
**Optique et photonique — Matériaux
et composants optiques — Méthode
d'essai d'homogénéité des verres
optiques par interférométrie laser**

*Optics and photonics — Optical materials and components — Test
method for homogeneity of optical glasses by laser interferometry*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17411:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/655b6266-5d45-412c-9cca-0725d7f5735b/iso-17411-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17411:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/655b6266-5d45-412c-9cca-0725d7f5735b/iso-17411-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

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 Principe	2
5 Appareillage de mesure	2
5.1 Généralités	2
5.2 Interféromètre laser	3
5.3 Appareil d'analyse d'interférogramme	3
5.4 Enceinte thermostatique	3
5.5 Dispositif d'isolation des vibrations	3
5.6 Plateforme d'ajustement biaxial	3
6 Préparation de la pièce d'essai	4
6.1 Généralités	4
6.2 Méthode par transmission	4
6.3 Méthode PHom	4
6.4 Méthode de la lame huilée	4
6.5 Méthodes FT-PSI et SCI	4
7 Mise en place	4
8 Mesurage	5
8.1 Généralités	5
8.2 Méthode par transmission	5
8.3 Méthode PHom	5
8.4 Méthode de la lame huilée	6
8.5 Méthode FT-PSI et méthode SCI	6
9 Calcul	6
10 Rapport d'essai	7
10.1 Exigences	7
10.2 Facultatif	7
Annexe A (informative) Interféromètre laser	8
Annexe B (informative) Stabilité thermique pour les mesurages d'homogénéité	11
Annexe C (normative) Mesurage par la méthode de la lame huilée	14
Annexe D (informative) Planéité de la pièce d'essai	19
Annexe E (informative) Méthode de détermination de W_{PV}	20
Annexe F (informative) Mesurage à l'aide de la méthode PHom (homogénéité de la pièce d'essai polie)	22
Annexe G (normative) Méthode permettant de mesurer la variation linéaire parmi les variations de l'indice de réfraction	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'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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 3, *Matériaux et composants optiques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 17411:2014), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- la méthode PHom a été ajoutée;
- la méthode FT-PSI et la méthode SCI ont été ajoutées;
- la variation linéaire de l'indice de réfraction est décrite comme étant un objectif d'évaluation.

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

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation d'un brevet.

L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à l'ISO qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. À ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à l'ISO. Des informations peuvent être obtenues dans la base de données des brevets disponible à l'adresse www.iso.org/brevets.

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 autres que ceux mentionnés dans la base de données des brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17411:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/655b6266-5d45-412c-9cca-0725d7f5735b/iso-17411-2022>

Optique et photonique — Matériaux et composants optiques — Méthode d'essai d'homogénéité des verres optiques par interférométrie laser

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie la méthode de mesure de l'homogénéité de l'indice de réfraction des verres optiques par interférométrie laser des classes définies dans l'ISO 10110-18 et l'ISO 12123.

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 80000-1, *Grandeurs et unités — Partie 1: Généralités*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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

homogénéité de l'indice de réfraction

variation maxima et minima (PV) de l'indice de réfraction dans la zone prédéterminée d'une pièce d'essai individuelle

3.2

liquide d'adaptation d'indice

liquide transparent dont l'indice de réfraction est équivalent ou voisin de celui d'une pièce d'essai à la longueur d'onde du laser à utiliser et à la température de mesure

3.3

lame huilée

lame plane, obtenue par polissage d'un verre optique, utilisée pour la correction de la planéité par collage à une pièce d'essai en utilisant un *liquide d'adaptation d'indice* (3.2) (parfois appelé «huile») comme liquide intermédiaire

3.4

variation des maxima et minima du front d'onde

valeur PV du front d'onde

W_{PV}

valeur maximale moins la valeur minimale du front d'onde dans la plage d'observation, telle qu'elle est observée par l'interféromètre lorsque la lumière traverse une fois la pièce à soumettre à l'essai

Note 1 à l'article: W_{PV} est analogue aux maxima et minima de f_{WD} dans l'ISO 14999-4^[3]

4 Principe

La variation des maxima et minima du front d'onde, W_{PV} , d'un faisceau lumineux, transmis par un objet d'essai présentant une planéité suffisante, est mesuré à l'aide d'un interféromètre laser, et l'homogénéité de l'indice de réfraction de la pièce d'essai est obtenue.

L'une des méthodes suivantes peut être utilisée:

a) Méthode par transmission.

La méthode par transmission est la méthode préférée pour les pièces polies avec des surfaces optiques parallèles planes (par exemple fenêtres optiques) pour éviter la contamination avec le liquide d'adaptation d'indice. L'un des inconvénients de cette méthode est que les déformations du front d'onde causées par la déformation de la surface de la pièce d'essai influencent la W_{PV} résultant et ne peuvent pas être séparées des déformations du front d'onde causées par le manque d'homogénéité de l'indice de réfraction.

b) Méthode PHom.

La méthode PHom est la méthode préférée pour couvrir une large gamme de matériaux ayant des indices de réfraction différents; elle conduit à de résultats de grande justesse et précision pour l'homogénéité de l'indice de réfraction et il convient donc de l'utiliser pour les matériaux très homogènes (différence entre les indices de réfraction $\leq 2 \times 10^{-6}$).

c) Méthode de la lame huilée.

La méthode de la lame huilée nécessite un effort moindre en termes de préparation de la pièce d'essai et de montage de mesure, mais chaque type de verre nécessite un liquide d'adaptation d'indice spécifique.

En réduisant au minimum les facteurs d'erreur (par exemple stabilisation de la température, préparation du liquide d'adaptation d'indice de réfraction) et en améliorant la compétence du métrologue, il est possible d'obtenir la même justesse et précision que pour la méthode PHom.

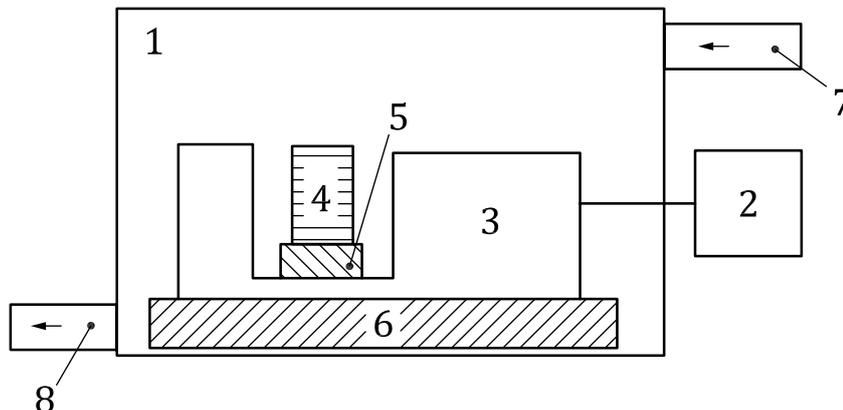
d) Méthode FT-PSI et méthode SCI.

Avec l'interférométrie à décalage de phase par transformée de Fourier (méthode FT-PSI^[4]) et l'interférométrie à contrôle spectral (méthode SCI^{[5][6]}), il est possible d'observer la composante de variation linéaire de l'indice de réfraction (voir l'Annexe G).

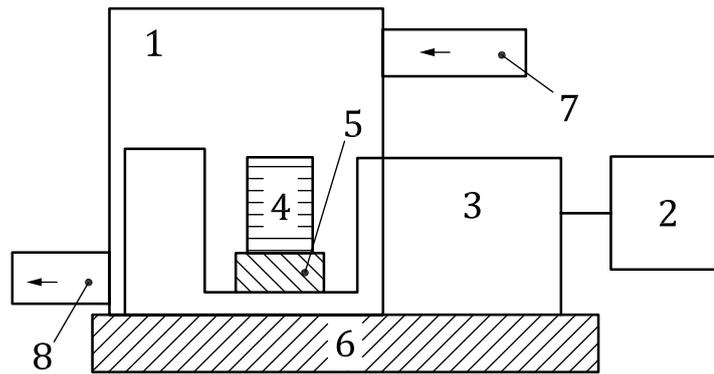
5 Appareillage de mesure

5.1 Généralités

Des exemples d'appareils de mesure sont illustrés à la Figure 1. Des détails sont spécifiés de 5.2 à 5.6.



a) Premier exemple de composition de l'appareillage de mesure



b) Second exemple de composition de l'appareillage de mesure

Légende

- 1 enceinte thermostatique
- 2 appareil d'analyse d'interférogramme
- 3 interféromètre laser
- 4 montage de composition de l'objet d'essai (pièce d'essai, lame huilée et dispositif pour les maintenir)
- 5 plateforme d'ajustement biaxial (pour la méthode PHom, FT-PSI et SCI)
- 6 table d'isolation contre les vibrations
- 7 entrée d'air conditionné
- 8 sortie de ventilation

Figure 1 — Exemples de composition de l'appareillage de mesure

5.2 Interféromètre laser

ISO 17411:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/655b6266-5d45-412c-9cca->

L'interféromètre laser à utiliser doit posséder un laser comme source lumineuse et un système optique dans lequel le front d'onde d'un faisceau lumineux forme un plan. Des exemples d'interféromètres de ce type sont donnés dans l'[Annexe A](#).

5.3 Appareil d'analyse d'interférogramme

L'appareil d'analyse d'interférogramme à utiliser doit être capable d'obtenir la W_{PV} du front d'onde à partir d'un interférogramme.

5.4 Enceinte thermostatique

L'enceinte thermostatique à utiliser doit être capable de maintenir l'interféromètre et l'objet d'essai à une température donnée. La température dans les conditions atmosphériques doit être comprise entre 20 °C et 25 °C suivant le but de l'essai. Il convient que la plage de fluctuation de la température (dans l'espace et pendant la durée de la mesure) soit inférieure à 0,4 °C. Voir l'[Annexe B](#).

5.5 Dispositif d'isolation des vibrations

Le dispositif d'isolation des vibrations à utiliser doit être capable d'éliminer l'effet des vibrations de l'extérieur dans l'interféromètre et l'objet d'essai. Il convient de le prévoir pour effectuer des mesurages de haute justesse et précision.

5.6 Plateforme d'ajustement biaxial

La plateforme d'ajustement biaxial doit être utilisée pour la méthode PHom. La méthode PHom nécessite l'alignement du faisceau lumineux réfléchi sur les surfaces avant et arrière de l'objet d'essai.

À ce moment-là, l'angle d'orientation/d'inclinaison de l'objet d'essai est ajusté par cet équipement. Cette opération n'est pas exigée, à moins que le mesurage soit réalisé par la méthode PHom, FT-PSI ou SCI.

6 Préparation de la pièce d'essai

6.1 Généralités

La pièce d'essai doit comporter au moins deux surfaces parallèles (les surfaces d'extrémité) et son épaisseur (hauteur) doit être orientée dans la direction d'observation (qui est la direction de l'axe optique du trajet du faisceau d'un interféromètre). L'épaisseur dans la direction d'observation doit être suffisante pour obtenir une valeur mesurée fidèle et juste.

6.2 Méthode par transmission

Les deux extrémités de surfaces (surfaces perpendiculaires à l'axe optique) d'une pièce d'essai doivent être polies pour obtenir une planéité inférieure à 32 nm PV ($\lambda/20$, λ étant la longueur d'onde du laser). Une mauvaise planéité entraîne une erreur de mesure, telle que décrit à l'[Annexe D](#). Dans le cas où la planéité requise ne peut pas être obtenue, les méthodes PHom (voir [6.3](#)), de la lame huilée (voir [6.4](#)) ou FT-PSI/SCI (voir [6.5](#)) sont recommandées à la place.

6.3 Méthode PHom

Les deux extrémités de surfaces (surfaces perpendiculaires à l'axe optique) d'une pièce d'essai doivent être polies pour obtenir une planéité inférieure à 1 900 nm PV (PV 3 ondes).

Un petit coin de calage entre les surfaces planes est requis pour éviter les interférences entre le front d'onde réfléchi de ces extrémités de surfaces (par exemple $0,10^\circ \pm 0,05^\circ$ valable pour un diamètre de la pièce d'essai allant jusqu'à 350 mm et une épaisseur allant jusqu'à 230 mm).

Pour plus d'informations sur la méthode PHom, voir l'[Annexe F](#).

6.4 Méthode de la lame huilée

Les deux extrémités de surfaces (surfaces perpendiculaires à l'axe optique) d'une pièce d'essai doivent être finement rectifiées pour obtenir une planéité inférieure à 20 000 nm PV. Pour obtenir des résultats d'une plus grande précision et justesse, une meilleure planéité pourrait être utile. Pour plus de détails, voir l'[Annexe C](#).

6.5 Méthodes FT-PSI et SCI

Ces deux méthodes peuvent utiliser des pièces d'essai qui sont des lames polies à faces parallèles (conformément à l'[Annexe G](#)). Elles sont indispensables lorsqu'il est nécessaire d'observer la variation linéaire de l'indice de réfraction. Dans ce cas, le degré de parallélisme doit être tel que des franges d'interférence sur la réflexion sur la surface avant, la réflexion de la surface arrière et le front d'onde transmis de la zone d'observation peuvent être observées simultanément. La planéité est la même que celle des pièces d'essai de la méthode PHom (voir [6.3](#)).

7 Mise en place

La mise en place doit être réalisée comme suit:

- a) Éliminer la saleté sur les surfaces de la pièce d'essai et les lames huilées, en cas d'utilisation.
- b) Installer l'objet d'essai dans l'interféromètre de manière à ce que la zone prédéfinie de l'objet d'essai s'intègre dans le trajet du faisceau de l'interféromètre. En cas d'utilisation de lames huilées, attacher celles-ci à la pièce d'essai avec le liquide d'adaptation d'indice inséré entre les surfaces de

la pièce d'essai et les lames huilées. Pendant cette opération, ne pas laisser de bulles d'air se former dans le liquide d'adaptation d'indice.

- c) Laisser reposer l'objet d'essai ainsi mis en place jusqu'à ce que sa température soit de nouveau égale à celle de l'environnement de mesure comme indiqué en 5.4. En cas d'utilisation de lames huilées, laisser reposer l'objet d'essai installé jusqu'à ce que l'épaisseur de la couche de liquide d'adaptation d'indice de réfraction entre les surfaces appariées ne varie plus.
- d) Ajuster les optiques de l'interféromètre de manière à réduire le nombre de franges d'interférence et supprimer l'élément d'inclinaison des franges d'interférence. Pour éviter les effets des interférences du trajet courant à l'intérieur de l'objet d'essai (dans le cas où le parallélisme des surfaces planes de l'objet d'essai est bon), l'objet d'essai doit être incliné par rapport au faisceau lumineux. L'angle d'inclinaison approprié dépend des détails de l'objet d'essai et de l'interféromètre, et il est souvent de l'ordre de grandeur de $0,1^\circ$. Après l'ajustement, réaliser le mesurage.
- e) Déterminer la W_{pv} du faisceau lumineux ayant traversé le système de mesure de l'objet d'essai à partir de l'interférogramme.

8 Mesurage

8.1 Généralités

Le mesurage doit être réalisé comme suit.

Il convient de réaliser le mesurage au moins deux fois en répétant la série d'opérations décrite aux 7 d) et 7 e). Lorsque la valeur mesurée est une moyenne, il convient de le préciser dans le rapport d'essai.

Les erreurs des résultats d'essai sont attribuables aux irrégularités du front d'onde du système optique de l'interféromètre, aux irrégularités du front d'onde dues à l'homogénéité de l'indice de réfraction et à la planéité d'une lame huilée. Par conséquent, pour obtenir le front d'onde du faisceau lumineux ayant traversé l'objet d'essai, il convient de corriger ces erreurs et de déterminer la W_{pv} après correction. L'Annexe E donne un exemple de mesure de la W_{pv} .

8.2 Méthode par transmission

Deux mesurages doivent être réalisés.

- a) Mesurage du front d'onde de la pièce d'essai transmis conformément à l'Article 7.
- b) Mesurage de la cavité vide pour capturer les irrégularités du système de mesure.

La correction des irrégularités du système optique de l'interféromètre peut être obtenue en soustrayant le mesurage de la cavité vide du mesurage de la pièce d'essai.

Un mesurage de cavité vide peut être utilisé pour corriger les irrégularités de plusieurs mesurages du facteur de transmission des pièces d'essai.

8.3 Méthode PHom

Quatre mesurages doivent être réalisés.

- a) La surface avant de la pièce d'essai doit être placée orthogonalement à l'axe optique et le front d'onde réfléchi doit être mesuré conformément à l'Article 7.
- b) La surface arrière de la pièce d'essai doit être placée perpendiculairement au faisceau lumineux et le front d'onde réfléchi doit être mesuré conformément à l'Article 7.
- c) Le mesurage du facteur de transmission de la pièce d'essai doit être réalisé conformément à l'Article 7.

- d) La mesure du front d'onde transmis de la pièce d'essai doit être effectuée conformément à l'[Article 7](#).
- e) Le mesurage de la cavité vide doit être réalisé pour capturer les irrégularités du système de mesure.

La correction des irrégularités du système optique de l'interféromètre est obtenue par le calcul du front d'onde conformément à l'[Annexe F](#).

8.4 Méthode de la lame huilée

Deux mesurages doivent être réalisés:

- a) Attacher la pièce d'essai et les lames huilées ensemble en utilisant l'huile d'adaptation d'indice conformément à l'[Annexe C](#), et réaliser un mesurage du facteur de transmission conformément à l'[Article 7](#).
- b) Attacher seulement les lames huilées ensemble en utilisant l'huile d'adaptation d'indice conformément à l'[Annexe C](#), et réaliser un mesurage du facteur de transmission pour capturer les irrégularités du système de mesure et des lames huilées.

Pour la correction des irrégularités du système optique de l'interféromètre et des lames huilées, voir [C.2](#).

Si plusieurs pièces d'essai constituées du même type de verre sont mesurées conformément à [8.4 a\)](#), un seul mesurage conformément à [8.4 b\)](#) peut être utilisé pour corriger les irrégularités de tous les mesurages.

8.5 Méthode FT-PSI et méthode SCI

Quatre mesurages doivent être réalisés.

Pour les méthodes FT-PSI et SCI, les méthodes de mesure correspondantes sont décrites dans l'[Annexe G](#).

9 Calcul

Le calcul du résultat d'essai doit être réalisé comme suit:

- a) L'homogénéité de l'indice de réfraction doit être calculée à l'aide de la [Formule \(1\)](#).

$$\Delta n_{PV} = \frac{W_{PV} \cdot \lambda}{t} \quad (1)$$

où

Δn_{PV} est l'homogénéité de l'indice de réfraction de la pièce d'essai;

W_{PV} est la W_{PV} (onde);

NOTE La W_{PV} est sans dimension. Le mot «onde» est employé ici pour des raisons pratiques, il ne s'agit pas du nom d'une unité.

λ est la longueur d'onde du laser (m);

t est l'épaisseur de la pièce d'essai (m).

- b) Pour le rapport, l'homogénéité de l'indice de réfraction doit être arrondie à deux chiffres significatifs conformément à l'ISO 80000-1. Cependant, lorsqu'elle est inférieure à 1×10^{-6} , elle doit être arrondie à un chiffre significatif.

Un exemple de calcul est donné dans la [Formule \(2\)](#). Ici: