
**Optique et photonique — Méthodes
d'essai applicables aux imperfections
de surface des éléments optiques —**

**Partie 2:
Visionique**

*Optics and photonics — Test methods for surface imperfections of
optical elements —
Part 2: Machine vision*

ISO/TR 14997-2:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f975c46-d5ab-4ad7-82a6-6295048df77f/iso-tr-14997-2-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 14997-2:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f975c46-d5ab-4ad7-82a6-6295048df77f/iso-tr-14997-2-2022>



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 Symboles	2
5 Considérations relatives aux systèmes de visionique appliqués aux systèmes optiques de contrôle des imperfections de surface	2
5.1 Limites d'évaluation	2
5.2 Préparation des échantillons	2
5.3 Configuration de l'éclairage	3
6 Contrôle dimensionnel par visionique(IMV_D)	3
6.1 Résolution dimensionnelle et considérations relatives à l'exactitude	3
6.2 Luminosité et sensibilité	4
6.3 Vérification des performances du système de contrôle dimensionnel	5
7 Contrôle visuel par visionique(IMV_V)	5
7.1 Limite d'évaluation de visibilité	5
7.1.1 Considérations relatives à la résolution du système	5
7.2 Configuration de l'éclairage	6
7.3 Luminosité et classes	6
7.4 Vérification des performances du système de visibilité	6
8 Répétabilité, reproductibilité et fidélité dans le contexte d'imperfections d'éléments optiques	8
8.1 Évaluation et répétabilité	8
8.2 Reproductibilité	8
8.3 Fidélité	9
Annexe A (informative) Relation entre précision et erreur de classification dans les contrôles par visionique	10
Bibliographie	12

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 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 1, *Normes fondamentales*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 14997 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/fr/members.html.

Introduction

Le présent document a été développé pour tenir compte de l'utilisation croissante de la visionique pour le contrôle de la qualité de surface. L'évaluation visuelle des degrés d'imperfections de surface des éléments et systèmes optiques est décrite dans l'ISO 10110-7, et dans l'ISO 14997-1¹⁾. Cette dernière fournit des méthodes pour obtenir des résultats subjectifs en utilisant l'œil humain, des normes de comparaison de références, et dans certains cas, des outils de grossissement optique.

Le recours à la visionique offre de nouvelles possibilités pour l'évaluation objective des imperfections ainsi que le stockage électronique des données et de rapports d'essai précis avec traitement statistique de données. Elle offre une opportunité pour une meilleure répétabilité dans la caractérisation des surfaces et une méthode potentielle d'arbitrage dans les débats fournisseur/client au sujet des imperfections de surface.

Les résultats de contrôle des systèmes optiques obtenus par contrôle manuel ou à partir de systèmes préexistants de visionique montrent une bonne corrélation. Des écarts mineurs surviennent, mais ils sont en grande partie dus aux différences des évaluations subjectives et objectives.

Les rayures longues telles que les filandres peuvent être particulièrement problématiques. Ce type d'imperfections est souvent davantage visible en inclinant ou en faisant tourner l'échantillon jusqu'à une position optimale, ce qui est souvent réalisé, dans le cas de dispositifs de visionique, en couvrant un certain nombre d'angles d'incidence d'éclairage, ceux-ci étant limités pour des raisons pratiques.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 14997-2:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f975c46-d5ab-4ad7-82a6-6295048df77f/iso-tr-14997-2-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f975c46-d5ab-4ad7-82a6-6295048df77f/iso-tr-14997-2-2022>

1) Au moment de la publication du présent document, l'ISO 14997-1 est publié sous la référence ISO 14997:2017. Le changement de numérotation de la Norme internationale est prévu lors de la prochaine révision de l'ISO 14997.

Optique et photonique — Méthodes d'essai applicables aux imperfections de surface des éléments optiques —

Partie 2: Visionique

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des conseils quant à l'utilisation de la visionique pour évaluer objectivement les classes d'imperfections de surface telles que définies à l'aide d'un dessin dans l'ISO 10110-7 avec des résultats équivalents à ceux obtenus en appliquant les méthodes de contrôle humain décrites dans l'ISO 14997-1.

Le présent document fournit également des lignes directrices quant à l'installation d'un dispositif de visionique en termes de fidélité, répétabilité et reproductibilité, sur la base des principes de détection sur champ sombre de l'ISO 14997-1.

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 10110-7, *Optique et photonique — Indications sur les dessins pour éléments et systèmes optiques — Partie 7: Imperfections de surface*

ISO 14997-1, *Optique et photonique — Méthodes d'essai applicables aux imperfections de surface des éléments optiques*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 10110-7 et de l'ISO 14997-1 ainsi que les 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

visionique

application de la vision artificielle à la conduite de machines et des robots, ainsi qu'au contrôle de la qualité et des processus

Note 1 à l'article: La présente définition s'applique également à l'utilisation pour les éléments et composants optiques.

[SOURCE: ISO 2382:2015, 2123788, modifiée — Omission des Notes à l'article et ajout d'une nouvelle Note 1 à l'article.]

3.2

classement par visionique

application d'un système de visionique et d'un algorithme informatique afin de déterminer les classes d'imperfections

Note 1 à l'article: Le classement par visionique indique la classe d'une rayure ou d'un creux qui a généralement été soumis au système de visionique par un opérateur.

3.3

contrôle par visionique

application d'un matériel d'automatisation et d'un logiciel de visionique afin de déterminer si un composant ou une surface répond, ou non, aux spécifications de surface

Note 1 à l'article: Lors du contrôle par visionique, le classement par visionique est effectué sur toutes les imperfections détectées sur la surface, afin d'évaluer la surface quant à toutes les exigences la concernant, par exemple, la classe d'imperfection maximale, l'accumulation de toutes les imperfections et la concentration des imperfections.

3.4

filandre

rayure capillaire de polissage sans fracture conchoïdale visible des bords

[SOURCE: ISO 9802:1996, 3.6.2.1.4]

4 Symboles

Voir les symboles de l'ISO 14997-1:2017, Article 4 et ce qui suit:

IMV_D contrôle dimensionnel en utilisant la visionique

IMV_V contrôle de visibilité utilisant la visionique

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5f975c46-d5ab-4ad7-82a6-6295048df77f/iso-14997-2:2022>

5 Considérations relatives aux systèmes de visionique appliqués aux systèmes optiques de contrôle des imperfections de surface

5.1 Limites d'évaluation

L'ISO 14997-1 précise les limites d'évaluation requises pour le contrôle visuel manuel, en tenant compte de la méthode d'évaluation humaine et des limites de la résolution visuelle normale. Pour l'évaluation des imperfections par visionique, un dispositif de contrôle est typiquement constitué d'un appareil photo, d'éléments optiques de grossissement, d'un système d'éclairage et d'un algorithme d'évaluation par ordinateur. La principale différence entre le contrôle par visionique et le contrôle visuel est que l'ISO 14997-1 conseille aux contrôleurs visuels d'écarter les défauts non pertinents en adaptant l'éclairage. Lorsque les données sont traitées par un algorithme adapté, les systèmes de visionique peuvent utiliser le même éclairage, indépendamment des caractéristiques de la surface et écarter les défauts non pertinents.

NOTE Certains calculs peuvent être plus difficiles qu'il n'y paraît pour un système de contrôle par visionique. Par exemple, les exigences de concentration de l'ISO 10110-7:2017 4.2.4 et 4.3.3 nécessitent un algorithme de décision complexe pour évaluer toutes les combinaisons possibles d'imperfections présentes afin de déterminer s'il y a eu concentration.

5.2 Préparation des échantillons

Conformément à l'ISO 14997-1, un échantillon d'essai doit être suffisamment nettoyé pour permettre un contrôle du niveau requis. Les particules collées ont tendance à se confondre avec les creux et les alvéoles situées dans le verre, il est donc nécessaire de les comptabiliser également comme imperfections (voir

ISO 10110-7). Si l'opérateur doute de la propreté de l'échantillon, il est souvent préférable de nettoyer à nouveau l'échantillon après contrôle et de le soumettre de nouveau à l'essai.

5.3 Configuration de l'éclairage

La méthode d'essai est souvent une configuration en champ sombre, pour une sensibilité à la lumière dispersée. Il peut s'agir soit d'une configuration à lumière réfléchie, soit d'une configuration à lumière transmise. Le meilleur contraste est souvent obtenu sur champ sombre, proche de la réflexion spéculaire. Il est important de s'assurer que les conditions d'éclairage sont suffisantes pour que le système d'essai soit suffisamment sensible pour permettre l'observation de toutes les imperfections pertinentes, comme décrit dans l'ISO 10110-7 et l'ISO 14997-1, dont les particules collées.

La plupart des imperfections ont une dépendance angulaire bien répartie pour la lumière dispersée. Dans de nombreux cas, les imperfections telles que les rayures et les filandres présenteront une déviation par rapport à la direction de dispersion principale, généralement avec une rotation de 90° par rapport à l'axe longitudinal de la rayure. De plus, elles peuvent produire un petit cône de lumière avec un faible angle d'ouverture. Les contrôleurs visuels inclineront et feront tourner l'échantillon jusqu'à atteindre la meilleure visibilité pour poursuivre l'évaluation. En visionique, cette approche peut s'avérer peu pratique et chronophage. Dans la plupart des systèmes de contrôle par visionique, une caméra unique évalue l'élément sous un seul angle, par exemple, parallèlement à l'axe optique ou bien perpendiculairement à la surface. L'absence de différents angles de vision par caméra peut être partiellement compensée par l'utilisation d'un système d'éclairage couvrant un spectre angulaire large.

Les meilleurs résultats sont généralement obtenus lorsque le système d'éclairage couvre une grande plage d'angles azimutaux (autour de l'échantillon d'essai) et d'angles polaires (entre le plan de l'échantillon d'essai et l'axe optique du système). Il est possible d'y parvenir, par exemple, en ayant recours à un dôme à éclairage passif ou à un éclairage direct de type anneau ou dôme équipé de sources individuelles (généralement des LEDs) implantées de manière rapprochée. L'uniformité d'éclairage est importante, à la fois pour les angles azimutaux et polaires. Le meilleur éclairage est l'éclairage continu ou proche de continu dans la plage azimutale. Des intervalles plus grandes dans la plage azimutale augmentent la probabilité que des rayures et des filandres ne soient pas visibles de manière continue dans les images. La plage d'angles polaires est souvent maximisée, dans la limite des contraintes pratiques de la configuration et de l'application d'un champ sombre. Pour la plupart des imperfections, la plus grande partie de la lumière est diffractée à angle faible, ainsi l'intensité de la lumière dispersée est la plus forte lorsque sa direction est proche de la direction de la réflexion spéculaire. Des angles polaires plus grands ont tendance à augmenter l'éclairage de fond, toutefois, seule une infime fraction de cette lumière est effectivement dispersée jusqu'à la caméra. En précisant les plages d'azimuts et les plages angulaires couvertes par leur dispositif, les fabricants de systèmes de visionique utilisés pour le contrôle des imperfections de surface peuvent aider l'utilisateur à déterminer la fonctionnalité du système pour leur mise en œuvre spécifique.

NOTE Pour les éléments arrondis, l'angle polaire idéal pour l'éclairage varie sur la surface, puisqu'il dépend de l'inclinaison de la surface.

6 Contrôle dimensionnel par visionique (IMV_D)

NOTE Pour le contrôle visuel des dimensions (IVD, ISD et IMD), voir l'ISO 14997-1.

6.1 Résolution dimensionnelle et considérations relatives à l'exactitude

Pour l'évaluation des classes de dimension des imperfections optiques de surface, la mission de contrôle consiste à classer les imperfections en différentes classes conformément à la série de Renard R5 décrite dans l'ISO 3, par exemple, 0,1; 0,063; 0,04; 0,025; 0,016; 0,01, etc. pour les rayures (longues), à l'endroit où celles-ci ont été indiquées dans le dessin, la référence de classe correspondant à la largeur de la rayure. Les imperfections générales (et de revêtement) telles que les creux sont classées par rapport à la racine carrée de leur aire. La mission de contrôle consiste à distinguer les imperfections de classe 0,25A des imperfections de classe 0,16A, là où A est la référence de classe spécifiée, à cause de l'accumulation et de la concentration de règles pour les imperfections générales et de revêtement. L'ISO 10110-7:2017, 4.2.3,

déclare que les imperfections de «référence de classe 0,16A ou moins ne doivent pas être comptées», tandis que les imperfections plus étendues sont cumulées pour calculer l'aire utile d'imperfections. Les rayures longues ne sont pas prises en compte si elles sont de classe 0,25A ou bien inférieure.

Le système de visionique pour le contrôle dimensionnel exploite une image haute résolution et des algorithmes de traitement d'images pour déterminer la largeur et/ou l'aire des imperfections. Les imperfections reçoivent ensuite une référence de classe de la série de Renard R5.

La résolution du système de visionique est influencée par

- la résolution optique des éléments optiques de grossissement,
- le pas de pixel du capteur de la caméra, et
- l'algorithme utilisé pour traiter les données d'image.

NOTE 1 La conception du système d'éclairage peut influencer la résolution, par exemple, lorsque l'ouverture d'une source de lumière d'un fond clair est plus petite que l'ouverture de l'objectif d'imagerie.

L'ISO 10110-7:2017, 4.2.3 indique qu'« Un nombre plus important d'imperfections de surface (y compris les imperfections de traitement) avec une référence de classe inférieure est autorisé si la somme de leurs superficies ne dépasse pas la superficie totale maximale ». Il poursuit par «Lors de la détermination du nombre d'imperfections de surface ou d'imperfections localisées admissibles dans des ensembles optiques, celles ayant une référence de classe de 0,16A ou moins ne doivent pas être comptées». Par conséquent, pour évaluer les exigences d'accumulation et de concentration de la surface, la résolution du système doit être au moins 0,16A, A étant la référence de classe spécifiée.

NOTE 2 Il s'agit d'une attente beaucoup plus exigeante que de demander la détection des imperfections jusqu'à la classe 0,16A. Les systèmes de visionique courants avec un bon rapport signal/bruit peuvent détecter des objets isolés bien en deçà de leur résolution.

Le classement par visionique de chaque imperfection est sujet à la fois à des erreurs aléatoires (statistiques) et systématiques. Les grandeurs-clés sont la fidélité du système (résultats proches de la valeur réelle) et la précision (répétabilité et reproductibilité) dans la détermination de la classe exacte d'une imperfection. Toutefois, l'impact de la fidélité et de la précision de la largeur/de l'aire des *mesures* d'une imperfection sur sa *classification* dans une classe spécifique dépend de la proximité de la largeur/de l'aire de ladite imperfection aux valeurs limites de la plage de tailles de la classe. Si la largeur ou la racine carrée de l'aire est précisément égale à la référence de classe, la classification ne sera exacte que dans 50 % des cas, en supposant une distribution gaussienne des résultats de mesurage.

En partant du principe que les résultats de mesurage du système de visionique suivent une distribution gaussienne de probabilités pour une imperfection donnée, la probabilité que la classe exacte A soit attribuée à l'imperfection peut être estimée par

$$p \approx 1 - 0,8 \times \sigma / (A - 0,63A)$$

où

σ est l'écart-type de la distribution gaussienne, par exemple la précision du système, et
(A - 0,63A) est la dimension de l'intervalle de la référence de classe A (voir l'Annexe A pour l'écart).

EXEMPLE La probabilité de classer de manière incorrecte une imperfection dont la référence de classe est A, à l'aide un système de visionique disposant d'une précision égale à 0,1A est d'environ 22 %.

6.2 Luminosité et sensibilité

L'ISO 14997-1 spécifié une luminosité d'éclairage correspondant à celle nécessaire au contrôle visuel. Pour le classement par visionique, la limite de détection dépendra non seulement de la luminosité d'éclairage, mais également des caractéristiques de la caméra (gain et seuil de bruit d'obscurité) et des algorithmes de traitement d'images utilisés.

Si l'éclairage est trop lumineux, la lumière dispersée par des imperfections plus importantes et/ou plus dispersantes saturera le capteur d'images, si l'éclairage est trop faible, les imperfections plus petites et/ou moins dispersantes ne se démarquent pas du bruit de fond. L'éclairage doit être suffisamment lumineux pour que les plus petits défauts pertinents se démarquent du bruit de fond. Dans le cas où les imperfections de plus grande taille ont tendance à saturer dans ces conditions, il est important de procéder à un calibrage minutieux du système sur toute la plage de largeur et d'aire concernée afin que les imperfections de grande taille très lumineuses ne soient pas agrandies par les algorithmes de traitement.

6.3 Vérification des performances du système de contrôle dimensionnel

Pour vérifier qu'un système de visionique est capable de classer correctement les imperfections, il est nécessaire de vérifier le système utilisant des étalons certifiés. Les contrôleurs visuels utilisent généralement des plaques de référence en chrome sur verre avec des objets de différentes formes et références de classe. Dans des conditions idéales de champ sombre, il n'est pas possible de distinguer une surface réfléchissante d'une surface transparente. Étant donné que seuls les bords des étalons qui sont en chrome sur verre seront visible dans le système, cela peut poser problème pour la vérification du système.

Idéalement, un jeu d'étalons comprend l'intégralité des imperfections pertinentes. Ces étalons peuvent être un ensemble d'éléments endommagés pour lesquels les classes d'imperfection ont été déterminées à l'aide d'un microscope calibré ou de toute autre méthode appropriée. Il existe également des techniques permettant la production artificielle d'étalons dispersant la lumière et qui sont visibles dans des conditions de champ sombre, par exemple, une sonde ionique focalisée. Pour certaines applications, la traçabilité de la référence des étalons par rapport aux étalons de taille connus est importante.

Pour vérifier le bon fonctionnement du système de visionique, la répétabilité, la reproductibilité et la fidélité peuvent être évaluées.

7 Contrôle visuel par visionique (IMVV)

NOTE Pour le contrôle visuel (IV_D et IS_D), voir l'ISO 14997-1.

7.1 Limite d'évaluation de visibilité

Pour l'évaluation de la classe de visibilité des imperfections optiques de surface, le contrôle doit distinguer la visibilité ou la luminosité des imperfections dans des conditions particulières d'éclairage. Un système de visionique utilisé pour le classement des imperfections ou pour le contrôle par visionique doit être au moins capable de détecter les imperfections visibles par un observateur humain dans les conditions d'éclairage décrites dans l'ISO 14997-1. L'algorithme d'évaluation par ordinateur peut alors ignorer les imperfections qui ne seraient normalement pas visibles par un observateur humain, et déterminer la visibilité relative d'une imperfection sur une surface optique.

7.1.1 Considérations relatives à la résolution du système

De manière générale, l'algorithme de visionique associé au système distingue la visibilité des imperfections en comparant la luminosité ou visibilité d'une imperfection à une bibliothèque intégrée de luminosités ou visibilités servant d'«étalon de comparaison», ou une série d'étalons d'imperfections de diverses classes. Le système optique et la caméra doivent pouvoir détecter la moitié de la visibilité de la rayure ou du creux de l'imperfection à évaluer. Lors du classement par visionique, il est préférable que le système et l'algorithme puissent déterminer la luminosité ou la visibilité d'une imperfection au moins deux fois moins visible par rapport à la classe la plus basse du jeu utilisé pour comparaison. La plupart des jeux présentent des rayures de classe 80, 60, 40, 20 et 10 et des creux de classe 50, 40, 20, 10 et 5. De manière générale, ces classes de creux correspondent au diamètre apparent des étalons exprimé en dixièmes de micromètres. Par conséquent, le système et son algorithme doivent pouvoir détecter des rayures deux fois moins lumineuses qu'une rayure de classe #10 ou la moitié du diamètre des creux