
**Optique et photonique — Fonction
de transfert optique — Principes et
procédures de mesure**

*Optics and photonics — Optical transfer function — Principles and
procedures of measurement*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9335:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 9335:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

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 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Équipement de mesure et environnement	1
4.1 Aspect général	1
4.2 Environnement	2
4.3 Équipement de mesure	2
4.4 Composants du système	3
5 Modes opératoires de mesure	10
5.1 Généralités	10
5.2 Établissement des conditions de mesure	10
5.3 Considérations supplémentaires relatives aux mesurages	12
5.4 Conditions particulières de mesure	14
6 Corrections à apporter aux résultats de mesure	15
6.1 Normalisation	15
6.2 Correction de l'échelle des fréquences spatiales	15
6.3 Correction de la modulation mesurée	15
6.4 Systèmes optiques auxiliaires	15
7 Présentation des données relatives à l'OTF	15
7.1 Généralités	15
7.2 Énoncé des conditions de mesure et d'identification	16
7.3 Présentation graphique des données d'OTF	16
7.4 Présentation numérique	17
8 Vérifications concernant l'exactitude	17
Annexe A (informative) Exemples de présentation des données relatives à l'OTF	19
Bibliographie	24

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 9335 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 9335:1995), qui a fait l'objet d'une révision mineure. Elle incorpore également le Rectificatif technique ISO 9335:1995/Cor.1:2005.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9335:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012>

Introduction

Pour les systèmes optiques, électro-optiques ou photographiques, la fonction de transfert optique permet d'évaluer objectivement leur aptitude à former une image.

Pour que les mesures de fonction de transfert optique réalisées selon différents principes de mesure, ou obtenues à l'aide d'instruments de mesure dans différents laboratoires, puissent être comparées, il est indispensable qu'il y ait une équivalence des paramètres de mesure, tels que le réglage de focalisation et l'intervalle de fréquence spatiale. De ce fait, une terminologie convenue a été définie pour que les paramètres de mesure, pris en compte dans la présente Norme internationale, soient bien compris de tous les utilisateurs. La présente Norme internationale donne des recommandations qui concernent la construction et le fonctionnement de l'équipement destiné au mesurage de la fonction de transfert optique.

Les spécifications indiquées dans la présente Norme internationale constituent des exigences fondamentales relatives à l'instrumentation et aux procédures de mesure, permettant de garantir une exactitude bien définie du mesurage de la fonction de transfert optique.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9335:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9335:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012>

Optique et photonique — Fonction de transfert optique — Principes et procédures de mesure

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des lignes directrices concernant la construction et l'utilisation d'équipements pour mesurer la fonction de transfert optique (OTF) de systèmes de formation d'image.

La présente Norme internationale spécifie les facteurs importants pouvant influencer le mesurage de l'OTF, et donne des règles générales concernant les exigences de performance de l'équipement et les conditions d'environnement. Elle spécifie les précautions majeures à prendre pour assurer l'exactitude des mesurages et indique les facteurs de correction à appliquer éventuellement aux données recueillies.

Le type d'équipement de mesure de la fonction de transfert optique décrit dans la présente Norme internationale est limité à celui effectuant l'analyse de la répartition énergétique dans le plan de l'image du système optique soumis à essai. Les instruments mettant en œuvre un interféromètre sont exclus.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 9334, *Optique et photonique — Fonction de transfert optique — Définitions et relations mathématiques*
[ISO 9335:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 9334 s'appliquent.

4 Équipement de mesure et environnement

4.1 Aspect général

4.1.1 Conditions de mesure

Chaque fonction de transfert optique mesurée dépend de la «fonction d'imagerie» du système de formation d'image. Ainsi, avant de procéder aux mesurages, les paramètres entrant dans la «fonction d'imagerie» du système doivent être identifiés et la relation entre la qualité de l'image et ces paramètres doit être déterminée. L'ensemble complet des paramètres qui forment la «fonction d'imagerie» doit être réglé à des valeurs fixes. Ces valeurs représentent un état particulier de la «fonction d'imagerie» appelé «conditions de mesure».

4.1.2 Exactitude de mesure

L'équipement de mesure et l'environnement dans lequel il est utilisé doivent permettre de fixer les conditions de mesure spécifiées et de conserver une exactitude répondant à l'exactitude de mesure requise (voir l'ISO 11421 qui décrit les divers paramètres influençant l'exactitude de mesure). L'exactitude d'un mesurage de fonction de transfert optique peut être considérée comme une combinaison des incertitudes de mesure dues aux nombreux paramètres individuels impliqués dans la «fonction d'imagerie». Lorsqu'une exactitude donnée de mesure de l'OTF est stipulée, celle-ci doit être répartie entre les paramètres connus contribuant au mesurage, de manière qu'une tolérance puisse être fixée pour chacun des paramètres de la «fonction d'imagerie». C'est pourquoi l'exigence d'une exactitude de mesure globale de $\pm 0,05$ de la fonction de transfert de modulation (MTF) peut nécessiter, parmi d'autres facteurs, une stabilité de température de l'équipement de mesure de ± 1 °C et un

réglage du plan focal de $\pm 5 \mu\text{m}$. L'examen des données se rapportant à l'instrumentation et à l'environnement, dans les paragraphes suivants, se réfère aux tolérances réparties de cette manière concernant l'exactitude requise de mesure de la fonction de transfert optique.

4.2 Environnement

4.2.1 Généralités

Les conditions ambiantes de l'équipement de mesure de l'OTF doivent être suffisamment protégées des influences pouvant conduire à des perturbations climatiques, mécaniques ou électromagnétiques. L'équipement de mesure et l'atmosphère de la salle de mesure doivent être exempts de poussières, d'humidité et de fumées. Toutes les surfaces optiques doivent être préservées d'empreintes de doigts ou de manipulations susceptibles de les rayer.

4.2.2 Contrôle de la température et de l'humidité

La température doit être maintenue constante, dans des tolérances établies, et fixée à une valeur convenable. L'humidité doit être également maintenue dans des limites acceptables. La température et l'humidité doivent toutes deux être notées. Toute turbulence ou stratification de l'atmosphère pouvant affecter les mesurages doit être réduite au minimum par l'interposition d'écrans.

4.2.3 Vibrations

Toute vibration doit être réduite au minimum et il est recommandé d'implanter l'équipement de mesure dans un local en sous-sol si des vibrations, causées par exemple par des machines, ne peuvent être évitées autrement. Le degré d'isolement des vibrations, pour une exactitude de mesure donnée, dépend des caractéristiques de la vibration, de la méthode de mesure, de l'intervalle de fréquence spatiale et de façon générale des paramètres de la «fonction d'imagerie» du système optique mesuré. Si la méthode consiste à mesurer la répartition des éclaircissements dans l'image d'une fente, une tolérance admissible peut être que le mouvement de l'image sur l'analyseur causé par des vibrations ne dépasse pas, par exemple, 1/20 de la largeur à mi-hauteur de l'image de la fente.

4.2.4 Perturbations électromagnétiques

Dans le cas de certains systèmes, il peut être nécessaire de surveiller les vibrations de la tension d'alimentation et de maintenir celles-ci à un minimum acceptable. L'influence de champs électromagnétiques externes et le niveau de lumière ambiante doivent être réduits jusqu'à ce que la fonction de transfert optique mesurée ne soit plus affectée de façon significative.

4.3 Équipement de mesure

4.3.1 Montage optique

Le support de tout équipement de mesure doit être constitué d'un robuste banc d'optique ou d'un marbre sur lesquels peuvent être fixés le bloc source, le système mesuré, l'analyseur d'image et d'autres accessoires, ces unités pouvant être positionnées les unes par rapport aux autres avec l'exactitude requise.

Selon les systèmes soumis à essai, les exigences à satisfaire en matière d'alignement et/ou de parallélisme des plans correspondants pourront varier. Les écarts par rapport à ces exigences d'alignement et/ou de parallélisme ne doivent pas provoquer une modification de la MTF mesurée supérieure à 1/3 de l'exactitude de mesure spécifiée ou admissible.

4.3.2 Tolérance de défocalisation

Pour les objectifs photographiques, les effets de défocalisation causés par un défaut d'alignement du banc se traduisent, en général, sur la MTF mesurée par une erreur qui croît lorsque la fréquence spatiale augmente ou lorsque le nombre d'ouverture, f , diminue et que l'aberration de la surface d'onde est réduite. Le Tableau 1 donne, pour une lentille à pupille circulaire, en éclairage incohérent et uniquement limitée par la diffraction, les

tolérances de défocalisation qui entraînent une variation de $\pm 0,05$ de la MTF. La longueur d'onde utilisée est supposée égale à 500 nm.

Tableau 1 — Tolérances de défocalisation

Dimensions en micromètres

Nombre d'ouverture f	Tolérance de défocalisation pour une fréquence spatiale (en mm^{-1})					
	1	5	10	20	50	100
1	45	9	4,5	2,3	1,0	0,5
1,4	62	12,5	6,3	3,2	1,4	0,8
2	89	18	9	4,7	2,0	1,1
4	180	36,5	18,8	9,8	4,6	3
8	360	74	39	21,5	12	12,2
16	720	157	86	54	49	468

NOTE Pour un changement de 0,10 de la MTF, les tolérances de défocalisation sont deux fois celles indiquées dans le tableau.

4.3.3 Moyens de mesure à prévoir

L'équipement de mesure doit posséder des moyens adéquats de détermination des positions relatives des différents éléments de l'équipement de mesure: mire-objet/image, système ou dispositif en essai, dispositif d'analyse d'image et dispositifs auxiliaires. Ceux-ci peuvent être des règles divisées, cercles gradués et comparateurs. De plus, tous les autres paramètres qui affectent l'«état d'imagerie» du dispositif ou du système en essai doivent être correctement contrôlés, choisis ou déterminés.

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012)

4.4 Composants du système [41938ba214fd/iso-9335-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012)

4.4.1 Généralités

Les paragraphes 4.4.2 à 4.4.6 donnent des précisions sont données concernant le dispositif de mesure et ses principaux éléments, comprenant l'ensemble source «mire-objet», l'éprouvette, l'analyseur d'image et les systèmes optiques auxiliaires.

4.4.2 Bancs optiques

4.4.2.1 Généralités

Plusieurs dispositions de l'équipement de mesure sont possibles, mais celles décrites de 4.4.2.2 à 4.4.2.5 sont recommandées.

4.4.2.2 Plans conjugués objet et image à distances finies

Dans le cas d'essais où l'objet et l'image sont à des distances finies de l'échantillon d'essai, les configurations de la Figure 1 ou de la Figure 2 doivent être utilisées. Dans ces dispositions, deux des trois unités de base (échantillon d'essai, ensemble source/mire-objet et analyseur d'image) sont déplacées sur des glissières parallèles entre elles et perpendiculaires à l'axe de référence. Habituellement, l'échantillon d'essai est fixe et les deux autres unités sont déplacées comme représenté aux Figures 1 et 2.

Quand des composants électro-optiques tels que des amplificateurs de luminance doivent être soumis à essai, on utilise des systèmes d'imagerie auxiliaires pour former une image de la mire-objet à l'entrée de l'échantillon d'essai. L'image à la sortie de l'échantillon d'essai est alors reprise par l'analyseur d'image. La disposition correspondante est montrée à la Figure 2.

4.4.2.3 Plan objet à l'infini

Dans le cas où le plan objet est à l'infini (c'est-à-dire lorsque la mire-objet est au foyer principal d'un collimateur), des dispositions similaires à celles montrées à la Figure 3 doivent être utilisées. Quand on veut faire des mesurages hors de l'axe, le collimateur peut subir une rotation d'un angle ω autour d'un axe passant à travers la pupille d'entrée de l'échantillon d'essai et perpendiculaire à l'axe de référence (voir Figure 3).

Le collimateur peut aussi être immobilisé et faire tourner l'ensemble formé par l'échantillon en essai et l'analyseur d'image autour de la pupille d'entrée. Dans ce cas, le support de l'échantillon d'essai et les glissières de l'analyseur d'image doivent être parfaitement solidaires et fixés sur un plateau tournant (cette disposition est souvent désignée, de ce fait, comme type à «plateau tournant»).

4.4.2.4 Plan image à l'infini

La même disposition que celle décrite en 4.4.2.3 (voir Figure 3) doit être adoptée, l'analyseur d'image et la mire-objet étant échangés.

4.4.2.5 Plans conjugués objet et image à l'infini

Dans le cas de systèmes afocaux en essai pour un objet et une image à l'infini, des dispositions similaires à celles montrées à la Figure 4 doivent être utilisées. Lorsque des mesures en dehors de l'axe doivent être effectuées, il convient que le collimateur côté objet et l'ensemble source/mire-objet subissent une rotation d'un angle ω autour d'un axe passant à travers la pupille d'entrée et perpendiculaire à l'axe de référence de l'échantillon d'essai. Le collimateur côté image ainsi que l'analyseur d'image doivent pivoter d'un angle ω' autour d'un axe passant à travers la pupille de sortie et perpendiculaire à l'axe de référence; une retouche de la mise au point (focalisation) pour répondre aux critères d'essai doit être faite.

ITOH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4.4.3 Ensemble source/mire-objet

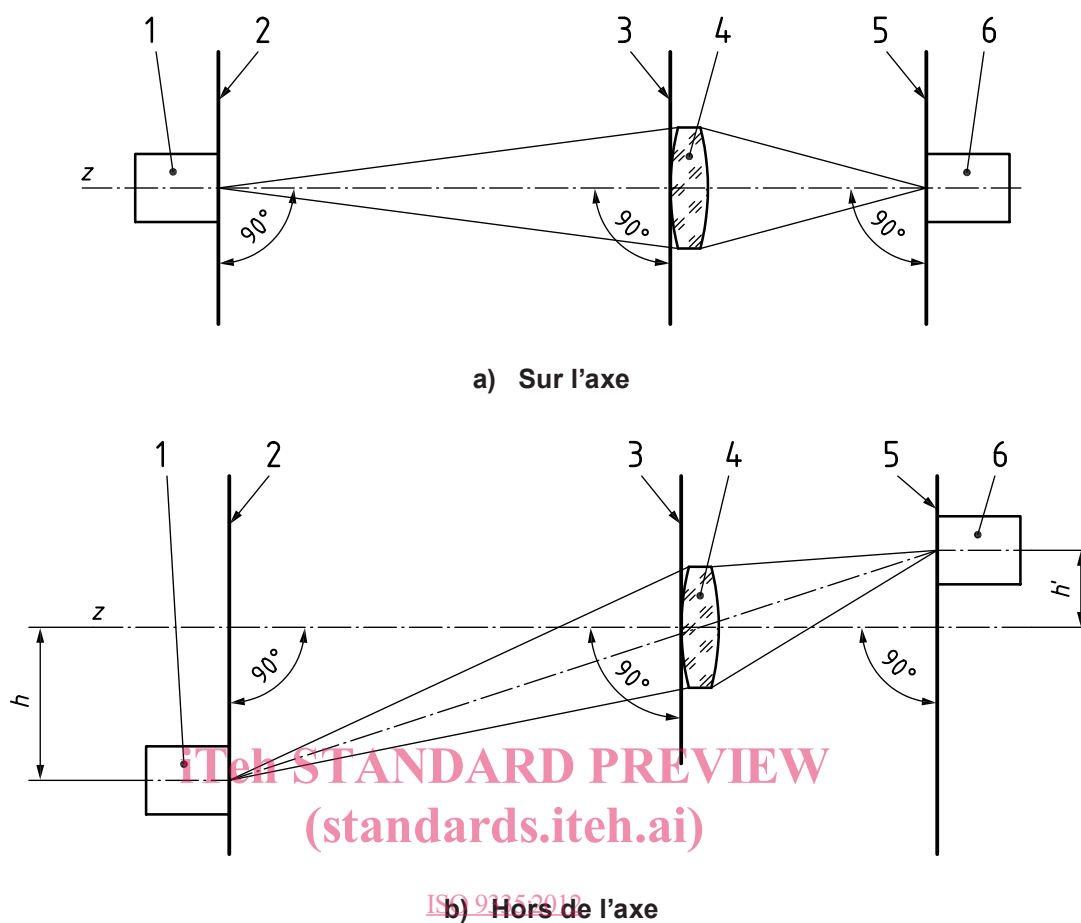
4.4.3.1 Généralités

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012>

L'ensemble source/mire-objet doit comprendre une source de rayonnement et une mire-objet.

4.4.3.2 Mire-objet

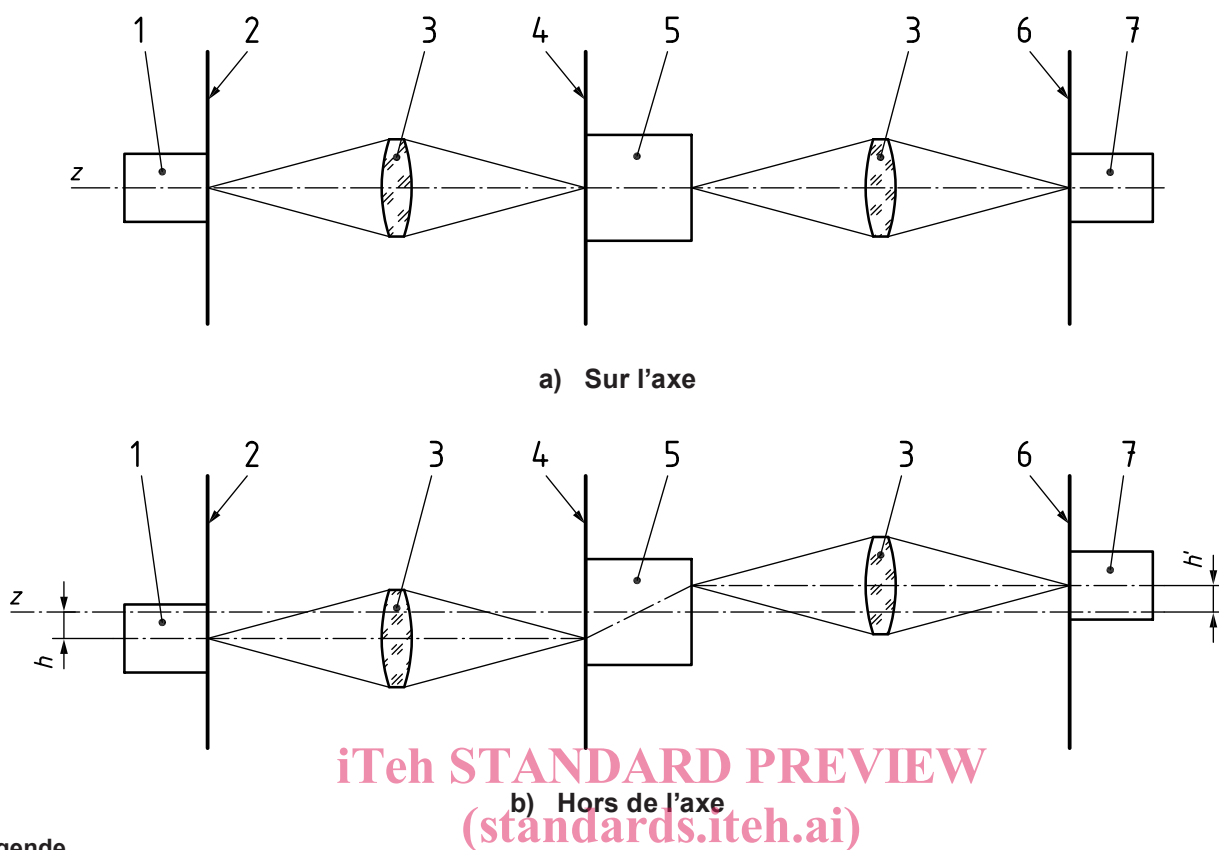
En fonction des caractéristiques du système ou du dispositif mesuré, plusieurs types différents de mire-objet peuvent être utilisés. Des ouvertures circulaires, des fentes, des bords de plages, des réseaux ou des structures lumineuses telles que les fils incandescents, sont communément utilisés. Le spectre des fréquences spatiales de la mire-objet utilisée pour le mesurage de la fonction de transfert optique doit être connu avec une exactitude déterminée par l'exactitude requise des mesures. Généralement, le spectre réel des fréquences de l'objet servant aux essais diffère du spectre idéal (prévu géométriquement). Si le spectre réel ne peut être mesuré, des précautions doivent être prises pour s'assurer que la mire est aussi proche que possible de la forme qu'elle devrait avoir.

**Légende**

- 1 ensemble source/mire-objet
- 2 glissière de la mire-objet
- 3 fixation de l'échantillon d'essai
- 4 échantillon d'essai
- 5 glissière de l'analyseur d'image
- 6 analyseur d'image
- z axe de référence
- h, h' hauteurs objet, image

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012>

Figure 1 — Schéma du montage de mesure: objet et image dans des plans conjugués à distances finies



Légende

- 1 ensemble source/mire-objet
- 2 glissière de la mire
- 3 lentilles auxiliaires
- 4 fixation de l'échantillon d'essai
- 5 échantillon d'essai
- 6 analyseur d'image
- 7 glissière de l'analyseur
- z axe de référence
- h, h' hauteurs objet, image

ISO 9335:2012
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98bc5b8e-b2f6-456e-820c-41938ba214fd/iso-9335-2012>

Figure 2 — Schéma du montage de mesure dans le cas d'un intensificateur