

---

---

**Optique et instruments d'optique —  
Évaluation de la qualité des systèmes  
optiques — Estimation de la dégradation de  
la qualité de l'image due à des aberrations  
chromatiques**

*Optics and optical instruments — Quality evaluation of optical systems —  
Assessing the image quality degradation due to chromatic aberrations*  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 15795:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002>



**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 15795:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002>

© ISO 2002

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.ch](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Imprimé en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Symboles et unités</b> .....	2
4 <b>Définitions, principe et relations mathématiques</b> .....	3
5 <b>Classes d'applications</b> .....	9
6 <b>Mode opératoire de mesure</b> .....	9
7 <b>Présentation des résultats</b> .....	13
8 <b>Rapport d'essai</b> .....	13
<b>Annexe A (informative) Exemple de présentation des résultats</b> .....	15
<b>Bibliographie</b> .....	17

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

[ISO 15795:2002](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002>

## 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 3.

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 de la présente Norme internationale 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 15795 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et instruments d'optique*, sous-comité SC 1, *Normes fondamentales*.

**iTeh STANDARD PREVIEW**

(standards.iteh.ai)

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

ISO 15795:2002

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002>

## Introduction

Les aberrations dues à la variation de l'indice de réfraction en fonction de la longueur d'onde (dispersion) sont généralement appelées «aberrations chromatiques». À l'origine, cette appellation était fondée sur le fait qu'en présence de ces aberrations, l'image des objets tels que des points, des lignes et des bords exhibait, en plus de la variation de la luminance, des franges colorées.

De ce point de vue, le concept de répartition des éclaircissements dans l'image d'un point (PSF) et de la fonction de transfert optique (OTF) relative (voir ISO 9334) est, à la base, un transfert lumineux (ou plus généralement rayonnant) d'informations optiques. Il n'existe qu'un seul signal, concernant la longueur d'onde, qui est le résultat de la transmission spectrale et de la sensibilité de la chaîne de transmission, même si cette dernière n'est pas identique à la sensibilité à la lumière relative de l'œil humain.

À présent, les termes «couleur» et plus spécifiquement «tonalité chromatique», dans le domaine de la science physique, sont bien définis par la colorimétrie, conformément à la Publication CIE n° 15-2 (voir référence [1] dans la Bibliographie), et se limitent au spectre électromagnétique qui est accessible à un observateur humain normal (trichromatique).

Cependant, quand il s'agit des aberrations dues au comportement dispersif des ondes électromagnétiques, il est nécessaire de prendre en compte que la région spectrale de la bande d'onde va bien au-delà des limites de la sensibilité de l'œil humain. Cette zone peut s'étendre de l'ultraviolet à l'infrarouge moyen. Pour de telles applications, le processus visuel humain n'est pas impliqué, ou uniquement par le biais de certaines translations des informations dans la bande d'onde visuelle.

Néanmoins, la variation de la forme et de la position de la répartition des éclaircissements dans l'image d'un point ou d'une ligne avec la longueur d'onde ou avec des bandes d'onde pondérées de manière spectrale est toujours donnée. Pour caractériser ce comportement dispersif, il n'est pas question de faire appel à la colorimétrie, mais de décrire la position et l'étendue de la fonction de répartition par rapport à celle d'une longueur d'onde de référence ou d'une pondération spectrale de référence.

Dans ce sens, la présente Norme internationale ne traitera pas des sensations de couleur, mais utilisera le terme «aberrations chromatiques» de manière purement physique pour décrire les propriétés dépendantes de la longueur d'onde de telles aberrations.

La variation de la fonction de répartition avec la longueur d'onde dans un plan image donné d'un système optique peut se caractériser par une translation latérale et également par une variation de la forme et de la largeur.

La translation latérale d'un point de coordonnées type de la fonction de répartition sera appelée aberration chromatique latérale, tandis que la forme et l'étendue peuvent être caractérisées par deux nombres dérivés d'une procédure de pondération sur la répartition des éclaircissements (largeur du bord).

L'aberration chromatique longitudinale indique la position axiale du meilleur plan image pour une certaine longueur ou bande d'onde en fonction d'un plan de référence et pour un critère de focalisation (ou qualité de l'image) défini.

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

ISO 15795:2002

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002>

# Optique et instruments d'optique — Évaluation de la qualité des systèmes optiques — Estimation de la dégradation de la qualité de l'image due à des aberrations chromatiques

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit des termes relatifs aux aberrations chromatiques et indique les relations mathématiques existant entre ces termes.

Elle donne également les lignes directrices pour la mesure des aberrations chromatiques et s'applique aux systèmes d'imagerie optique qui sont conçus pour avoir une géométrie d'imagerie symétrique rotative. Elle est également valable pour les systèmes d'imagerie optoélectronique.

iTeh STANDARD PREVIEW

## 2 Références normatives (standards.iteh.ai)

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 9039:1994, *Optique et instruments d'optique — Evaluation de la qualité des systèmes optiques — Détermination de la distorsion*

ISO 9334:1995, *Optique et instruments d'optique — Fonction de transfert optique — Définitions et relations mathématiques*

ISO 9335:1995, *Optique et instruments d'optique — Fonction de transfert optique — Principes et procédures de mesure*

ISO 11421:1997, *Optique et instruments d'optique — Exactitude du mesurage de la fonction de transfert optique (OTF)*

### 3 Symboles et unités

Symbole	Signification	Unité	Définition dans
$\lambda$	Longueur d'onde de mesure	nm, $\mu\text{m}$	4.2.1
$\lambda_r$	Longueur d'onde de référence	nm, $\mu\text{m}$	4.3
$W(\lambda)$	Distribution spectrale pondérée	sans dimension	4.2.2
$W_R(\lambda)$	Distribution spectrale de référence pondérée	sans dimension	4.3
$u(\lambda)$	Coordonnée du plan de référence pour la longueur d'onde de mesure	$\mu\text{m}$	4.5
$u(\lambda_r)$	Coordonnée du plan de référence pour la longueur d'onde de référence	$\mu\text{m}$	4.5
$u(W)$	Coordonnée du plan de référence pour la distribution de la mesure spectrale pondérée	$\mu\text{m}$	4.5
$u(W_R)$	Coordonnée du plan de référence pour la distribution de la référence spectrale pondérée	$\mu\text{m}$	4.5
$h'(\lambda_r)$ , $h'(W_R)$	Hauteur image pour la longueur d'onde de référence ou la distribution	mm	4.5
$T(\lambda)$	Aberration chromatique latérale	$\mu\text{m}$	4.6
$T(W)$	Aberration chromatique latérale pondérée	$\mu\text{m}$	4.7
$L(\lambda)$	Aberration chromatique longitudinale	$\mu\text{m}$	4.9
$L(W)$	Aberration chromatique longitudinale pondérée	$\mu\text{m}$	4.9
LE	Largeur du bord gauche	$\mu\text{m}$	4.8.2
RE	Largeur du bord droit	$\mu\text{m}$	4.8.2
EW	Largeur de bord de plage	$\mu\text{m}$	4.8.2
$z'(\lambda)$ , $z'(\lambda_r)$	Position de meilleure mise au point pour les longueurs d'onde $\lambda$ et $\lambda_r$	mm	4.9
$z'(W)$ , $z'(R)$	Position de meilleure mise au point pour les pondérations spectrales $W(\lambda)$ et $W_R(\lambda)$	mm	4.9
$\omega'_p$	Angle du champ image pupillaire	degré	3.8 de l'ISO 9039:1994
$\omega_p$	Angle du champ objet pupillaire	degré	3.7 de l'ISO 9039:1994
OTF( $r$ )	Fonction de transfert optique unidimensionnelle	sans dimension	3.11 de l'ISO 9334:1995
MTF( $r$ )	Fonction de transfert de modulation unidimensionnelle	sans dimension	3.9 de l'ISO 9334:1995
PTF	Fonction de transfert de phase	degré, rad	3.10 de l'ISO 9334:1995
PSF	Répartition des éclaircissements dans l'image d'un point	$\text{mm}^{-2}$	3.5 de l'ISO 9334:1995
LSF	Répartition des éclaircissements dans l'image d'une ligne	$\text{mm}^{-1}$	3.13 de l'ISO 9334:1995
ESF	Répartition des éclaircissements dans l'image d'un bord de plage	sans dimension	3.14 de l'ISO 9334:1995
$\varphi$	Azimut	degré	4.21 de l'ISO 9334:1995
$\phi$	Angle de référence	degré	4.12 de l'ISO 9334:1995
$\xi$	Variable d'intégration	sans dimension	4.5

## 4 Définitions, principe et relations mathématiques

### 4.1 Généralités

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions donnés dans l'ISO 9334 et l'ISO 9335 s'appliquent.

### 4.2 Longueurs d'onde et distributions spectrales

Pour la détermination des aberrations chromatiques, plusieurs longueurs d'onde ou distributions spectrales doivent être données pour lesquelles les aberrations doivent être établies.

#### 4.2.1 Mesure quasi monochromatique

Dans ce cas, la largeur de bande spectrale du rayonnement de la mesure est petite comparée à la distance entre les longueurs d'onde de mesure voisines.

La longueur d'onde de mesure considérée correspond à la longueur d'onde moyenne de ce rayonnement quasi monochromatique pour lequel les aberrations chromatiques doivent être déterminées.

#### 4.2.2 Mesure avec largeur de bande spectrale finie

La largeur de bande spectrale est spécifiée par une fonction de pondération spectrale,  $W(\lambda)$ . Pour les besoins des calculs analytiques, sa valeur doit s'approcher de celle de la pondération de la zone spectrale avec différentes longueurs d'onde discrètes. Les mesures des aberrations chromatiques doivent toujours être effectuées de la même manière, qu'elles soient déterminées pour des longueurs d'onde discrètes ou pour certaines largeurs de bande.

### 4.3 Longueur d'onde de référence et distribution spectrale de référence pondérée

Dans le cas d'un rayonnement quasi monochromatique (voir 4.2.1), la longueur d'onde de référence,  $\lambda_r$ , correspond à la longueur d'onde à laquelle la détermination des aberrations chromatiques est rattachée. Dans le cas d'une largeur de bande spectrale finie (voir 4.2.2), la distribution spectrale de référence pondérée,  $W_R(\lambda)$ , correspond à la fonction de pondération spectrale à laquelle est rattachée la détermination des aberrations chromatiques.

### 4.4 Plan de mesure

Le plan de mesure est un plan perpendiculaire à l'axe optique dans lequel la mesure est effectuée. Il peut être défini par des moyens géométriques ou à l'aide d'un critère de focalisation défini de manière appropriée, pouvant être appliqué par la mesure et devant être accessible pour les calculs analytiques.

### 4.5 Hauteurs image et coordonnées du plan de référence

Les hauteurs image sont définies au moyen de la répartition des éclairagements dans l'image d'une ligne (LSF). La Figure 1 donne un exemple de répartitions (mesurées) des éclairagements dans l'image d'une ligne.

Pour la définition de la répartition des éclairagements dans l'image d'une ligne (LSF), voir 3.13 de l'ISO 9334:1995. Cette définition s'applique également pour la distribution spectrale pondérée,  $W(\lambda)$ .

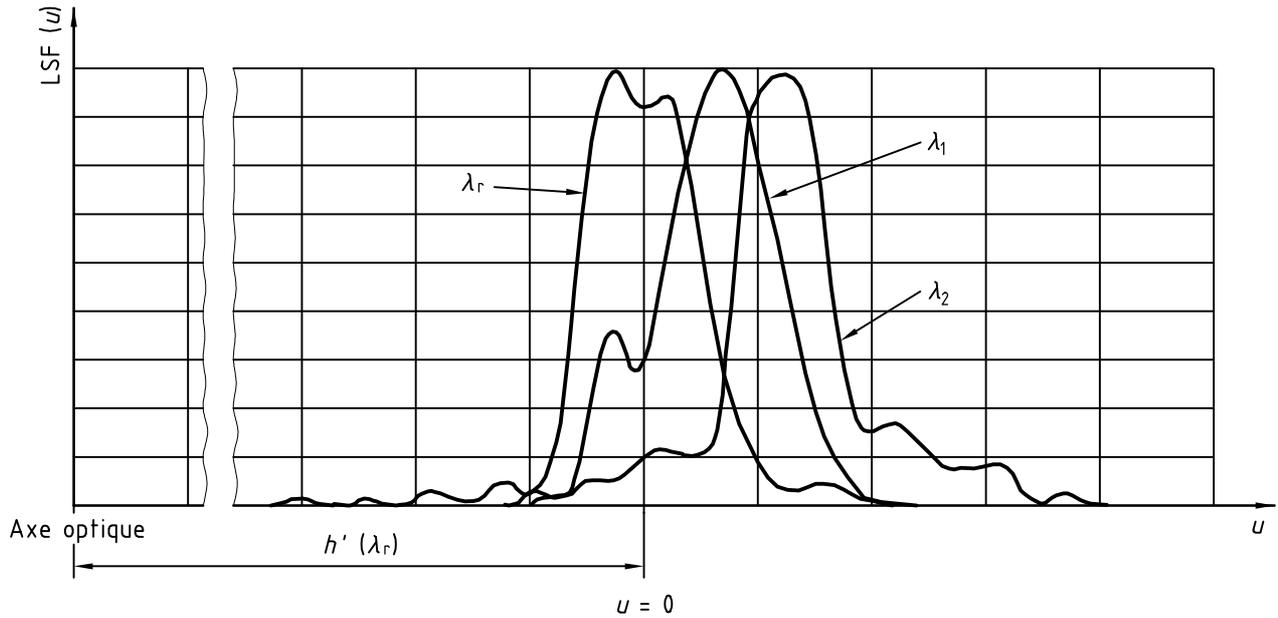


Figure 1 — Exemples de répartitions quasi monochromatiques des éclaircissements dans l’image d’une ligne

La hauteur image,  $h'$ , est la position dans LSF où les fractions de zone de LSF sont égales.

Ainsi:

$$\int_{-\infty}^{h'} \text{LSF}(\xi) d\xi = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{+\infty} \text{LSF}(\xi) d\xi \tag{1}$$

iTech STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 15795:2002  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a8ccb6c7-d3df-40c2-b6cd-19045788a8ee/iso-15795-2002>

où  $\xi$  est une variable d’intégration.

Les coordonnées du plan de référence,  $u$ , sont introduites en choisissant l’origine  $u = 0$  à la hauteur image de référence,  $h'(\lambda_r)$ , pour la longueur d’onde de référence,  $\lambda_r$ , ou  $h'(W_R)$  pour la distribution spectrale de référence pondérée,  $W_R(\lambda)$ .

**4.6 Aberration chromatique latérale**

L’aberration chromatique latérale,  $T(\lambda)$ , est définie comme étant la variation radiale en hauteur image de la longueur d’onde,  $\lambda$ , par rapport à la hauteur image de la longueur d’onde de référence,  $\lambda_r$ . Cette définition requiert une évaluation numérique de LSF, dans la mesure où elle est également nécessaire pour la détermination de l’OTF. Pour un rapport d’agrandissement et une ouverture relative donnés, l’aberration chromatique latérale est une fonction de longueur d’onde et de hauteur image.

Pour la distance image finie, l’aberration chromatique latérale,  $T(\lambda)$ , dans le plan de mesure est donnée par l’équation suivante:

$$T(\lambda) = u(\lambda) - u(\lambda_r) \tag{2}$$

où  $u(\lambda_r) = 0$ .

**4.7 Aberration chromatique latérale pondérée**

L’aberration chromatique latérale pondérée,  $T(W)$ , est définie comme étant la variation radiale en hauteur image,  $u(W)$ , pour la distribution spectrale pondérée,  $W(\lambda)$ , par rapport à la hauteur image,  $u(W_R)$ , pour la distribution

spectrale de référence pondérée,  $W_R(\lambda)$ . Pour un rapport d'agrandissement et une ouverture relative donnés, l'aberration chromatique latérale pondérée dans le plan de mesure est une fonction de la hauteur image.

Pour la distance image finie:

$$T(W) = u(W) - u(W_R) \quad (3)$$

où  $u(W_R) = 0$ .

Comme en 4.6, le calcul requiert une évaluation numérique de LSF, avec, dans le cas présent, une distribution spectrale pondérée,  $W(\lambda)$ .

## 4.8 Forme et étendue de la répartition des éclairagements dans l'image d'un bord de plage (ESF)

### 4.8.1 Généralités

Parallèlement à l'aberration chromatique latérale considérée comme un déplacement entre les valeurs médianes des répartitions des éclairagements dans l'image d'un bord de plage pour la longueur d'onde de référence ou de mesure ou pour la pondération spectrale, il faut évaluer la dégradation de la qualité de l'image à l'aide de la forme de la répartition des éclairagements dans l'image d'une ligne ou d'un bord de plage pour les différentes longueurs d'onde ou pondérations spectrales. Cela donnera des informations dans le domaine spatial ou sur la fonction de transfert optique dans le domaine de la fréquence spatiale. La répartition des éclairagements dans l'image d'un bord de plage sera utilisée car, en général, sa structure est relativement simple. Voir Figure 2.

Pour la définition de l'ESF, voir 3.14 de l'ISO 9334:1995. Cette définition s'applique également pour la distribution spectrale pondérée,  $W(\lambda)$ .

L'ESF peut être dérivée de LSF en procédant de la manière suivante:

$$ESF(u) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^u LSF(\xi) d\xi \quad (4)$$

où  $\xi$  est une variable d'intégration.

La hauteur image,  $h'$ , est égale à la valeur médiane de l'ESF normalisée.

À partir de la répartition des éclairagements dans l'image d'un bord de plage, deux critères de qualité globaux dans le domaine spatial sont déduits: largeur du bord gauche (LE) et largeur du bord droit (RE). Voir les références [2] et [3] dans la Bibliographie.

### 4.8.2 Largeurs de bord de plage

Les largeurs de bord de plage doivent être définies à l'aide de la zone comprise entre l'ESF( $u$ ) réelle et le bord idéal [fonction échelon Heaviside,  $H(u)$ ]. L'échelon du bord idéal se trouve sur la médiane de la répartition des éclairagements dans l'image d'un bord de plage ( $u_m$ :  $ESF(u) = 1/2$ ). Avec cette définition, les deux zones comprises entre les deux répartitions seront minimales. Voir Figure 3 et la référence [3] dans la Bibliographie.