
**Optique et photonique — Évaluation de la
qualité des systèmes optiques —
Détermination de la distorsion**

*Optics and photonics — Quality evaluation of optical systems —
Determination of distortion*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9039:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9039:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

| | |
|---|-----------|
| Avant-propos..... | iv |
| Introduction | v |
| 1 Domaine d'application | 1 |
| 2 Termes et définitions | 1 |
| 3 Classes d'application | 3 |
| 3.1 Distance objet infinie, distance image finie | 3 |
| 3.2 Distance objet infinie, distance image infinie | 3 |
| 3.3 Distance objet finie, distance image finie | 3 |
| 3.4 Distance objet finie, distance image infinie | 4 |
| 4 Méthodes d'essai | 4 |
| 4.1 Généralités | 4 |
| 4.2 Appareillage de mesure | 5 |
| 5 Mode opératoire | 11 |
| 5.1 Angle de référence du système optique à soumettre à essai | 11 |
| 5.2 Origine des coordonnées | 11 |
| 5.3 Choix des hauteurs image | 11 |
| 6 Évaluation | 12 |
| 6.1 Calcul des grandeurs de référence a, a', m ou Γ | 12 |
| 6.2 Calcul de la distorsion | 12 |
| 7 Présentation des résultats | 12 |
| 8 Rapport d'essai | 12 |
| Annexe A (informative) Exemple de méthode de décalage du point zéro | 14 |
| Annexe B (informative) Valeur de distorsion de la hauteur image | 17 |
| Bibliographie | 19 |

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

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.

L'ISO 9039 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 1, *Normes fondamentales*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 9039:1994), qui a fait l'objet d'une révision technique.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008>

Introduction

Les systèmes optiques à symétrie de révolution ont généralement pour fonction de former une image qui est géométriquement semblable à l'objet, à l'exception de certains systèmes particuliers tels que les objectifs à très grand angle et les oculaires pour lesquels cette fonction est délibérément évitée. Idéalement, cette fonction s'obtient suivant la géométrie de projection en perspective. Tout écart par rapport à la géométrie idéale de l'image est appelé distorsion. La distorsion est une grandeur qui dépend de la position et qui a généralement un caractère vectoriel. Dans un plan image donné (qui peut également se situer à l'infini), ce vecteur, représentant la différence entre les positions théorique et réelle de l'image, a une composante radiale et une composante tangentielle. Dans les systèmes optiques, la composante tangentielle est fondamentalement conditionnée par une symétrie de révolution imparfaite. Les systèmes fabriqués conformément au niveau des connaissances actuelles présentent une distorsion tangentielle négligeable. Une composante tangentielle de cette distorsion apparaît toutefois sous forme d'aberration primaire dans le cas de systèmes électro-optiques à mise au point électromagnétique. La présente Norme internationale ne traite que de la distorsion radiale. Pour des systèmes spéciaux, certains systèmes électro-optiques par exemple, une extension pourra se révéler nécessaire pour inclure la représentation vectorielle.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9039:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9039:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008>

Optique et photonique — Évaluation de la qualité des systèmes optiques — Détermination de la distorsion

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des méthodes pour la détermination de la distorsion dans les systèmes optiques dans le but d'évaluation de la qualité. Elle s'applique aux systèmes d'imagerie optique dans le domaine spectral optique de 100 nm à 15 000 nm qui, de par leur conception, visent à assurer une géométrie d'image à symétrie de révolution. Elle s'applique aux systèmes d'imagerie électro-optiques dans la mesure où une symétrie de révolution adéquate de l'image est garantie. Par conséquent, elle ne s'applique pas aux systèmes optiques anamorphoseurs ou aux systèmes à fibres optiques.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1 distorsion

mesure de l'écart entre les points image extra-axiaux et les points image idéaux dans un plan donné qui est parallèle au plan de référence du système

NOTE Si le plan image est à l'infini, les positions de l'image sont données sous forme de tangentes des angles de champ.

2.2 plan de référence

plan correspondant à un élément physique du dispositif en essai, utilisé pour l'alignement, par exemple bride de montage ou dispositif spécialement monté à cet effet

2.3 distorsion absolue

V_a
distance radiale entre le point image observé et le point image idéal, exprimée en millimètres ou en micromètres

2.4 distorsion relative

V_r
distance radiale entre le point image observé et le point image idéal, exprimée en pourcentage de la hauteur image idéale h'_0

NOTE Lorsque l'image est à l'infini, la distorsion relative est la différence entre les tangentes de l'angle de champ observé et l'angle de champ idéal, exprimée en pourcentage de la tangente de l'angle de champ idéal ω'_0 .

2.5 hauteur objet

h
distance entre un point objet et l'axe de symétrie de révolution du spécimen en essai, exprimée en millimètres

2.6
hauteur image

h'
distance entre un point image et l'axe de symétrie de révolution du spécimen en essai, exprimée en millimètres

2.7
angle du champ objet pupillaire

ω_p
valeur absolue, exprimée en radians ou en degrés, de l'angle entre l'axe de symétrie de révolution et la direction de propagation du rayonnement de l'objet vers la pupille d'entrée du spécimen en essai

2.8
angle du champ image pupillaire

ω'_p
valeur absolue, exprimée en radians ou en degrés, de l'angle entre l'axe de symétrie de révolution et la direction de propagation du rayonnement de la pupille de sortie du spécimen en essai vers l'image

2.9
distance objet

a
distance entre le plan objet et le premier point principal, exprimée en millimètres

2.10
distance image

a'
distance entre le plan image et le second point principal, exprimée en millimètres

2.11
plan objet

plan parallèle au plan de référence contenant un point objet

2.12
plan image

plan parallèle au plan de référence contenant un point image

2.13
hauteur image idéale

h'_0
hauteur image sans distorsion, donnée par la géométrie de la projection en perspective, exprimée en millimètres

2.14
angle du champ image idéal

ω'_0
angle du champ image sans distorsion, donné par la géométrie de la projection en perspective, exprimé en radians ou en degrés

2.15
grossissement

Γ
valeur limite de l'équation

$$\Gamma = \lim_{\omega_p \rightarrow 0} \frac{\tan \omega'_p}{\tan \omega_p}$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9039:2008
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008>

2.16**grandissement***m*

valeur limite de l'équation

$$m = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{h'}{h}$$

3 Classes d'application**3.1 Distance objet infinie, distance image finie**

La grandeur de référence est la distance, a' , obtenue sous forme de valeur limite de l'équation

$$a' = \lim_{\omega_p \rightarrow 0} \frac{h'}{\tan \omega_p}$$

La distorsion absolue est

$$V_a = h' - a' \tan \omega_p$$

et la distorsion relative est

$$V_r = 100 \frac{h' - a' \tan \omega_p}{a' \tan \omega_p}$$

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Pour l'imagerie télécentrique, la distance image a' est remplacée par la distance de la pupille télécentrique au premier point principal.

ISO 9039:2008
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/68e33882-4f92-4dff-99b9-569a88de9b6b/iso-9039-2008>

Si le foyer côté image se situe dans le plan image, a' est la distance focale équivalente. Pour les lentilles photogrammétriques, on utilise la distance focale étalonnée à la place de a' dans le calcul de la distorsion absolue, V_a . La distance focale étalonnée est une valeur réglée choisie pour répartir la distorsion dans le champ image de manière spécifiée.

3.2 Distance objet infinie, distance image infinie

La grandeur de référence est le grossissement Γ .

La distorsion relative, V_r , est donnée par l'équation

$$V_r = 100 \frac{\frac{\tan \omega'_p}{\Gamma} - \Gamma}{\Gamma}$$

3.3 Distance objet finie, distance image finie

La grandeur de référence est le grandissement, m .

La distorsion absolue, V_a , est donnée par l'équation

$$V_a = h' - hm$$

et la distorsion relative, V_r , par l'équation

$$V_r = 100 \frac{\frac{h'}{h} - m}{m}$$

3.4 Distance objet finie, distance image infinie

La grandeur de référence est la distance objet, a , obtenue comme valeur limite de l'équation

$$a = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{h}{\tan \omega'_p}$$

La distorsion relative, V_r , est donnée par l'équation

$$V_r = 100 \frac{a \tan \omega'_p - h}{h}$$

Pour l'imagerie télécentrique, la distance de la pupille télécentrique au second point principal remplace a .

4 Méthodes d'essai

4.1 Généralités

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Pour déterminer la distorsion, il faut mesurer les paires de valeurs conjuguées des coordonnées côté objet et côté image. Pour le côté objet, les valeurs concernées sont l'angle de champ objet pupillaire, ω_p , ou la hauteur objet, h , et pour le côté image, l'angle de champ image pupillaire, ω'_p , ou la hauteur image, h' . Les expressions côté objet et côté image doivent s'entendre par référence à l'application pratique.

Lorsqu'on effectue les mesurages, il convient que le sens du rayonnement soit du côté objet vers le côté image. Lorsqu'on effectue les mesurages, le sens du rayonnement (du côté objet ou du côté image) a une incidence sur le signe des valeurs de la distorsion. Si, pour des raisons de commodité du mesurage, c'est le sens opposé qui est appliqué, il faut respecter le signe.

Des réticules lumineux et une rangée de fentes lumineuses dont les écartements sont connus, ou bien une unique fente lumineuse dont le déplacement est mesurable, servent à représenter des positions objet à distance finie ou, dans le cas de rayonnement de sens contraire, des positions image à distance finie. Des collimateurs sont utilisés pour représenter des objets à distance infinie alors qu'on utilise des lentilles de télescope pour rendre mesurables des images à distance infinie (ou vice versa pour le sens de rayonnement opposé).

Pour mesurer les angles de champ objet pupillaire ou image pupillaire, un collimateur ou un télescope et le système optique à soumettre à essai (avec son plan image ou objet) sont déplacés l'un par rapport à l'autre de manière à pouvoir mesurer les angles. L'axe de rotation doit passer par le milieu de la pupille d'entrée ou de sortie du système à soumettre à essai de manière à couvrir la pleine ouverture de ce système, y compris dans le cas d'angles de champ plus grands.

Pour mesurer les hauteurs image ou objet finies, on a recours à des dispositifs de détection dont le déplacement est mesurable ou à des graduations placées dans le plan de mesure.

La distorsion est calculée à partir des valeurs mesurées, au moyen des formules données dans l'Article 3.

NOTE Dans le cas d'un mesurage effectué en sens inverse du sens nominal, il faut veiller à ne pas confondre les grandeurs côté image et côté objet, sinon, la distorsion serait de signe inverse.

4.2 Appareillage de mesure

4.2.1 Spécifications générales

Le montage de mesure doit être conçu de telle manière que le plan de référence du système optique à soumettre à essai et le plan objet ou le plan image puissent être alignés parallèlement l'un à l'autre. Dans le cas d'une distance objet ou image infinie, pour l'angle de champ $\omega_p = 0$ ou $\omega'_p = 0$, le plan de référence du système à soumettre à essai doit être réglable perpendiculairement à la direction du rayonnement. Il est pratique d'utiliser un autocollimateur à la place du collimateur ou du télescope pour effectuer l'alignement.

Les instruments utilisés pour mesurer les angles de champ objet pupillaire et image pupillaire, et les hauteurs objet et image doivent être suffisamment précis pour que leur incidence sur les valeurs de distorsion calculées soit de 5 à 10 fois inférieure à la tolérance. Pour les systèmes optiques pour lesquels la distorsion permise est très faible, il peut ne pas être possible d'obtenir ce niveau de précision. Dans ce cas, l'exactitude réelle doit être spécifiée dans le rapport d'essai.

La stabilité et l'exactitude générales du montage de mesure, notamment en ce qui concerne les paliers à rotule, doivent être incluses dans l'estimation de l'erreur.

La caractéristique spectrale du montage de mesure doit être adaptée à l'application prévue du système optique à soumettre à essai.

Les caractéristiques de cohérence de l'éclairage de l'objet doivent correspondre à celles qui sont réellement utilisées pour le système optique à soumettre à essai.

Le montage de diaphragmes appropriés doit garantir les limitations des rayons qui correspondent à l'application pratique du système optique à soumettre à essai. Il convient d'accorder une attention particulière dans le cas de loupes et d'oculaires.

Les optiques lumineuses doivent être montées de telle sorte que les rayons principaux correspondent aux applications pratiques.

En cas de besoin, le diaphragme d'éclairage doit être adapté à l'application prévue pour le système optique à soumettre à essai.

Les optiques auxiliaires utilisées doivent être suffisamment bien corrigées pour ne pas fausser les valeurs mesurées. Leurs pupilles doivent être suffisamment grandes pour que les pupilles du système optique à soumettre à essai ne soient pas vignettées.

Il faudra s'assurer que, lors du mesurage, le plan image correspond aussi exactement que possible à celui de l'application pratique. L'application de critères donnés de focalisation peut être nécessaire à cette fin.

En cas d'exigences poussées en ce qui concerne l'exactitude de mesure, l'application de critères spécifiés pour l'établissement de la position de l'image peut être nécessaire.

4.2.2 Distance objet infinie, distance image finie

4.2.2.1 Généralités

Le montage de mesure doit permettre de mesurer des paires de valeurs conjuguées de l'angle de champ objet pupillaire, ω_p et de la hauteur image h' .

4.2.2.2 Montage de l'appareil de prises de vues

L'objet est représenté par une marque dans le plan focal d'un collimateur, de préférence par une fente étroite éclairée par une lumière incohérente. Un dispositif dont le déplacement peut être mesuré est monté dans le plan image du système optique à soumettre à essai afin de détecter l'image. Il doit être possible de faire tourner l'un par rapport à l'autre d'une part le collimateur et d'autre part le système optique à soumettre à