberrations du front d'onde de lentilles sphériques à pupille circulaire.

NOTE 1 Les aberrations de front d'onde typiques décrites par les coefficients de Zernike sont

- l'aberration sphérique,
- l'astigmatisme, et

— le coma.

NOTE 2 Pour d'autres formes de pupille de lentille (par exemple rectangulaire), voir l'ISO/TR 14999-2.

Les aberrations du front d'onde mesurées sur les échantillons doivent être évaluées et consignées, par exemple, en valeurs pic-vallée ou en moyennes quadratiques. L'ISO 14999-4 donne des définitions de ces termes relatifs aux mesurages optiques.

Il convient d'être prudent en interprétant les valeurs pic-vallée car elles sont perturbées par des valeurs parasites. Il est recommandé d'utiliser à la place plusieurs fois (au moins trois fois) le chiffre de la moyenne quadratique.

9 Incertitude de mesure

Les aberrations du front d'onde d'un échantillon sont mesurées par un système d'essai du front d'onde qui peut lui-même introduire certaines aberrations. L'incertitude de mesure peut être améliorée en soustrayant les aberrations du système^{[9][10]}.

10 Rapport d'essai

Les résultats des essais doivent être consignés et comporter les informations suivantes, s'il y a lieu:

a) informations générales:

- 1) essai effectué conformément à l'ISO 14880-2:2024;
- 2) date de l'essai;
- 3) nom et adresse de l'organisation effectuant l'essai;
- 4) nom de la personne ayant effectué l'essai;

b) informations concernant la lentille soumise à essai:

1) type de lentille;

2) fabricant;

3) modèle;

4) numéro de série;

c) conditions d'essai (conditions environnementales):

1) température;

2) humidité relative;

d) informations concernant les essais et l'évaluation:

1) méthode d'essai utilisée;

2) système optique utilisé;

3) irradiation:

i) type de source,

ii) longueur d'onde,

iii) FWHM (largeur à mi-hauteur) du spectre de rayonnement optique,

iv) état de polarisation,