

---

---

**Lasers et équipements associés  
aux lasers — Méthodes d’essai  
pour déterminer la dispersion avec  
résolution angulaire**

*Lasers and laser-related equipment — Test method for angle resolved scattering*

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

[ISO 19986:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46b0c133-f293-46e6-bc69-b23a107321b0/iso-19986-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46b0c133-f293-46e6-bc69-b23a107321b0/iso-19986-2020>



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

ISO 19986:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46b0c133-f293-46e6-bc69-b23a107321b0/iso-19986-2020>



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

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

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<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 et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Symboles et abréviations</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b> <b>Géométrie de dispersion</b> .....	<b>3</b>
<b>6</b> <b>Méthode d'essai</b> .....	<b>3</b>
6.1   Principe.....	3
6.2   Dispositif de mesurage et équipement d'essai.....	4
6.2.1   Généralités.....	4
6.2.2   Conditions environnementales.....	4
6.2.3   Source de rayonnement.....	5
6.2.4   Système de préparation de faisceaux.....	5
6.2.5   Goniomètre.....	6
6.2.6   Système de détection.....	6
6.2.7   Préparation de l'éprouvette.....	7
<b>7</b> <b>Procédure</b> .....	<b>8</b>
7.1   Généralités.....	8
7.2   Procédure d'alignement.....	8
7.2.1   Généralités.....	8
7.2.2   Alignement de l'instrument.....	8
7.2.3   Alignement de l'éprouvette.....	8
7.3   Étalonnage.....	8
7.3.1   Généralités.....	8
7.3.2   Méthode 1.....	9
7.3.3   Méthode 2.....	9
7.4   Procédure de mesurage.....	10
7.4.1   Sélection de la position de l'éprouvette.....	11
7.4.2   Sélection des conditions d'éclairage.....	11
7.4.3   Sélection de la plage de balayage angulaire.....	12
7.4.4   Détermination de la DRA.....	12
7.5   Considérations sur l'incertitude.....	12
<b>8</b> <b>Protocole de mesurage</b> .....	<b>13</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>15</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 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 le lien suivant: [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le Comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 9, *Lasers et systèmes électro-optiques*.

Il convient que tout retour d'information ou question sur le présent document soit adressé à l'organisme national de normalisation de l'utilisateur. Une liste complète de ces organismes peut être consultée à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

En 2004, les demandes croissantes de mesurages qualifiés de dispersion avec résolution angulaire (DRA) émanant de l'industrie a mené à une note de discussion pour lancer des activités destinées à une norme entièrement nouvelle relatives aux mesurages DRA d'éléments optiques dans SC 9/WG 6, et qui a fait ultérieurement l'objet d'une nouvelle discussion en 2008. Cette nouvelle tentative a été pilotée, en particulier, mais sans y être limitée, par le développement d'éléments optiques pour le domaine spectral de l'ultraviolet profond, dans lequel les pertes par dispersion en raison d'imperfections de surface et de matière entraînent des limitations critiques. Il a donc été décidé de soutenir le développement d'un nouveau projet de travail.

Depuis lors, l'intérêt n'a cessé d'augmenter pour une procédure type, facile à appliquer dans la pratique, englobant aussi bien des surfaces, des revêtements, des matériaux, des composants structurés, de haute qualité, comme les réseaux de diffraction, que des éléments conformateurs de rayonnement, tels que des tableaux interactifs et des diffuseurs, utilisés à des longueurs d'onde allant des régions UVE et UVP aux régions spectrales IR.

Il existe deux normes qui décrivent des mesurages de dispersion avec résolution angulaire:

- ASTM E 2387-19<sup>[15]</sup>;
- SEMI ME 1392-0116<sup>[16]</sup>.

Un autre document associé est l'ISO 13696 qui décrit des procédures pour mesurer la Dispersion totale (DT) des éléments optiques.

La dispersion du rayonnement causée par des imperfections d'éléments optiques peut affecter de manière critique la performance des systèmes optiques. Un rayonnement dispersé en grands angles correspond habituellement à une perte de puissance rayonnante, et donc à une réduction de la production. Un rayonnement dispersé en petits angles peut conduire à une dégradation de l'image. La connaissance de la distribution angulaire du rayonnement dispersé est donc essentielle pour évaluer la qualité d'éléments optiques.

La présente norme décrit une méthode d'essais pour la quantité correspondante, la dispersion avec résolution angulaire (DRA), qui est définie par l'intensité dispersée mesurée (puissance rayonnante dispersée normalisée à une puissance rayonnante incidente et à un angle de détection solide) en fonction des angles de dispersion.

Les données de dispersion avec résolution angulaire peuvent servir d'entrée aux calculs de rayonnement parasite dans un logiciel de conception optique. D'autres informations, telles que la Dispersion totale (définie dans l'ISO 13696) ou d'autres quantités de dispersion intégrées, peuvent être fournies à partir de la dispersion avec résolution angulaire par intégration numérique. De plus, bien que non abordée dans le présent document, l'analyse de la dispersion avec résolution angulaire peut donner des informations sur les origines de la dispersion, telles que rugosité d'interface, particules, défauts, dommages sub-superficiels, et inhomogénéités importantes.

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

ISO 19986:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46b0c133-f293-46e6-bc69-b23a107321b0/iso-19986-2020>

# Lasers et équipements associés aux lasers — Méthodes d'essai pour déterminer la dispersion avec résolution angulaire

## 1 Domaine d'application

Le présent document décrit les procédures de détermination de la dispersion avec résolution angulaire par des éléments optiques, tels qu'éléments optiques revêtus ou non, structures photoniques et matériaux pouvant être transparents, translucides ou opaques. Il traite de la dispersion dans la sphère de dispersion autour de l'éprouvette, généralement séparée en hémisphères avant et arrière. Les procédures s'appliquent à des longueurs d'onde de rayonnement s'échelonnant des domaines spectraux de 5 nm dans l'ultraviolet extrême à 15  $\mu\text{m}$  dans l'infrarouge.

## 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).

iTeh STANDARD PREVIEW

ISO 11145, *Optique et photonique* — Lasers et équipements associés aux lasers — Vocabulaire et symboles

ISO 14644-1:1999, *Salles propres et environnements maîtrisés apparentés* — Partie 1: Classification de la propreté de l'air

ISO 19986:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46b0c133-f293-46e6-bc69-b23a107321b0/iso-19986-2020>

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11145 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

#### rayonnement dispersé

fraction du rayonnement incident dévié du trajet optique spéculaire

[SOURCE: ISO 13696:2002, 3.1.1]

### 3.2

#### angle solide de détecteur

$\Delta\Omega_s$

angle solide d'ouverture du détecteur par rapport à l'origine des coordonnées

### 3.3 dispersion avec résolution angulaire DRA

puissance rayonnante  $\Delta P_s$  dispersée dans une direction  $(\theta_s, \phi_s)$  par rapport à la puissance rayonnante incidente  $P_i$  et à l'angle solide du détecteur  $\Delta\Omega_s$  (3.2):

$$\tilde{f}(\theta_s, \phi_s) = \frac{\Delta P_s(\theta_s, \phi_s)}{P_i \Delta\Omega_s}$$

Note 1 à l'article: La DRA peut être transformée en fonction de la distribution de la réflectance, de la transmission, ou de la dispersion bidirectionnelle, FDRB, FDTD, ou FDDB ( $f_r$ ), respectivement, en divisant la DRA par  $\cos\theta_s$ :

$$f_r(\theta_s, \phi_s) = \frac{\tilde{f}(\theta_s, \phi_s)}{\cos\theta_s}$$

Note 2 à l'article: La dispersion totale<sup>1)</sup> définie dans l'ISO 13696 peut résulter de la DRA par intégration numérique à l'intérieur des hémisphères de dispersion correspondantes. Pour l'incidence normale et la dispersion de réflexion, l'intégrale est:

$$\sigma_{TS} = \int_0^{2\pi \geq 85^\circ} \int_{0 \leq \theta_s} \tilde{f}(\theta_s, \phi_s) \sin\theta_s d\theta_s d\phi_s$$

### 3.4 étalon de réflectance diffuse réflecteur diffus avec DRA (3.3) connue, de préférence Lambertienne

### 3.5 signature d'instrument

contribution intrinsèque à la DRA (3.3) mesurée, produite par l'instrument lui-même, généralement estimée en mesurant la DRA (3.3) sans éprouvette

Iteh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
© ISO 2020  
https://standards.iteh.ai/standards/sist/46b0c133-f293-46e6-bc69-b23a107321b0/iso-19986-2020

## 4 Symboles et abréviations

$\tilde{f}$	Dispersion avec résolution angulaire, DRA
$\Delta\Omega_s$	angle solide de détecteur
$\Delta P_s$	puissance rayonnante dispersée
$P_i$	puissance rayonnante incidente
$\phi_s$	angle de dispersion azimutal
$\theta_i$	angle d'incidence
$\theta_r$	angle de réflexion spéculaire
$\theta_s$	angle de dispersion polaire

1) Dans l'ISO 13696:2002, la dispersion totale est actuellement décrite par le symbole, TS. Cette description sera modifiée par le symbole,  $\sigma_{TS}$ , dans la prochaine révision.

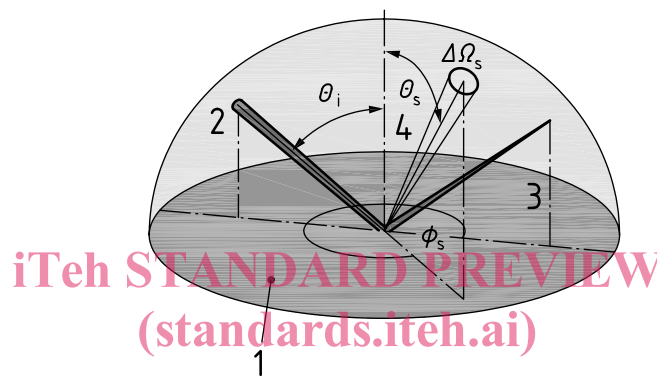


## 5 Géométrie de dispersion

La géométrie de dispersion est définie en coordonnées sphériques par rapport à la normale à l'éprouvette, tel que représenté à la [Figure 1](#). L'origine des coordonnées se trouve, comme suit, au niveau de l'éprouvette:

- pour mesurer la dispersion de réflexion, l'origine se trouve au niveau de la surface d'entrée.
- pour mesurer la dispersion de transmission, l'origine se trouve au niveau de la surface de sortie.
- pour les éprouvettes minces (éprouvette de petite épaisseur comparé au champ de vision du détecteur), l'origine peut se trouver au niveau de la surface d'entrée ou de la surface de sortie.
- pour certaines applications, il peut être utile de placer l'origine à d'autres emplacements, par exemple, dans l'éprouvette.

L'emplacement exact de l'origine doit être documenté.



### Légende

- |   |   |                  |                              |
|---|---|------------------|------------------------------|
| 1 | éprouvette sous test                        | $\theta_i$       | angle d'incidence            |
| 2 | faisceau incident                           | $\theta_s$       | angle de dispersion polaire  |
| 3 | faisceau réfléchi spéculairement            | $\phi_s$         | angle de dispersion azimutal |
| 4 | rayonnement dispersé à $(\theta_s, \phi_s)$ | $\Delta\Omega_s$ | angle solide de détecteur    |

NOTE L'angle de la réflexion spéculaire ( $\theta_r$ ) est égal à l'angle d'incidence ( $\theta_i$ ).

**Figure 1 — Géométrie de dispersion**

La géométrie de dispersion est représentée à la [Figure 1](#). L'angle de dispersion azimutal est nul pour les mesurages à l'intérieur du plan incident contenant les faisceaux incidents et réfléchis spéculairement. De plus, il convient de définir et de documenter un angle d'orientation de l'éprouvette. La direction d'incidence et la normale à la surface définissent le plan incident.

## 6 Méthode d'essai

### 6.1 Principe

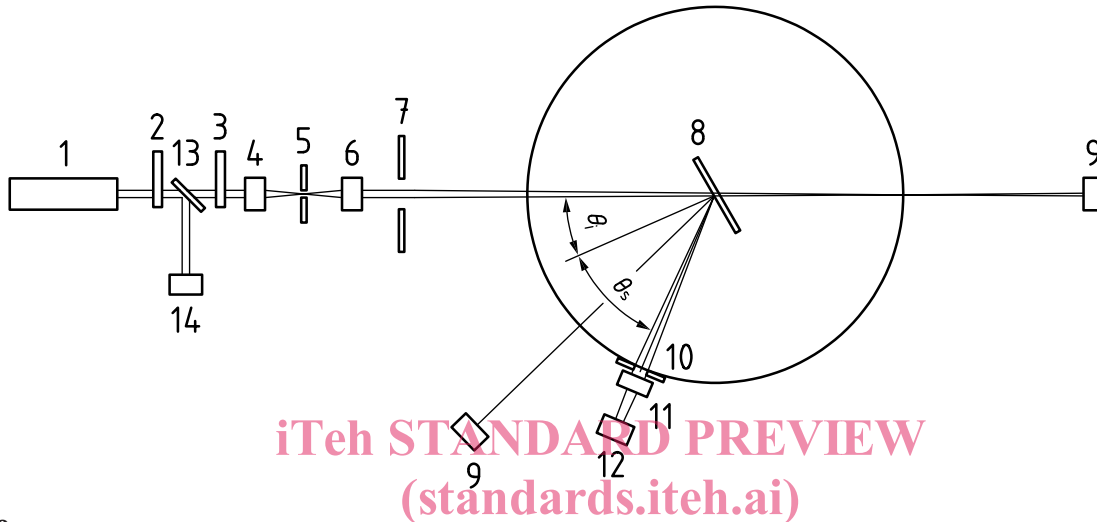
Le principe de fonctionnement fondamental de l'instrument pour les mesurages DRA (voir [Figure 2](#)) repose sur la mesure de la puissance rayonnante dispersée provenant de l'éprouvette, en fonction des angles de dispersion, en utilisant un détecteur doté d'une petite ouverture bien délimitée qui est balayée le long d'une trajectoire définie sur, ou à l'intérieur de l'ensemble de la sphère de dispersion autour de l'éprouvette. Le type de mesurage le plus simple est un balayage de détecteur avec le plan d'incidence (balayage en plan).

L'angle d'incidence est maintenu constant pendant un mesurage simple. La DRA est mesurée soit en tournant le détecteur par rapport à l'éprouvette et au système d'éclairage, soit le détecteur est fixé, et le système d'éclairage ainsi que l'éprouvette sont tournés par rapport au détecteur.

## 6.2 Dispositif de mesure et équipement d'essai

### 6.2.1 Généralités

Le fonctionnement de l'instrument servant à déterminer la DRA est divisée en quatre sections fonctionnelles décrites en détail à la [Figure 2](#).



#### Légende

- |   |                               |    |                                  |
|---|-------------------------------|----|----------------------------------|
| 1 | source de rayonnement         | 8  | éprouvette                       |
| 2 | hacheur (option)              | 9  | décharge de faisceau             |
| 3 | atténuateur variable (option) | 10 | ouverture d'entrée du détecteur  |
| 4 | élément de focalisation 1     | 11 | lentille de champ (option)       |
| 5 | trou d'épingle                | 12 | détecteur                        |
| 6 | élément de focalisation 2     | 13 | séparateur de faisceaux (option) |
| 7 | défecteurs (option)           | 14 | détecteur de référence (option)  |

Figure 2 — Instrument de mesurages de DRA

Si des fluctuations ou des dérives de plus de 5 % de la puissance rayonnante sont prévues sur l'échelle de temps comprenant l'étalonnage et les mesurages, un canal de référence supplémentaire doit être implémenté dans la configuration représentée à la [Figure 2](#). Il convient d'utiliser, à cet effet, la réflexion d'un substrat super poli incliné d'un matériau transparent dans la région spectrale du laser et placé avant le filtre spatial, ainsi qu'un détecteur approprié, de préférence, similaire au détecteur de dispersion actuel.

### 6.2.2 Conditions environnementales

Il convient de placer l'instrument dans un environnement de salle propre ou sous un système à flux laminaire pour éviter la dispersion émanant de particules de poussière. Certaines applications, en particulier, dans la plage UV, exigent un fonctionnement en atmosphères gazeuses spécifiques ou sous vide pour éviter l'absorption du rayonnement dans l'air ou pour supprimer la diffusion de Rayleigh émanant des molécules d'air. Les conditions environnementales pendant les mesurages doivent être documentées.

### 6.2.3 Source de rayonnement

Une excellente qualité du faisceau et une puissance rayonnante incidente suffisamment élevée sont essentielles pour les mesurages de DRA d'éléments optiques. Les lasers, les diodes laser ou les sources en bande large ou étroite peuvent donc être utilisés comme sources de rayonnement. La source utilisée doit être documentée.

La variation temporaire de la puissance rayonnante du rayonnement doit être mesurée et documentée. Elle comprend les dérives à long terme et les fluctuations à court terme. Les dérives et fluctuations inférieures à 5 % sont en dessous de l'incertitude globale de mesure, et sont acceptables. Il convient de surveiller et, par suite, de tenir compte des dérives et fluctuations plus importantes. À cet effet, il convient de mesurer un signal de référence à l'aide d'un séparateur de faisceaux et d'un détecteur de référence.

Un atténuateur basé sur une combinaison de filtres de densité neutre ou d'autres moyens sert à ajuster la puissance rayonnante incidente.

### 6.2.4 Système de préparation de faisceaux

Le système de préparation de faisceaux consiste en un filtre spatial permettant de générer un faisceau propre et, si nécessaire, en des déflecteurs supplémentaires pour supprimer le rayonnement parasite du système d'éclairage. Il convient que le profil du faisceau corresponde à une fonction gaussienne symétrique en rotation. D'autres profils, par exemple, un profil "chapeau", peuvent être également utilisés, à condition que la signature de l'instrument, en particulier, aux angles de dispersion proches des directions spéculaires, ne soit pas affectée.

Le dernier élément de focalisation obtient une image du trou d'épingle sur le plan de l'ouverture du détecteur. À savoir que le faisceau réfléchi spéculairement ou transmis normalement doit être focalisé sur l'ouverture du détecteur lorsque celui-ci voit cette direction et que l'éprouvette mesurée est en place.

Si le point focal du système d'éclairage se trouve au niveau de l'éprouvette, à l'infini (faisceau collimaté) ou en toute autre position autre que le plan d'ouverture du détecteur, l'utilisateur doit vérifier, documenter, et quantifier dans quelle mesure cela affecte la signature de l'instrument proche du spéculaire, et la compatibilité avec les résultats obtenus par les mesurages de la dispersion totale selon l'ISO 13696.

La distance focale du système de préparation du faisceau doit être réglable de manière à pouvoir compenser la puissance de réfraction de l'éprouvette.

Les miroirs à surface uniforme sont préférés comme éléments optiques, car ils produisent généralement moins de dispersion et permettent d'obtenir de meilleures signatures de l'instrument (réduites et plus étroites). Idéalement, il convient que le DRA des miroirs soit inférieur au DRA de l'éprouvette à mesurer.

Si des miroirs sphériques sont utilisés, il convient que les angles d'incidence soient les plus petits possibles pour réduire les aberrations qui pourraient affecter de manière critique la signature de l'instrument dans les régions proches du spéculaire.

Le diamètre du faisceau sur l'éprouvette doit être documenté. Il doit être plus petit que le champ de vision du détecteur à la position de l'éprouvette. Les diamètres types sont compris entre 0,4 mm et 10 mm. Le champ de vision doit être adapté au diamètre du faisceau.

**NOTE** Certaines applications exigent une focalisation sur l'éprouvette. Ainsi, des diamètres de faisceau sensiblement plus petits jusqu'au micromètre peuvent être obtenus, mais la taille du faisceau le plus grand à la position de l'ouverture du détecteur rend inaccessible la dispersion en petits angles à proximité des directions spéculaires. La limite réelle proche de l'angle peut être évaluée en inspectant la signature de l'instrument.

Des pièges à faisceaux entourant l'instrument doivent être utilisés et positionnés pour absorber l'ensemble des faisceaux réfléchis spéculairement et transmis normalement. Des pièges à faisceaux supplémentaires pourraient être nécessaires pour absorber les crêtes de diffraction non spéculaires des éprouvettes diffractives.