



## 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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 10110-5 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et instruments d'optique*, sous-comité SC 1, *Normes fondamentales*.

L'ISO 10110 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Optique et instruments d'optique — Indications sur les dessins pour éléments et systèmes optiques*:

- *Partie 1: Généralités*
- *Partie 2: Imperfections des matériaux — Biréfringence sous contrainte*
- *Partie 3: Imperfections des matériaux — Bulles et inclusions*
- *Partie 4: Imperfections des matériaux — Homogénéités et stries*
- *Partie 5: Tolérances de forme de surface*
- *Partie 6: Tolérances de centrage*
- *Partie 7: Tolérances d'imperfection de surface*
- *Partie 8: État de surface*

© ISO 1996

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

- *Partie 9: Traitement de surface et revêtement*
- *Partie 10: Tableau représentant les données d'une lentille*
- *Partie 11: Données non tolérancées*
- *Partie 12: Surfaces asphériques*
- *Partie 13: Seuil de dommage au rayonnement laser*

Les annexes A, B, C et D de la présente partie de l'ISO 10110 sont données uniquement à titre d'information.

## **iTeh STANDARD PREVIEW** **(standards.iteh.ai)**

[ISO 10110-5:1996](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f051b281-47d0-4d0a-aa0e-f683b986509c/iso-10110-5-1996)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f051b281-47d0-4d0a-aa0e-f683b986509c/iso-10110-5-1996>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 10110-5:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f051b281-47d0-4d0a-aa0e-f83b986509c/iso-10110-5-1996>

# Optique et instruments d'optique — Indications sur les dessins pour éléments et systèmes optiques —

## Partie 5: Tolérances de forme de surface

### 1 Domaine d'application

L'ISO 10110 prescrit la représentation des exigences de conception et des exigences fonctionnelles des éléments et systèmes optiques, sur les dessins techniques utilisés pour la fabrication et le contrôle.

La présente partie de l'ISO 10110 donne les règles pour indiquer la tolérance de forme de surface.

NOTE 1 La terminologie d'interférométrie est utilisée pour la spécification des tolérances et en particulier, pour les unités pour lesquelles doivent être spécifiées ces tolérances; toutefois, il n'est pas spécifié que pour les essais réels des parties des systèmes optiques ne peuvent être utilisées que des méthodes par interférométrie. Si les résultats sont convertis dans les unités spécifiées ici, d'autres méthodes par interférométrie peuvent être utilisées.

La présente partie de l'ISO 10110 s'applique aux surfaces sphériques et asphériques.

NOTE 2 Selon l'ISO 10110-12, la tolérance de forme de surface pour les surfaces asphériques peut être spécifiée sans faire référence à la présente partie de l'ISO 10110.

Les annexes A et B décrivent des méthodes pour la détermination des types de défauts de forme de surface. L'annexe C indique la pertinence physique des mesures des défauts de forme de surface.

### 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 10110. Au moment de la publication, les

éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 10110 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 10110-1:1996, *Optique et instruments d'optique — Indications sur les dessins pour éléments et systèmes optiques — Partie 1: Généralités.*

ISO 10110-10:1996, *Optique et instruments d'optique — Indications sur les dessins pour éléments et systèmes optiques — Partie 10: Tableau représentant les données d'une lentille.*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 10110, les définitions suivantes s'appliquent.

**3.1 défaut de forme de surface:** Distance entre la surface optique en essai et la surface théorique nominale, mesurée perpendiculairement à cette dernière, qui est sensiblement parallèle à la surface en essai.

NOTE 3 Pour les essais, la surface théorique désirée peut être représentée par un calibre, une surface de référence interférométrique ou tout autre dispositif de mesure d'une précision suffisante.

**3.2 différence pic-vallée (PV)** (entre deux surfaces): Distance maximale moins la distance minimale entre ces surfaces.

NOTE 4 Si l'une des surfaces est une surface théorique, il est possible que les surfaces se croisent, auquel cas la distance minimale entre les surfaces est un nombre négatif; le signe doit être pris en compte dans le calcul de la différence PV.

**3.3 unité d'interfranges:** Défaut de forme de surface qui est égal à la moitié de la longueur d'onde de la lumière.

#### NOTES

5 Lorsqu'une surface est soumise à l'essai par interférométrie, un défaut de forme de surface égal à la moitié de la longueur d'onde de la lumière provoque une interférence dans laquelle l'intensité varie d'une frange claire à la suivante ou d'une frange foncée à la suivante, et donc un «interfrange» est visible. Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 10110, le terme «interfranges» ne concerne pas la distance transversale entre les franges, mais le fait que le nombre d'interfranges visibles dans le modèle d'interférences correspond au nombre de demi-longueurs d'onde du défaut de forme de surface.

6 Voir 6.2 concernant la longueur d'onde de la lumière.

**3.4 fonction défaut de surface total:** Surface théorique définie par la différence entre la surface réelle et la surface théorique désirée. [Voir figure 1 a).]

**3.5 meilleure surface sphérique:** Surface sphérique pour laquelle la valeur quadratique moyenne de la différence par rapport à la fonction défaut de surface total est minimale. [Voir figure 1 b).]

NOTE 7 Voir article 5 pour les zones d'essai non circulaires.

**3.6 erreur sagittale:** Différence pic-vallée entre la meilleure surface sphérique et une surface plane.

NOTE 8 Les erreurs sagittales résultent de la surface d'essai ayant un rayon de courbure différent du rayon spécifié.

**3.7 fonction irrégularité:** Surface théorique définie par la différence entre la fonction défaut de surface total et la meilleure surface sphérique. [Voir figure 1 c).]

**3.8 irrégularité:** Différence pic-vallée entre la fonction irrégularité et la surface plane qui s'en approche le plus.

NOTE 9 Pour les surfaces réputées sphériques, l'irrégularité représente le défaut de sphéricité de ces surfaces. Pour les surfaces asphériques, l'irrégularité représente la partie asphérique de la fonction défaut de surface total.

**3.9 meilleure surface asphérique:** Surface à symétrie de révolution pour laquelle la valeur

quadratique moyenne de la différence par rapport à la fonction irrégularité est minimale. [Voir figure 1 d).]

NOTE 10 Voir article 5 pour les zones d'essai non circulaires.

**3.10 irrégularité à symétrie de révolution:** Différence pic-vallée entre la meilleure surface sphérique et la surface plane qui s'en approche le plus.

NOTE 11 L'irrégularité à symétrie de révolution est la partie symétrique de révolution de l'irrégularité définie en 3.8. Sa valeur ne peut pas excéder la valeur de l'irrégularité.

**3.11 défaut quadratique moyen total, RMS<sub>t</sub>:** Différence quadratique moyenne entre la surface optique en essai et la surface théorique désirée, sans soustraction d'aucun type de défaut de forme de surface.

**3.12 irrégularité quadratique moyenne, RMS<sub>i</sub>:** Valeur quadratique moyenne de la fonction irrégularité définie en 3.7.

**3.13 asymétrie quadratique moyenne, RMS<sub>a</sub>:** Valeur quadratique moyenne de la différence entre la fonction irrégularité et la meilleure surface asphérique. [Voir figure 1 e).]

## 4 Types de défauts de forme de surface

Les tolérances pour défauts de forme de surface sont indiquées par spécification des valeurs maximales admises du défaut sagittal (voir 3.6), de l'irrégularité (voir 3.8) et/ou de l'irrégularité à symétrie de révolution (voir 3.10). De plus, les tolérances de trois valeurs quadratiques moyennes (rms) du défaut de forme de surface peuvent être spécifiées (voir 3.11, 3.12 et 3.13). Ces valeurs du défaut de surface représentent la valeur quadratique moyenne de la fonction restante après soustraction de différents types de défauts de surface.

Une méthode pour déterminer la valeur du défaut sagittal, de l'irrégularité, et de l'irrégularité à symétrie de révolution d'une surface donnée en utilisant des techniques d'analyse numérique des interférogrammes est donnée dans l'annexe A. Les méthodes permettant d'estimer ces grandeurs à l'aide de calibres ou par interprétation visuelle des interférogrammes sont données dans l'annexe B.

Une méthode de calcul de la valeur efficace du défaut de forme de surface total, de l'irrégularité et de l'asymétrie est donnée dans l'annexe A. Ces valeurs quadratiques moyennes du défaut de forme de surface ne peuvent pas être évaluées visuellement.

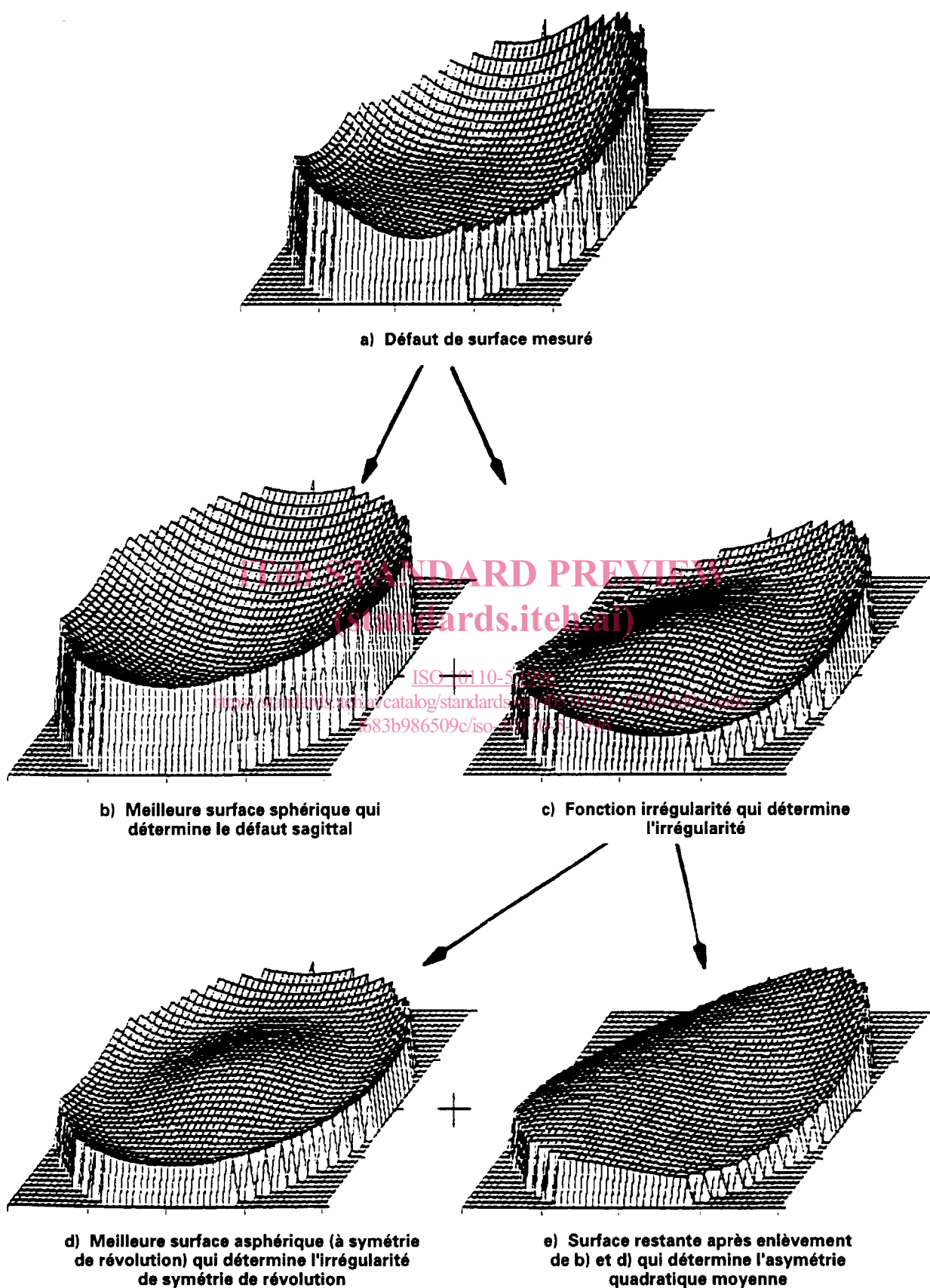


Figure 1 — Exemple de surface mesurée et de sa décomposition en types de défauts

## 5 Zones d'essai non circulaires

Pour les zones d'essai non circulaires, les valeurs pic-vallée (PV) et quadratique moyenne (rms) données dans l'article 4 doivent être calculées uniquement dans la zone d'essai réelle.

Il faut noter que pour les zones d'essai non circulaires, la surface sphérique qui minimise la différence quadratique moyenne avec la fonction défaut de surface total (3.4) n'est pas la partie sphérique d'une meilleure surface qui est asphérique. En outre, la surface à symétrie de révolution qui minimise la différence quadratique moyenne avec la fonction irrégularité (3.7) n'est pas la partie à symétrie de révolution d'une meilleure surface qui n'est pas à symétrie de révolution (voir annexe A).

## 6 Spécifications des tolérances pour défauts de forme de surface

Pour les spécifications des tolérances pour défauts de forme de surface, les conditions suivantes s'appliquent.

**6.1** Les valeurs maximales admises pour le défaut sagittal, l'irrégularité et l'irrégularité à symétrie de révolution doivent être spécifiées en unités d'interfranges (voir 3.3).

Si une spécification doit être donnée pour un ou plusieurs types de défauts quadratiques moyens, elle doit l'être en unités d'interfranges. Il faut noter que la spécification d'une tolérance pour un type de défaut quadratique moyen implique que la surface soit analysée numériquement.

**NOTE 12** Il n'est pas nécessaire que des tolérances soient spécifiées pour tous les types de défauts de surface.

**6.2** Sauf indication contraire, la longueur d'onde doit être celle de la raie verte du mercure (raie e),  $\lambda = 546,07$  nm, selon l'ISO 7944.

**NOTE 13** Les spécifications peuvent être converties d'une longueur d'onde de référence à une autre à l'aide de la formule:

$$N_{\lambda_2} = N_{\lambda_1} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

où  $N_{\lambda_1}$  et  $N_{\lambda_2}$  sont les nombres d'interfranges à  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ , respectivement.

## 7 Indication sur les dessins

**7.1** La tolérance de forme de surface comporte un numéro de code et les indications des tolérances pour le défaut sagittal, l'irrégularité et l'irrégularité à symétrie de révolution et les types de défaut quadratique moyen, le cas échéant.

**7.2** Le numéro de code de la tolérance de forme de surface est 3.

**7.3** L'indication doit se présenter sous l'une des trois formes suivantes:

$$3/A(B/C)$$

ou

$$3/A(B/C) \text{ RMSx} < D \text{ (où x est l'une des lettres t, i ou a)}$$

ou

$$3/\text{---RMSx} < D \text{ (où x est l'une des lettres t, i ou a)}$$

La grandeur *A* est soit

1) le défaut sagittal maximal admis, selon la définition donnée en 3.6, exprimé en interfranges; soit

2) un tiret (—) indiquant que la tolérance sur le rayon de courbure est donnée avec la valeur du rayon de courbure (non applicable aux surfaces planes).

**NOTE 14** Il arrive souvent que la tolérance pour le défaut sagittal soit calculée en convertissant seulement une partie de la tolérance pour le rayon de courbure en une tolérance du défaut sagittal, selon l'article 8.

La grandeur *B* est soit

1) la valeur de l'irrégularité maximale admise, selon la définition donnée en 3.8, exprimée en interfranges; soit

2) un tiret (—) indiquant qu'aucune tolérance explicite d'irrégularité n'est donnée.

La grandeur *C* est l'irrégularité à symétrie de révolution admise exprimée en interfranges, définie en 3.10. Si aucune tolérance n'est donnée, la barre oblique (/) est remplacée par la parenthèse finale, soit 3/A(B).



Si aucune tolérance n'est donnée pour les trois types de défauts, *A*, *B*, *C*, la barre oblique (/) et la parenthèse sont remplacés par un simple tiret (—), soit 3/—.

La grandeur *D* est la valeur maximale admise du défaut quadratique moyen du type spécifié par *x*, où *x* est l'une des lettres *t*, *i* ou *a*. Ces défauts sont définis en 3.11 à 3.13. La spécification de plus d'un type de défaut quadratique moyen est autorisée. Ces spécifications doivent être séparées par un point-virgule, comme indiqué à l'exemple 5.

La tolérance de forme de surface indiquée ci-dessus s'applique à la surface optique utile, sauf lorsque l'indication doit s'appliquer à un champ d'essai plus petit en toute position dans la zone optique utile. Dans ce cas, le diamètre du champ d'essai doit être ajouté à l'indication de tolérance comme suit:

$$3/A(B/C) \text{ RMS}_x < D \text{ (pour tout } \varnothing \dots)$$

Voir exemple 3.

Aucune disposition n'est prise pour la spécification d'une tolérance PV pour le défaut de forme de surface total (c'est-à-dire incluant le défaut sagittal et l'irrégularité). Si cette spécification est nécessaire, l'information correspondante doit être donnée par une note sur le dessin du type: «Défaut de forme de surface ne devant pas dépasser  $0,25\lambda$ ».

NOTE 15 Ce genre de spécification pourrait par exemple être utile pour les plats interférométriques.

**7.4** L'indication doit être reliée par une ligne de repère à la surface à laquelle elle se rapporte et associée aux erreurs de centrage et aux imperfections de surface. Un exemple d'une telle indication est donnée dans l'ISO 10110-1:1995, annexe A.

Pour les lentilles, l'indication peut aussi être donnée dans un tableau selon l'ISO 10110-10.

Si deux éléments optiques ou plus doivent être collés (ou liés par adhérence moléculaire), les tolérances de forme de surface données pour les éléments individuels s'appliquent aussi, sauf indication contraire, aux surfaces du sous-ensemble optique, c'est-à-dire après collage (ou adhérence moléculaire). Voir l'ISO 10110-1:1995, paragraphe 4.8.3.

## 8 Relation entre la tolérance de défaut sagittal et la tolérance du rayon de courbure

Le nombre maximal admis d'interfranges correspondant à une tolérance dimensionnelle du rayon de

courbure est donné par la formule suivante, à condition que le

rapport  $\frac{\Delta R}{R}$  soit petit:

$$N = \frac{2\Delta R}{\lambda} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{\varnothing}{2R}\right)^2} \right\}$$

Si le rapport  $\frac{\varnothing}{R}$  est petit, la formule approximative

suivante peut être utilisée:

$$N \approx \left[ \frac{\varnothing}{2R} \right]^2 \frac{\Delta R}{\lambda}$$

où

*R* est le rayon de courbure;

$\Delta R$  est la tolérance dimensionnelle du rayon de courbure;

$\varnothing$  est le diamètre de la zone d'essai; et

$\lambda$  est la longueur d'onde (normalement  $546,07 \text{ nm}$ ).

## ISO 10110-5:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/5511281-47d0-4140-89a1-f683b986509c/iso-10110-5-1996>

## 9 Exemples d'indications de tolérance

### EXEMPLE 1

3/3(1)

La tolérance du défaut sagittal est de 3 interfranges. L'irrégularité ne peut pas dépasser 1 interfrange.

### EXEMPLE 2

3/5(—) RMS<sub>i</sub> < 0,05

La tolérance du défaut sagittal est de 5 interfranges. Aucune tolérance spécifique n'est donnée pour l'irrégularité ou l'irrégularité à symétrie de révolution, mais la valeur quadratique moyenne de l'irrégularité ne peut pas dépasser 0,05 interfrange.

### EXEMPLE 3

3/3(1/0,5) (pour tout  $\varnothing 20$ )

La tolérance du défaut sagittal est de 3 interfranges. L'irrégularité totale ne peut pas dépasser 1 interfrange. L'irrégularité à symétrie de révolution ne peut pas dépasser 0,5 interfrange. Ces tolérances s'appliquent à tout champ d'essai d'un diamètre 20 mm compris dans la zone d'essai totale.

## EXEMPLE 4

3/—(1)

Aucune tolérance spécifique n'est donnée pour le défaut sagittal; la tolérance sur le rayon de courbure doit être prise à partir de l'indication du rayon de courbure. L'irrégularité totale ne peut pas dépasser 1 interfrange.

NOTE 16 Si aucune tolérance sur le rayon de courbure n'est spécifiée, l'ISO 10110-11:1995, tableau 1 s'applique.

## EXEMPLE 5

3/— RMSt &lt; 0,07; RMSa &lt; 0,035

Aucune tolérance spécifique n'est donnée pour le défaut sagittal, l'irrégularité ou l'irrégularité à symétrie de révolution; la tolérance sur le rayon de courbure doit être prise à partir de l'indication du rayon de courbure. Cependant, lorsque la surface est comparée à la surface sphérique théorique désirée, le défaut quadratique moyen total doit être inférieur à 0,07 interfrange, et l'asymétrie quadratique moyenne inférieure à 0,035 interfrange.

NOTE 17 Si aucune tolérance sur le rayon de courbure n'est spécifiée, l'ISO 10110-11:1995, tableau 1, s'applique.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 10110-5:1996](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f051b281-47d0-4d0a-aa0e-f683b986509c/iso-10110-5-1996)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f051b281-47d0-4d0a-aa0e-f683b986509c/iso-10110-5-1996>

## Annexe A (informative)

### Analyse d'interférogramme numérique

La présente annexe donne une méthode d'analyse des surfaces qui peuvent être décrites en termes de polynômes.

Le contenu de la présente annexe est important pour les utilisateurs d'interféromètres numériques ainsi que pour les développeurs de logiciels pour l'interférométrie.

Les surfaces auxquelles cette méthode ne s'appliquent pas sont, par exemple, les surfaces ayant des fonctions défaut de forme de surface total en forme de cône et les surfaces avec des erreurs localisées dans l'espace.

#### A.1 Généralités

Les valeurs des divers types de défaut de forme de surface sont déterminés par un procédé successif d'ajustement et d'extraction de types de défauts de forme de surface; à chaque étape, le retrait d'un type de défaut de forme de surface influence le type de défaut suivant.

La procédure par laquelle une fonction d'un certain type qui s'ajuste au mieux à une certaine fonction d'origine est la méthode bien connue des moindres carrés, qui minimise l'erreur quadratique moyenne entre la fonction d'origine et son approximation. La valeur quadratique moyenne d'une fonction est définie en A.4.

##### A.1.1 Surface de référence effective

Lors de l'essai interférométrique de surfaces courbes, la surface en essai est comparée à un front d'onde de référence. Les franges résultantes représentent la différence entre la surface en essai et la projection du front d'onde de référence sur l'emplacement de cette surface en essai. Ce front d'onde projeté constitue la surface de référence effective.

Les écarts apparents de figure de surface mesurées par l'interféromètre (y compris l'inclinaison relative entre la surface en essai et la surface de référence interférométrique) seront considérées dans la présente annexe comme la fonction erreur de front d'onde,  $W(r, \theta)$ .

##### A.1.2 Système de coordonnées

La surface optique en essai est décrite en coordonnées polaires par les variables  $r$  et  $\theta$ ; l'origine du système des coordonnées est le centre de la zone d'essai et  $r$  est pris égal à 1 au bord de la zone d'essai. Pour les zones d'essai non circulaires, le «centre» de la zone d'essai est son centre de gravité et le rayon de la zone d'essai se réfère à la distance du centre au point le plus éloigné. Le paramètre  $r$  se situe donc entre zéro et un.

Diverses approximations de la surface sont représentées comme des combinaisons linéaires des polynômes, couramment appelés polynômes de Zernike,  $Z_0(r, \theta)$ ,  $Z_1(r, \theta)$ , donnés en A.3. Ces combinaisons sont données par les coefficients correspondants  $C_0$ ,  $C_1$ , ...

##### A.2 Procédure

La procédure pour trouver les valeurs des divers défauts de forme de surface est donnée de A.2.1 à A.2.7. Même si cette procédure est décrite en termes de polynômes de Zernike (voir A.3), on peut utiliser toute procédure mathématiquement équivalente basée sur un autre ensemble de fonctions; cependant, les défauts doivent être déterminés et soustraits dans l'ordre spécifié ici.

##### A.2.1 Défaut de forme de surface total

Le meilleur plan d'ajustement  $P(r, \theta) = C_0Z_0 + C_1Z_1 + C_2Z_2$  à la fonction erreur de front d'onde mesurée  $W(r, \theta)$ , est recherché par la procédure des moindres carrés. On détermine la fonction défaut de forme de surface total (TSD) en soustrayant le plan d'ajustement de l'erreur de front d'onde mesurée.

$$\text{TSD}(r, \theta) = W(r, \theta) - P(r, \theta)$$

##### A.2.2 Défaut quadratique moyen total, RMSt

Si le rayon de la surface de référence effective est égal au rayon de la surface théorique désirée, le défaut quadratique moyen total (RMSt), (voir 3.11) est