

---

---

**Optique et photonique — Méthodes  
de mesure spectroscopique pour la  
diffusion intégrée par des éléments  
optiques à plans parallèles**

*Optics and photonics — Spectroscopic measurement methods for  
integrated scattering by plane parallel optical elements*

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

ISO 19962:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/570dbb39-d717-444c-92bb-ee27adb0886c/iso-19962-2019>



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

ISO 19962:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/570dbb39-d717-444c-92bb-ee27adb0886c/iso-19962-2019>



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

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  
Fax: +41 22 749 09 47  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes, définitions et symboles</b> .....	<b>1</b>
3.1    Termes et définitions.....	1
3.2    Symboles.....	2
<b>4</b> <b>Principe</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Mesurages à l'aide d'un spectrophotomètre bifaisceau</b> .....	<b>3</b>
5.1    Généralités.....	3
5.2    Spectrophotomètre bifaisceau.....	4
5.2.1    Généralités.....	4
5.2.2    Source de rayonnement.....	4
5.2.3    Système optique.....	4
5.2.4    Sphère d'intégration.....	5
5.2.5    Système de détection.....	5
5.3    Environnement d'essai.....	5
<b>6</b> <b>Préparation de l'éprouvette</b> .....	<b>6</b>
6.1    Éprouvette.....	6
6.2    Conditionnement de l'éprouvette.....	6
<b>7</b> <b>Mode opératoire</b> .....	<b>6</b>
7.1    Certification de performance du spectrophotomètre bifaisceau.....	6
7.2    Mesurage de référence.....	6
7.3    Montage de l'éprouvette.....	7
7.4    Mesurage de la transmittance de l'éprouvette.....	7
7.5    Mesurage de la diffusion résiduelle.....	7
7.6    Mesurage de la diffusion avec l'éprouvette.....	8
7.7    Calcul de la prodiffusion de l'éprouvette.....	8
7.8    Calcul de la prodiffusion moyenne de l'éprouvette.....	9
7.9    Budget d'incertitude.....	9
<b>8</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>10</b>
<b>Annexe A (informative) Exemples de mesurages de la transmittance de l'éprouvette, de la diffusion résiduelle et de la diffusion avec une éprouvette</b> .....	<b>11</b>
<b>Annexe B (normative) Certification de performance d'un spectrophotomètre bifaisceau</b> .....	<b>13</b>
<b>Annexe C (informative) Influence de l'angle minimal de captage du rayonnement diffusé sur la prodiffusion mesurée</b> .....	<b>14</b>
<b>Annexe D (informative) Calcul de la formule de la prodiffusion</b> .....	<b>17</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>20</b>

## 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](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée 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](http://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.

(standards.iteh.ai)

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 [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

L'ISO 19962 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 1, *Normes fondamentales*.

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](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

La diffusion de la lumière par des composants optiques réduit le rendement des systèmes optiques et détériore la qualité de formation des images. La diffusion de la lumière est essentiellement produite par les imperfections des revêtements et des surfaces optiques des composants. Ces imperfections comprennent la rugosité de surface et d'interface, la contamination, les rayures et les défauts des substrats, des films minces et des interfaces. Les imperfections dévient une fraction du rayonnement incident provenant du trajet optique. La distribution spatiale de ce rayonnement diffusé dépend de la fonction de densité spectrale de puissance de la rugosité de surface et d'interface, de la longueur d'onde du rayonnement incident et des propriétés optiques individuelles du composant. La dépendance du rayonnement diffusé à la longueur d'onde constitue une information indispensable pour la caractérisation des composants optiques.

Le présent document propose une méthode spectroscopique simple permettant de vérifier un rayonnement très faiblement diffusé à l'aide d'un spectrophotomètre bifaisceau conventionnel (appelé ci-après «spectrophotomètre bifaisceau»), qui est largement utilisée pour l'évaluation des composants optiques.

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

[ISO 19962:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/570dbb39-d717-444c-92bb-ee27adb0886c/iso-19962-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/570dbb39-d717-444c-92bb-ee27adb0886c/iso-19962-2019>

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

ISO 19962:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/570dbb39-d717-444c-92bb-ee27adb0886c/iso-19962-2019>

# Optique et photonique — Méthodes de mesure spectroscopique pour la diffusion intégrée par des éléments optiques à plans parallèles

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les modes opératoires permettant de déterminer les caractéristiques spectroscopiques de prodiffusion des surfaces optiques revêtues et non revêtues sur une gamme de longueurs d'onde spécifiée comprise entre 350 nm et 850 nm à l'aide d'un spectrophotomètre bifaisceau avec une sphère d'intégration. Le présent document s'applique également aux propriétés de prodiffusion à une seule longueur d'onde.

Le présent document s'applique aux mesurages de prodiffusion spectroscopiques avec des angles de captage supérieurs à 2,7°. L'ISO 13696 fournit une méthode de mesure pour les angles de captage plus petits.

## 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/570dbb39-d717-444c-92bb-ee27adb0886c/iso-19962-2019>

## 3 Termes, définitions et symboles

### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13696 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 <http://www.electropedia.org/>

#### 3.1.1

##### surface arrière

surface qui interagit la dernière avec le rayonnement transmis

[SOURCE: ISO 13696:2002, 3.1.3]

#### 3.1.2

##### rayonnement prodiffusé

fraction du rayonnement incident diffusée par un composant optique dans le demi-espace avant, en excluant celui qui se trouve à l'intérieur d'un cône d'un angle spécifié par rapport à la direction normale

Note 1 à l'article: Le demi-espace avant est défini par le demi-espace contenant le faisceau transmis par le composant qui est limité par un plan contenant la surface arrière du composant optique.

**3.1.3**

**prodifusion**

rapport entre la puissance du rayonnement prodifusé et la puissance du rayonnement incident

**3.1.4**

**étalon de réflexion diffuse**

réflecteur par diffusion dont la réflexion totale est connue

Note 1 à l'article: Les étalons de réflexion diffuse sont généralement fabriqués à partir de sulfate de baryum ou de poudres de polytétrafluoroéthylène. La réflexion totale des réflecteurs tout nouvellement préparés à partir de ces matériaux est en général supérieure à 0,98 dans le domaine compris entre 350 nm et 850 nm, et peut être considérée comme un étalon de réflexion à 100 %.

[SOURCE: ISO 13696:2002, 3.1.7, modifiée — Suppression de la NOTE et ajout de la Note 1 à l'article.]

**3.1.5**

**diffusion résiduelle**

rapport de la puissance de rayonnement détectée sans éprouvette et de la puissance du rayonnement incident

**3.1.6**

**angle minimal de captage du rayonnement diffusé**

**MCA**

angle minimal à partir duquel une sphère d'intégration capte le rayonnement diffusé

**3.1.7**

**angle de polarisation**

angle entre l'axe principal de l'état de polarisation elliptique instantanée du rayonnement incident et le plan d'incidence

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

Note 1 à l'article: Pour une incidence non normale, le plan d'incidence est défini par le plan qui contient la direction de propagation du rayonnement incident et du rayonnement normal au point d'incidence.

Note 2 à l'article: L'angle de polarisation,  $\gamma$ , est identique à l'azimut,  $\phi$  (selon l'ISO 12005), si l'axe de référence se situe dans le plan d'incidence.

[SOURCE: ISO 13696:2002, 3.1.9, modifiée — Changement du terme «ellipse» en «état de polarisation elliptique» et suppression de  $\gamma$  comme terme]

**3.2 Symboles**

Les symboles utilisés dans le présent document sont énumérés dans le [Tableau 1](#).

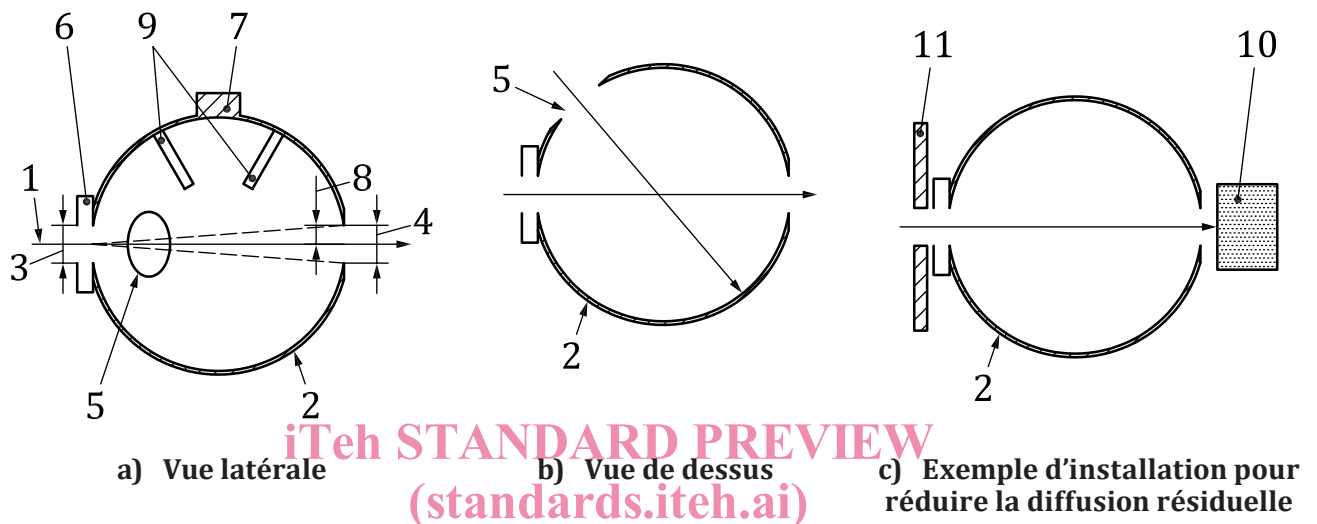
**Tableau 1 — Symboles**

Symbole	Terme
$\lambda$	Longueur d'onde, exprimée en nanomètres
$\lambda_{\text{start}}$	Longueur d'onde de début de mesure
$\lambda_{\text{end}}$	Longueur d'onde de fin de mesure
$S_f(\text{MCA}, \lambda_i)$	Prodifusion à $\lambda_i$ , MCA
$\overline{S_f(\text{MCA}, \lambda_{\text{start}} - \lambda_{\text{end}})}$	Prodifusion moyenne à MCA
$\tau_{\text{st}}(\lambda_i)$	Valeur du signal de transmittance de l'éprouvette comme valeur de mesure du spectrophotomètre
$\tau_{\text{rs}}(\lambda_i)$	Valeur du signal de diffusion résiduelle comme valeur de mesure du spectrophotomètre
$\tau_{\text{ss}}(\lambda_i)$	Valeur du signal de diffusion avec l'éprouvette (incluant la diffusion résiduelle) comme valeur de mesure du spectrophotomètre



## 4 Principe

Le principe de base (voir la [Figure 1](#)) de l'appareil de mesure est fondé sur le captage et l'intégration du rayonnement prodifusé. Dans ce but, une sphère d'intégration à revêtement de réflexion diffuse sur la surface intérieure est utilisée. Les orifices de faisceaux transmettent le faisceau de rayonnement incident vers l'intérieur et vers l'extérieur de la sphère d'intégration. L'éprouvette est placée devant l'orifice d'entrée. Le rayonnement prodifusé est intégré par la sphère et mesuré par un détecteur fixé à un autre orifice. Le nombre, l'emplacement et les formes des écrans doivent être optimisés de telle sorte qu'aucune différence de valeurs de mesure ne doit se produire lorsque la même quantité de rayonnement prodifusé est générée aux orifices d'entrée et de sortie.



### Légende

1	rayonnement incident	7	détecteur
2	sphère d'intégration	8	angle minimal de captage du rayonnement prodifusé, exprimé en degrés
3	orifice d'entrée	9	écrans de rayonnement
4	orifice de sortie	10	piège à lumière
5	orifice de référence	11	masque d'ombrage
6	porte-échantillons		

Figure 1 — Illustration d'un appareil de mesure de la prodiffusion

## 5 Mesures à l'aide d'un spectrophotomètre bifaisceau

### 5.1 Généralités

Un spectrophotomètre bifaisceau avec une sphère d'intégration, instrument très courant dans presque toutes les organisations liées aux technologies optiques, est utilisé pour mesurer les caractéristiques spectroscopiques de prodiffusion. Le présent document offre un moyen simple et pratique à mettre en œuvre pour réaliser des mesures de prodiffusion. La méthode de mesure décrite est facile à mettre en œuvre et économique.

Étant donné que la prodiffusion mesurée dépend fortement de l'angle minimal de captage du rayonnement prodifusé, ce dernier doit être enregistré et pris en compte lors de la comparaison des résultats obtenus avec différents instruments.

L'angle minimal de captage du rayonnement prodifusé est déterminé par la configuration du spectrophotomètre bifaisceau et par la géométrie de la sphère d'intégration, en particulier l'angle d'ouverture de l'orifice de sortie. Dans le présent document, l'angle de captage est supérieur à 2,7°.

Consulter l'ISO 13696 pour les mesurages de diffusion angulaire inférieures à 2,7° et la réalisation de la diffusion résiduelle inférieure. L'ISO 13696 propose un dispositif de mesure de la diffusion basé sur une source de lumière laser avec un angle de captage de diffusion minimal inférieur à 2° et une diffusion résiduelle inférieure à 0,000 15 %.

Dans le présent document, l'angle minimal de captage du rayonnement diffusé varie de 2,7° à 8,6° en fonction du diamètre de la sphère d'intégration, qui varie de 270 mm à 60 mm (voir l'[Annexe C](#) pour plus d'information). Bien qu'il convienne que la valeur de diffusion résiduelle souhaitée soit inférieure d'un ordre de grandeur à la valeur de la prodiffusion, cela peut être difficile avec la configuration du spectrophotomètre présentée ici. Dans le présent document, il convient que la valeur de diffusion résiduelle soit de préférence inférieure à 0,02 %. Si elle est supérieure à 0,02 %, il faut s'efforcer de la réduire en installant, par exemple, un piège à lumière, des masques d'ombrage et des parois d'ombrage [voir la [Figure 1 c](#)] si nécessaire. S'il est impossible d'obtenir une valeur de diffusion résiduelle inférieure à 0,02 %, il est obligatoire d'enregistrer et de documenter la valeur. Comme décrit en [7.7](#), la formule de soustraction de la contribution de la diffusion résiduelle doit être utilisée pour obtenir la valeur de prodiffusion mesurée.

## 5.2 Spectrophotomètre bifaisceau

### 5.2.1 Généralités

Le spectrophotomètre bifaisceau utilisé pour les mesurages de prodiffusion spectroscopiques comprend quatre sections fonctionnelles: la source de rayonnement, le système optique, la sphère d'intégration et le détecteur. Ces sections fonctionnelles sont décrites en détail ci-dessous.

Le spectrophotomètre doit pouvoir mesurer la gamme des longueurs d'onde allant de 350 nm à 850 nm. La résolution en longueur d'onde (la largeur de fente) doit être de 5 nm et la lumière parasite doit être inférieure ou égale à 0,000 10 %. L'utilisateur peut également spécifier une résolution en longueur d'onde inférieure à 5 nm tant que la dynamique décrite à l'[Annexe B](#) est préservée.

En utilisant une lampe tungstène-halogène comme source de lumière et un photomultiplicateur comme détecteur, l'exigence de certification de performance décrite à l'[Annexe B](#) est satisfaite sur toute la gamme de longueurs d'onde de 350 nm à 850 nm. Le présent document peut également s'appliquer à une gamme de longueurs d'onde plus large s'il est confirmé qu'elle satisfait à l'exigence de certification de performance.

### 5.2.2 Source de rayonnement

Une source de rayonnement ayant un domaine spectral minimal compris entre 350 nm et 850 nm doit être utilisée, par exemple une lampe tungstène-halogène.

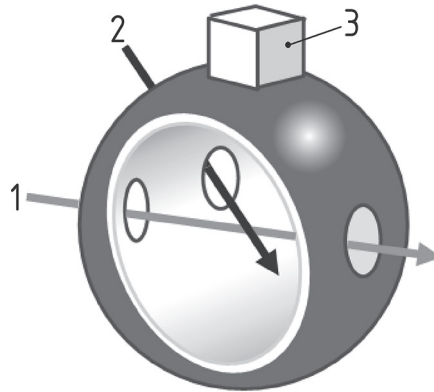
### 5.2.3 Système optique

Le système optique du spectrophotomètre délivre la lumière émise par la source de rayonnement vers la sphère d'intégration. Le système optique doit avoir une configuration bifaisceau avec un faisceau de référence et un faisceau échantillon. La dérive de l'intensité du rayonnement source peut être annulée instantanément en effectuant un mesurage de l'intensité du faisceau de référence et en donnant simultanément son feedback au mesurage d'intensité du faisceau échantillon.

Le système optique doit avoir un monochromateur, ainsi qu'un réseau de diffraction comme élément dispersif, pour obtenir un rayonnement monochromatique avec une certaine résolution en longueur d'onde pour irradier une éprouvette. Pour empêcher la lumière de diffraction d'ordre supérieur du réseau de passer, un prisme auxiliaire ou un filtre d'absorption peut être utilisé. Pour les mesurages nécessitant une résolution spectrale élevée et/ou une faible lumière parasite, une configuration avec monochromateur double est recommandée.

Bien que le faisceau incident sur l'éprouvette dans le spectrophotomètre soit généralement polarisé, la polarisation n'affecte pas la prodiffusion pour les éprouvettes optiquement isotropes, car il convient

que l'éprouvette soit irradiée avec une incidence de  $0^\circ$ . Si l'éprouvette n'est pas optiquement isotrope, l'effet de la polarisation peut être pris en compte.



#### Légende

- 1 lumière incidente
- 2 lumière de référence
- 3 détecteur

**Figure 2 — Sphère d'intégration dans le spectrophotomètre bifaisceau**

#### 5.2.4 Sphère d'intégration

Une sphère d'intégration permet de capter et d'intégrer le rayonnement prodifusé par l'éprouvette. Le rayonnement incident doit être introduit dans la sphère d'intégration avec un angle d'incidence de  $0^\circ$ . La sphère d'intégration doit être équipée d'un orifice d'entrée et d'un orifice de sortie pour le faisceau de rayonnement incident et d'un autre orifice d'entrée pour le faisceau de référence (voir la [Figure 2](#)). La surface intérieure doit être revêtue d'un matériau réfléchissant à diffusion élevée présentant une caractéristique lambertienne.

La valeur du quotient de l'aire de l'orifice de sortie par l'aire de la surface intérieure de la sphère d'intégration doit être inférieure ou égale à 0,03 et l'angle minimal de captage du rayonnement diffusé [voir la [Figure 1 a](#)] doit être compris entre  $2,7^\circ$  et  $8,6^\circ$ . Des écrans de rayonnement peuvent être installés dans la sphère d'intégration pour protéger la zone sensible du détecteur contre le rayonnement direct diffusé par l'éprouvette.

«L'aire de la surface intérieure de la sphère d'intégration» est égale à la totalité de l'aire de la surface d'une sphère dont le diamètre est identique à celui de la sphère d'intégration. Le diamètre intérieur type de la sphère d'intégration pour un spectrophotomètre conventionnel est supérieur ou égal à 60 mm.

#### 5.2.5 Système de détection

Le système de détection doit avoir une sensibilité, une linéarité et une dynamique suffisantes pour la source de rayonnement. Normalement, un photomultiplicateur est fixé à l'orifice de détection de la sphère d'intégration, sa zone sensible constituant une partie de la surface intérieure de la sphère.

### 5.3 Environnement d'essai

La plage de température et l'humidité relative de l'environnement d'essai sont définies ci-après.

Température:  $20^\circ\text{C}$  à  $35^\circ\text{C}$

Humidité relative: inférieure ou égale à 60 %