

# NORME INTERNATIONALE

**ISO**  
**5-2**

Troisième édition  
1991-12-15

---

---

## Photographie — Mesurage des densités —

### Partie 2:

Conditions géométriques pour la densité  
instrumentale par transmission

(standards.iteh.ai)

*Photography — Density measurements —*

*ISO 5-2:1991*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/9a50edee56f7-iso-5-2-1991> Part 2: Geometric conditions for transmission density

9a50edee56f7/iso-5-2-1991



Numéro de référence  
ISO 5-2:1991(F)

## 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 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.

La Norme internationale ISO 5-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 42, *Photographie*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a1724030-8ec6-44d3-9009-9a50edee3961/iso-5-2-1991>

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 5-2:1985), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 5 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Photographie — Mesurage des densités*:

- *Partie 1: Termes, symboles et notations*
- *Partie 2: Conditions géométriques pour la densité instrumentale par transmission*
- *Partie 3: Conditions spectrales*
- *Partie 4: Conditions géométriques pour la densité instrumentale par réflexion*

Les annexes A, B, C et D de la présente partie de l'ISO 5 sont données uniquement à titre d'information.

© ISO 1991

Droits de reproduction réservés. 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'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

## Introduction

La présente partie de l'ISO 5 fait partie d'une série qui spécifie les conditions géométriques de la densitométrie par transmission, ainsi qu'on le pratique généralement mais pas exclusivement en photographie en noir et blanc et en couleur. Le principal changement entre la première édition de 1974 et la deuxième édition de 1985 a été le remplacement de la méthode de la sphère d'intégration par la méthode du «verre opale», comme base de spécification de la densité par transmission normalisée ISO. (Bien que tout moyen de diffusion qui répond aux spécifications de la présente partie de l'ISO 5 puisse être utilisé, la méthode est généralement décrite par les simples termes «verre opale» pour la différencier de la méthode de la sphère d'intégration.) On reconnaît ainsi que les mesures de la densité par transmission des produits photographiques sont faites presque exclusivement en utilisant des appareils munis de diffuseurs. On obtient des densités légèrement inférieures à celles qui sont obtenues par la méthode de la sphère d'intégration, à cause des réflexions entre l'échantillon et le verre opale. L'effet est plus fort sur les faibles densités et dépend des caractéristiques de réflexion de la surface de l'échantillon qui fait face au diffuseur.

<https://standards.iteh.org/catalog/standards/sist/a1724030-8ee6-44d3-9009-9a50edee56f7/iso-5-2-1991>

Les changements intervenus depuis la deuxième édition de 1985 sont les suivants:

- a) La méthode d'Halbertsma de mesurage du coefficient de diffusion a été remplacée par une méthode générale destinée à décrire la distribution de la lumière qui arrive sur le film ou le récepteur. Cette distribution dépend du système et non pas uniquement «du verre opale» «éclairé par une lumière incidente normale» comme l'indique la méthode d'Halbertsma. En d'autres termes, un diffuseur ayant un coefficient de diffusion de 0,9 mesuré selon la méthode d'Halbertsma, peut avoir une distribution complètement différente lorsqu'il est placé dans un système n'ayant pas de lumière incidente normale à sa surface.
- b) Le coefficient de diffusion d'un système complet a été défini ainsi que la méthode de mesurage.
- c) Le système dont on doit mesurer le facteur de luminance élargi par réflexion, a été défini et la méthode de mesurage a été prescrite afin d'obtenir une bonne uniformité des résultats.
- d) Puisque les réflexions internes et la finition de la surface jouent un rôle aussi important pour déterminer la densité dans cette géométrie, la condition selon laquelle la surface du système diffusant doit être polie a été incluse dans le texte plutôt que dans un renvoi en bas de page.
- e) Le vocabulaire qui entretenait des différences d'interprétation au sujet de l'intervalle entre l'échantillon et le diffuseur a été modifié.

- f) La figure qui décrit la géométrie du mesurage de la densité a été clarifiée et rendue plus générale afin de s'adapter à la fois à la densité diffuse et à la densité par projection.

La présente partie de l'ISO 5 décrit aussi les conditions géométriques de deux types de densités par projection. Les conditions spectrales sont spécifiées dans l'ISO 5-3.

La densité instrumentale diffuse par transmission est une mesure de la modulation de la lumière par un film éclairé en lumière diffuse sur une face et examiné par l'autre face, comme dans le cas où un film est examiné sur une table éclairante munie d'un diffuseur. Les conditions géométriques d'une projection avec un éclairage diffus sont presque équivalentes aux conditions d'examen d'un film sur une table éclairante diffusante, l'objectif de projection jouant le rôle de l'œil. Lorsque le film est sur une table éclairante à lumière diffuse ou en contact avec la surface sensible de tirage, il y a des interrélflexions de lumière entre le film et la surface diffusante proche. Ces interrélflexions affectent la densité et sont mieux prises en compte dans un instrument de mesure utilisant un diffuseur ou un intégrateur en «verre opale», plutôt qu'une sphère intégrante. À côté de cette raison fondamentale, pour employer des densitomètres utilisant des diffuseurs en «verre opale», on préfère de tels instruments car ils sont plus solides et plus faciles à fabriquer et à utiliser.

La densité de projection est une mesure de la modulation de la lumière par un film éclairé en lumière spéculaire sur une face et projeté au moyen d'un système de récupération spéculaire. Des appareils utilisant des condenseurs optiques sont employés pour regarder des microfilms, des films cinématographiques ou des diapositives et pour faire des tirages par projection. Les conditions définies dans la présente partie de l'ISO 5 pour la densité par projection, simulent les conditions géométriques influençant les caractéristiques de transmission d'une petite surface d'un négatif ou d'une diapositive au centre de la fenêtre d'un système classique de projection utilisant un condenseur. On peut définir cette surface par une petite ouverture, appelée fenêtre de champ, dans une plaque opaque placée dans la fenêtre.

Le rapport du flux total transmis par l'échantillon au flux incident sur la fenêtre de champ est appelé «facteur de transmission» mais est, en pratique, de peu d'utilité. Au contraire, le flux transmis par la surface de la fenêtre de champ et collecté par l'objectif de projection pour former l'image projetée, est important. Le rapport de ce flux au flux collecté quand il n'y a pas de film dans la fenêtre de champ est appelé facteur de luminance élargi par transmission et sert de base au calcul de la densité instrumentale par projection.

La densité mesurée dépend du demi-angle au sommet du cône de rayons incidents et du demi-angle sous lequel l'objectif de projection est vu depuis le centre de la fenêtre de champ. Les demi-angles peuvent être exprimés en degrés ou en nombre d'ouverture ( $f/.$ ). Puisque les nombres d'ouverture ( $f/.$ ) sont généralement gravés sur les objectifs de projection, les deux types de densité instrumentale par projection décrits dans la présente partie de l'ISO 5 sont identifiés par leurs nombres d'ouverture, à savoir  $f/4,5$  et  $f/1,6$ . Le type  $f/4,5$  est fréquemment utilisé car cette ouverture est représentative de celle des lecteurs de microfilm. Le type  $f/1,6$  est considéré comme représentatif des projecteurs cinématographiques.

# Photographie — Mesurage des densités —

## Partie 2:

## Conditions géométriques pour la densité instrumentale par transmission

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 5 spécifie les conditions géométriques pour le mesurage des densités instrumentales ISO, par transmission, diffusées ou par projection  $f/4,5$  et  $f/1,6$ .

La densité diffuse est surtout utilisée pour le mesurage d'images photographiques destinées à être examinées par transparence sur une table lumineuse, ou à être tirées par contact, ou encore à être projetées à l'aide d'un système de projection utilisant un éclairage diffus.

La densité par projection est surtout utilisée pour le mesurage d'images photographiques destinées à être projetées avec des systèmes utilisant un condenseur optique.

Bien que surtout prévues pour le mesurage des images photographiques, les méthodes densitométriques faisant l'objet de la présente partie de l'ISO 5 sont souvent utilisées pour des filtres optiques ou d'autres produits en feuille.

### 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 5. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 5 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO

possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 5-1:1984, *Photographie — Mesurage des densités — Partie 1: Termes, symboles et notations.*

ISO 5-3:1984, *Photographie — Mesurage des densités — Partie 3: Conditions spectrales.*

Publication CIE 15-2:1978, *Recommandations sur les espaces chromatiques uniformes — Les formules de différence de couleur — Les termes psychométriques de la couleur.*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 5, les définitions données dans l'ISO 5-1 et les définitions suivantes s'appliquent.

**3.1 facteur de luminance élargi par transmission (7):** Rapport du flux instrumental transmis par l'échantillon au flux instrumental lorsque l'échantillon est retiré de la fenêtre de champ de l'instrument:

$$T = \frac{\Phi_t}{\Phi_j}$$

où

$T$  est le facteur de luminance élargi par transmission;

$\Phi_t$  est le flux transmis;

$\Phi_j$  est le flux pupillaire.

**3.2 densité instrumentale par transmission ( $D_T$ ):**  
Logarithme décimal de l'inverse du facteur de luminance élargi par transmission:

$$D_T = \log_{10} \frac{1}{T} = \log_{10} \frac{\Phi_j}{\Phi_r}$$

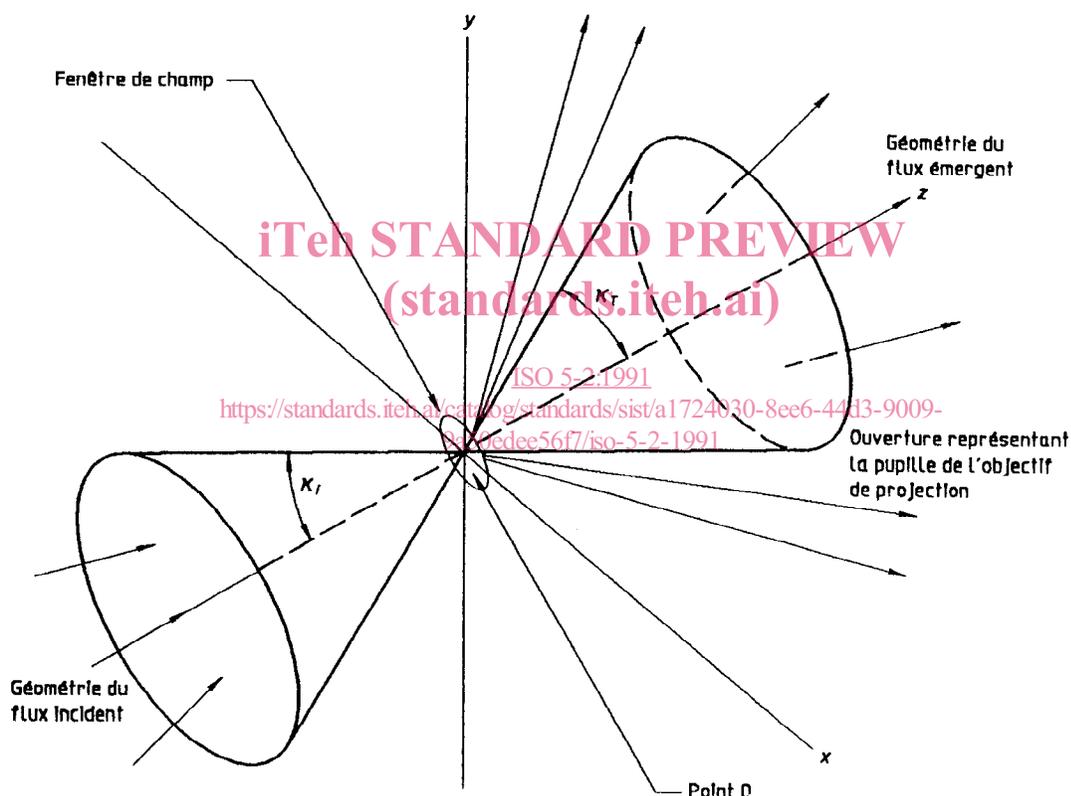
#### 4 Système de coordonnées, terminologie et symboles

Les systèmes de coordonnées, la terminologie et les symboles décrits dans l'ISO 5-1 servent de base à la spécification des conditions géométriques pour le mesurage de densité instrumentale par réflexion.

#### 5 Densité instrumentale diffuse, normalisée ISO

##### 5.1 Géométrie des faisceaux

Les mesures de transmission diffuse peuvent être réalisées soit avec un système d'éclairage diffus et un récepteur directionnel, appelé «mode à faisceau incident diffus», soit avec un éclairage directionnel et un récepteur intégrant la lumière diffuse, appelé «mode à faisceau émergent diffus». Une représentation de ces deux modes est indiquée à la figure 1. Ces modes peuvent être décrits en terme de distribution diffuse ou directionnelle spécifiées, les distributions étant, suivant le mode, des distributions de luminance ou de sensibilités.



##### Mesurage de la densité instrumentale diffuse

(pour un faisceau incident diffus  $K_I = 90^\circ$ ,  $K_r \leq 10^\circ$ )<sup>1)</sup>  
(pour un faisceau émergent diffus  $K_r \leq 10^\circ$ ,  $K_I = 90^\circ$ )<sup>1)</sup>

##### Mesurage de la densité instrumentale par projection

(pour  $f/4,5$   $K_I = K_r = 6,4^\circ \pm 0,2^\circ$ )  
(pour  $f/1,6$   $K_I = K_r = 18,2^\circ \pm 1^\circ$ )

<sup>1)</sup> La spécification  $90^\circ$  suppose un contact physique entre l'échantillon et le système source lumineuse/récepteur.

Figure 1 — Géométrie pour le mesurage des densités

## 5.2 Fenêtre de champ

L'étendue et la forme de la surface sur laquelle la densité est mesurée est appelée fenêtre de champ. Sa forme et sa dimension ne sont pas critiques si aucune dimension n'est assez grande pour que les conditions géométriques des flux incident et émergent ne soient pas identiques sur toute sa surface, ou n'est pas assez petite pour que les effets dus à la granularité du film, à l'épaisseur de l'échantillon, ou à la diffraction soient sensibles. Les mesures sur des surfaces dont le diamètre est inférieur à 0,5 mm sont à la limite ou même dans le domaine de la microdensitométrie et, faisant l'objet de considérations spéciales, elles ne sont pas prises en compte dans la présente partie de l'ISO 5. Les dimensions relatives de la fenêtre de champ et des éléments optiques déterminant la distribution directionnelle sont reliées par les tolérances sur l'angle sous-tendu, spécifiées pour les distributions directionnelles.

Idéalement les distributions des flux incident et émergent devraient être uniformes sur la fenêtre de champ. Lorsque cette fenêtre est balayée par un photomètre dont le champ a une forme similaire, la même orientation et des dimensions au plus égales au quart de celles de la fenêtre de champ, la luminance énergétique en chaque point de cette fenêtre doit être égale à la valeur maximale à 10 % près. Son manque d'uniformité est sans importance lorsqu'on mesure des plages uniformes, mais peut être une source importante d'erreur pour la mesure de plages non uniformes.

La taille du diffuseur par rapport à celle de la fenêtre de champ doit être assez grande pour que ses bords, ou son support, n'influent pas sur la mesure de densité. L'échantillon à mesurer doit être en contact avec le diffuseur. Dans le cas de films ou plaques photographiques, la face émulsion doit faire face au diffuseur.

1) **coefficient de diffusion** (voir aussi l'annexe C): L'intensité lumineuse (ou la sensibilité) de la source diffuse (ou du récepteur) à différents angles de visée  $\theta$  mesurés à partir de la normale, est tracée en coordonnées polaires. Avec une source lumineuse qui suit la loi de Lambert (corrigée du cosinus de l'angle du récepteur) l'indicatrice est un cercle. Le quotient de l'aire de l'indicatrice d'une source lumineuse diffuse quelconque par l'aire de l'indicatrice d'une source lumineuse qui suit la loi de Lambert (corrigée du cosinus de l'angle du récepteur) est appelé coefficient de diffusion de la source diffuse (ou du récepteur). Pour calculer ce coefficient de diffusion, le champ de mesurage ne doit pas dépasser  $10^\circ$ .

2) **Publication CIE 15-2:1978, alinéa 1.4:** «L'échantillon est éclairé d'une manière diffuse par une sphère d'intégration. L'angle entre la normale à l'échantillon et l'axe optique ne doit pas dépasser  $10^\circ$ . La sphère d'intégration peut être d'un diamètre quelconque pourvu que la surface totale des orifices soit inférieure à dix pour cent de l'aire réfléchissante interne de la sphère. L'angle entre l'axe optique et tout rayon du faisceau d'examen ne doit pas dépasser  $5^\circ$ .» Le facteur de luminance élargi par réflexion est le quotient de la lumière réfléchie par l'échantillon à la lumière réfléchie par un diffuseur parfaitement réfléchissant.

3) Les lectures des faibles densités sont très sensibles aux variations du facteur de luminance élargi par réflexion et du poli de la surface du système diffusant, à cause des effets sur les réflexions internes qui se produisent entre le diffusant et l'échantillon.

## 5.3 Distribution diffuse

La distribution angulaire de la luminance ou de la sensibilité au centre de la fenêtre de champ, devrait idéalement être uniforme sur tout l'hémisphère délimité par le plan de la fenêtre de champ. Pour que l'objectif de la présente partie de l'ISO 5 soit atteint, le degré d'uniformité doit être tel que le coefficient de diffusion, tel qu'il est défini ci-dessous<sup>1)</sup>, soit compris entre 0,90 et 1,00.

Pour l'intervalle du spectre lumineux spécifié dans l'ISO 5-3, le facteur de luminance élargi par réflexion (tel qu'il est défini<sup>2)</sup> par la géométrie diffuse/normale de la CIE) de la source lumineuse diffuse (ou du récepteur) doit être  $0,55 \pm 0,05$  et la surface doit être polie<sup>3)</sup>. Une telle distribution a été souvent réalisée en utilisant une plaque de verre opale pour diffuser le flux incident ou pour intégrer le flux transmis, mais l'utilisation d'un verre opale n'est pas obligatoire, du moment que les conditions optiques spécifiées sont réalisées.

## 5.4 Distribution directionnelle

La distribution angulaire de la luminance énergétique ou de la sensibilité doit être maximale sur la normale à la fenêtre de champ, en son centre, et négligeable pour des angles de plus de  $10^\circ$  par rapport à la normale, à l'échantillon en tous les points de la fenêtre de champ.

## 5.5 Dénomination

Les valeurs de densité obtenues en observant la spécification ci-dessus peuvent être appelées «densité diffuse instrumentale par transmission, normalisée ISO» ou simplement «densité diffuse ISO». En notation fonctionnelle, elles s'écrivent

$D_T(90^\circ \text{ opale}; S_H; \leq 10^\circ; s)$  pour le mode flux incident diffus, ou

$D_T(\leq 10^\circ; S_H; 90^\circ \text{ opale}; s)$  pour le mode flux émergent diffus,

où  $S_H$  est la caractéristique spectrale du flux incident de la densité par transmission (voir ISO 5-3, article 4) et  $s$  est la caractéristique de la sensibilité spectrale du système photodétecteur.

## 6 Densité instrumentale par projection, normalisée ISO

### 6.1 Fenêtre de champ

La fenêtre de champ doit rester petite comparée au reste du système optique, afin de limiter les variations des conditions géométriques. Son diamètre ne doit pas être supérieur à un sixième de celui de l'ouverture représentant la pupille d'entrée de l'objectif de projection, ni inférieur à 0,5 mm.

Idéalement, le flux incident devrait être uniforme sur toute la surface de la fenêtre de champ. Lorsque cette fenêtre est balayée par un photomètre ayant une réponse uniforme sur un angle de champ d'au moins  $20^\circ$ , et une réponse uniforme sur une surface circulaire de mesure dont le diamètre est le quart de celui de la fenêtre de champ, le flux mesuré en chaque point de cette fenêtre doit être égal à la valeur maximale à 10 % près.

### 6.2 Type $f/4,5$

La distribution angulaire de la luminance énergétique du flux incident et la distribution angulaire de la sensibilité du récepteur (y compris les effets de tous filtres, objectifs et autres composants optiques) doivent être uniformes à  $\pm 10\%$  près pour tous les angles compris entre  $0^\circ$  et  $6,4^\circ \pm 0,2^\circ$ <sup>4)</sup> à partir de l'axe optique. Cette distribution angulaire simule un système de projection idéal, ouvert à  $f/4,5$ .

### 6.3 Type $f/1,6$

La distribution angulaire de la luminance énergétique du flux incident et la distribution angulaire de la sensibilité du récepteur (y compris les effets de tous les filtres, objectifs et autres composants optiques)

doivent être uniformes à  $\pm 10\%$  près, pour tous les angles compris entre  $0^\circ$  et  $18,2^\circ \pm 1,0^\circ$ , à partir de l'axe optique. Cette distribution angulaire simule un système de projection idéal, ouvert à  $f/1,6$ .

### 6.4 Uniformité de la géométrie du flux incident

Lorsque la distribution angulaire de la luminance énergétique incidente est analysée avec un photomètre ayant une réponse uniforme (à  $\pm 10\%$ ) dans un cône de demi-angle au sommet de  $2^\circ$ , la luminance énergétique pour toute direction à l'intérieur du cône spécifié pour le flux incident doit être égale à la valeur maximale à 10 % près. À l'extérieur de ce cône, le flux doit être inférieur à 2 % de la valeur maximale à l'intérieur du cône.

### 6.5 Uniformité de la géométrie du flux émergent

Lorsque la distribution angulaire de la sensibilité du récepteur est analysée à l'aide d'un petit faisceau conique de demi-angle au sommet de  $2^\circ$ , la sensibilité pour toute direction à l'intérieur du cône spécifié pour le flux émergent doit être égale à la valeur maximale à 10 % près. À l'extérieur de ce cône, le flux doit être inférieur à 2 % de la valeur maximale à l'intérieur du cône.

### 6.6 Dénomination

Les valeurs de densité obtenues en observant les spécifications pour le type  $f/4,5$ , données en 6.2, doivent être appelées «densité instrumentale par projection type  $f/4,5$  normalisée ISO». En notation fonctionnelle, elles sont désignées par  $D_T(6,4^\circ; S_H: 6,4^\circ; s)$ .

Les valeurs de densité obtenues en observant les spécifications pour le type  $f/1,6$ , données en 6.3, doivent être appelées «densité instrumentale par projection type  $f/1,6$  normalisée ISO». En notation fonctionnelle, elles sont désignées par  $D_T(18,2^\circ; S_H: 18,2^\circ; s)$ .

4) La relation entre le nombre d'ouverture et le demi-angle ( $\kappa$ ) au sommet d'un cône de rayon formant un point image est

$$\text{nombre d'ouverture} = \frac{1}{2n \sin \kappa}$$

où  $n$  est l'indice de réfraction de l'espace image.

## Annexe A (informative)

### Densité diffuse «sphère»

Depuis plusieurs années on a préconisé l'utilisation d'une sphère d'intégration pour le mesurage des densités normalisées ISO. Un inconvénient majeur de cette méthode de mesurage est que les densités obtenues à l'aide d'une sphère d'intégration ne présentent pas une bonne corrélation avec les densités obtenues dans les applications photographiques. Pour les faibles densités, la méthode de la sphère d'intégration conduit à des densités supérieures d'environ 0,03 à celles obtenues avec un diffuseur du type «verre opale». La principale raison de cette différence est la deuxième réflexion par le verre opale du flux réfléchi par l'échantillon.

Cette situation se produit aussi quand un négatif est tiré par contact sur un papier photographique qui a un facteur de luminance élargi similaire à celui d'un verre opale. De même, lorsqu'une diapositive est examinée sur une table lumineuse, la lumière réfléchie par la diapositive est réfléchie une deuxième fois par la surface du dispositif d'éclairage.

Une autre raison importante d'adopter la méthode du «verre opale» est que presque tous les densitomètres utilisent un diffuseur sur la fenêtre de champ.

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

### Annexe B

(informative)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a1724030-8ee6-44d3-9009-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a1724030-8ee6-44d3-9009-9a50edee56f7/iso-5-2-1991)

[9a50edee56f7/iso-5-2-1991](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a1724030-8ee6-44d3-9009-9a50edee56f7/iso-5-2-1991)

### Flux incident et émergent de géométrie différente

Bien que la densité par projection soit fonction des géométries des flux incident et émergent, représentées dans la présente partie de l'ISO 5, par les demi-angles au sommet de deux distributions coniques, les valeurs mesurées varient beaucoup si le plus grand des deux demi-angles varie, et très peu si le plus petit varie. Pour cette raison, l'un ou l'au-

tre des demi-angles peut être légèrement réduit sans affecter la mesure des densités. Les fabricants d'appareils peuvent utiliser cette remarque pour éviter le problème d'alignement d'ouvertures avec des couvertures identiques. Si cette technique est utilisée, le plus grand des demi-angles doit satisfaire aux conditions de l'article 6.