

---

---

**Papier — Détermination des coefficients de diffusion et d'absorption de la lumière  
(utilisation de la théorie de Kubelka-Munk)**

*Paper — Determination of light scattering and absorption coefficients (using Kubelka-Munk theory)*

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

[ISO 9416:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbe21c1f-7727-414b-ba6d-1ef1511a5edd/iso-9416-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbe21c1f-7727-414b-ba6d-1ef1511a5edd/iso-9416-1998>



## 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 9416 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 6, *Papiers, cartons et pâtes*.

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

© ISO 1998

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'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse  
Internet central@iso.ch  
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

## Introduction

L'opacité d'un papier dépend de son grammage, mais dépend aussi intrinsèquement des coefficients d'absorption de la lumière et de diffusion de la lumière du matériau. Ces coefficients sont calculés à partir des valeurs du facteur de réflectance sur fond noir, du facteur de réflectance intrinsèque et du grammage de la feuille.

Le calcul de ces coefficients nécessite des données de facteur de réflectance lumineuse obtenues par mesurage dans des conditions spécifiques. Le facteur de réflectance dépend des conditions de mesurage, en particulier des caractéristiques spectrales et géométriques de l'appareil employé pour sa détermination. Il convient que la présente Norme internationale soit lue, par conséquent, conjointement avec l'ISO 2469 et l'ISO 2471.

**NOTE** — Cette méthode est basée sur la théorie développée par Kubelka et Munk. Cette théorie décrit les procédés de diffusion et d'absorption avec certaines approximations et simplifications, ce qui peut donner toutefois des résultats contestables dans des cas extrêmes. Cependant, la théorie de Kubelka-Munk offre une méthode simple de détermination de ces coefficients avec l'appareil utilisé pour la détermination des propriétés optiques du papier et des pâtes. D'ailleurs, la méthode basée sur cette théorie a été utilisée avec succès dans des applications pratiques.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbe21c1e-7727-412b-ba6d-1ef1511a5edd/iso-9416-1998>

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

ISO 9416:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbe21c1f-7727-414b-ba6d-1ef1511a5edd/iso-9416-1998>

# Papier — Détermination des coefficients de diffusion et d'absorption de la lumière (utilisation de la théorie de Kubelka-Munk)

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode de calcul des coefficients de diffusion et d'absorption de la lumière, basée sur des mesurages de réflectance diffuse.

L'utilisation de cette méthode est limitée aux papiers non couchés blancs ou presque blancs avec une opacité de moins de 95 % environ. Les papiers qui ont été traités avec un colorant fluorescent ou qui montrent une fluorescence nette peuvent être examinés seulement si un filtre de coupure de longueurs d'onde de 420 nm est utilisé pour éliminer tous les effets de la fluorescence.

## 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 Norme internationale. 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 Norme internationale 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 186:1994, *Papier et carton — Échantillonnage pour déterminer la qualité moyenne.*

ISO 187:1990, *Papier, carton et pâtes — Atmosphère normale de conditionnement et d'essai et méthode de surveillance de l'atmosphère et de conditionnement des échantillons.*

ISO 536:1995, *Papier et carton — Détermination du grammage.*

ISO 2469:1994, *Papier, carton et pâtes — Mesurage du facteur de réflectance diffuse.*

ISO 2471:1998, *Papier et carton — Détermination de l'opacité sur fond papier — Méthode de réflexion en lumière diffuse.*

ASTM E 308-96, *Computing the Colors of Objects by Using the CIE System.*

CIE Publication No. 38:1977, *Radiometric and photometric characteristics of materials and their measurement.*

## 3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

**3.1 facteur de réflectance,  $R$ :** Rapport, exprimé en pourcentage, du rayonnement réfléchi par un corps au rayonnement réfléchi dans les mêmes conditions par le diffuseur parfait par réflexion.

**3.2 facteur de réflectance lumineuse,  $R_y$ :** Facteur de réflectance défini par rapport à l'illuminant C de la CIE et à la fonction colorimétrique  $\bar{y}(\lambda)$  CIE 1931, et correspondant à l'attribut de la sensation visuelle de la surface réfléchissante.

**3.3 facteur de réflectance lumineuse d'une feuille unique,  $R_0$ :** Facteur de réflectance lumineuse d'une feuille unique de papier posée sur un fond noir.

**3.4 facteur de réflectance lumineuse intrinsèque,  $R_\infty$ :** Facteur de réflectance lumineuse d'une couche de matériau ou d'une liasse suffisamment épaisse pour être opaque, c'est-à-dire telle que l'augmentation de l'épaisseur de la liasse en doublant le nombre de feuilles la constituant n'engendre aucune modification du facteur de réflectance mesuré.

**3.5 opacité sur fond papier:** Rapport, exprimé en pourcentage, du facteur de réflectance lumineuse d'une feuille unique,  $R_0$ , au facteur de réflectance lumineuse intrinsèque,  $R_\infty$ , du même échantillon.

**3.6 coefficient de diffusion de la lumière (Kubelka-Munk),  $s$ :** Fraction du flux de lumière diffuse qui est réflétiée lors de son passage à travers une couche de matériel d'épaisseur infinitésimale. Cette fraction peut être reliée à la lumière réfléchiée par une couche d'épaisseur finie, quand on utilise la théorie de Kubelka-Munk qui prend en compte le grammage du matériau, de sorte que  $s$  est en unités  $m^2/kg$ .

**3.7 coefficient d'absorption de la lumière (Kubelka-Munk),  $k$ :** Fraction du flux de lumière diffuse qui est absorbée lors de son passage à travers une couche de matériel de minceur infinitésimale. Cette fraction peut être reliée à la lumière absorbée par une couche d'épaisseur finie, quand on utilise la théorie de Kubelka-Munk qui prend en compte le grammage du matériau, de sorte que  $k$  est en unités  $m^2/kg$ .

NOTE 1 Les définitions 3.6 et 3.7 sont strictement applicables à la lumière monochromatique, mais pour l'objet de la présente Norme internationale, elles s'appliquent au cas d'une large bande de rayonnement. Pour les travaux de recherche,  $s$  et  $k$  peuvent et devraient être déterminés à la longueur d'onde appropriée à l'étude concernée. Comme éléments de description d'un papier donné, ils sont ici définis en relation avec l'illuminant C et la fonction  $\bar{y}(\lambda)$ .

NOTE 2 Des définitions plus exactes des coefficients Kubelka-Munk peuvent être trouvées dans la «CIE Publication No. 38, Section 11».

## 4 Principe

Le facteur de réflectance lumineuse d'une feuille unique de papier posée sur un fond noir et le facteur de réflectance lumineuse intrinsèque du papier sont mesurés conformément à l'ISO 2471, et le grammage est déterminé conformément à l'ISO 536.

Le coefficient d'absorption de la lumière et le coefficient de diffusion de la lumière sont alors calculés à partir de ces données au moyen de la théorie de Kubelka-Munk.

NOTE — Ces mesures sont les mêmes que celles requises pour la détermination de l'opacité (ISO 2471).

## 5 Appareillage

**5.1 Réflectomètre,** ayant les caractéristiques géométriques, spectrales et photométriques décrites dans l'ISO 2469, annexe A, équipé pour le mesurage du facteur de réflectance lumineuse, et étalonné conformément aux dispositions de l'ISO 2469, annexe B.

**5.2 Filtre-fonction.** Pour un réflectomètre à filtre, filtre donnant, conjointement avec les caractéristiques optiques de l'appareil lui-même, une réponse générale équivalente à la composante trichromatique Y du système de référence colorimétrique CIE 1931, évaluée pour l'éprouvette avec l'illuminant normalisé C de la CIE.

Pour un spectrophotomètre avec un nombre discret de longueurs d'onde pour la mesure, fonction permettant d'effectuer les calculs de la composante trichromatique Y du système de référence colorimétrique CIE 1931, évaluée pour l'éprouvette avec l'illuminant C de la CIE en utilisant les fonctions de pondération figurant dans l'annexe A.

**5.3 Filtre anti-UV.** Pour éliminer tout effet de fluorescence, l'appareil doit être équipé d'un filtre absorbant les UV, à coupure nette, ayant un facteur de transmission ne dépassant pas 0,5 % à une longueur d'onde  $\leq 410$  nm, et ne dépassant pas 50 % à une longueur d'onde de 420 nm.

**5.4 Deux étalons de travail,** étalonnés dans l'appareil concerné au moyen de références ISO de niveau 3 fournies par un laboratoire agréé (voir ISO 2469). Étalonner les références de travail de façon suffisamment fréquente pour assurer le maintien d'un étalonnage satisfaisant.

Utiliser de nouveaux étalons de travail de façon suffisamment fréquente pour assurer le maintien du réflectomètre en concordance avec l'appareil de référence.

**5.5 Corps noir,** ayant un facteur de réflectance qui ne s'écarte pas de sa valeur nominale de plus de 0,2 % à toutes les longueurs d'onde. Il convient que le corps noir soit entreposé la tête en bas dans un environnement sans poussière ou avec un couvercle protecteur.

NOTE — La condition du corps noir doit être vérifiée en se référant à l'appareil en question.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

## 6 Échantillonnage

ISO 9416:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbe21c1f-7727-414b-ba6d->

Si les essais sont effectués pour évaluer un lot, il convient que l'échantillon soit prélevé conformément à l'ISO 186. Si les essais sont effectués sur un autre type d'échantillon, s'assurer que les éprouvettes prélevées sont représentatives de l'échantillon reçu.

## 7 Préparation des éprouvettes

Éviter les filigranes, les impuretés et défauts visibles du papier, et découper des éprouvettes rectangulaires d'environ 75 mm x 150 mm. Assembler au moins dix éprouvettes avec leur côté feutre dirigé vers le haut, en constituant une liasse; le nombre d'éprouvettes doit être tel que le fait de le doubler ne modifie pas le facteur de réflectance. Protéger la liasse par une éprouvette supplémentaire à la fois au-dessus et au-dessous de la liasse; éviter la contamination et l'exposition non nécessaire à la lumière ou à la chaleur.

Marquer l'éprouvette supérieure dans un coin pour identifier l'échantillon et le côté feutre.

NOTE — Si le côté feutre peut être distingué du côté toile, il doit être dirigé vers le haut; sinon, comme dans le cas de papiers fabriqués sur des machines à double toile, s'assurer que le même côté de la feuille est toujours dirigé vers le haut.

## 8 Mode opératoire

**8.1** Enlever les feuilles de protection de la liasse. Sans toucher la surface d'essai avec les doigts, mesurer le facteur de réflectance lumineuse intrinsèque,  $R_{\infty}$ , du côté feutre de la liasse d'éprouvettes en utilisant le mode d'emploi approprié à l'appareil et en se servant des références de travail. Relever et noter cette valeur à 0,05 % près du facteur de réflectance.

**8.2** Enlever de la liasse l'éprouvette supérieure et, en se servant du corps noir comme fond pour l'éprouvette, mesurer le facteur de réflectance lumineuse  $R_0$ , au même emplacement de l'éprouvette. Relever et noter cette valeur à 0,05 % près du facteur de réflectance lumineuse.

**8.3** Après le mesurage, enlever l'éprouvette du dessus et la placer sous la liasse. Répéter les mesurages de  $R_\infty$  et  $R_0$ ; après chaque paire de mesurage, enlever l'éprouvette du dessus et la placer sous la liasse, jusqu'à ce que cinq paires de mesurage soient faites.

**8.4** Retourner la liasse et répéter sur l'autre côté le mode opératoire de 8.1 à 8.3.

**8.5** Déterminer le grammage du matériau conformément à l'ISO 536 après conditionnement conformément à l'ISO 187.

NOTE — Pour une plus grande exactitude, il convient que le grammage de chaque éprouvette soit déterminé individuellement.

## 9 Expression des résultats

Calculer les moyennes de  $R_\infty$  et de  $R_0$  pour chaque côté de l'éprouvette et utiliser ces nombres pour calculer les coefficients Kubelka-Munk comme suit.

Convertir en fractions décimales les valeurs en pourcentage, et calculer le coefficient de diffusion de lumière  $s$  et le coefficient d'adsorption  $k$  comme suit.

$$s = \frac{1000}{w} \times \frac{R_\infty}{(1 - R_\infty^2)} \times \ln \frac{R_\infty (1 - R_0 R_\infty)}{R_\infty - R_0}$$

iTeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 9416:1998  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbe21c1f-7727-414b-ba6d-1ef1511a5edd/iso-9416-1998>

$$k = \frac{s(1 - R_\infty)^2}{2R_\infty}$$

où  $w$  est le grammage en g/m<sup>2</sup>.

NOTE — Pour une plus grande exactitude, si le grammage de chaque éprouvette individuelle est connu, calculer  $s$  et  $k$  pour chaque paire de mesurage, et ensuite calculer la moyenne des valeurs.

Calculer ces valeurs, à 0,1 m<sup>2</sup>/kg près, pour chaque série de mesurages. Indiquer les coefficients de diffusion de la lumière, arrondis au nombre entier le plus proche. Si les coefficients de diffusion de la lumière pour les deux cotés ne diffèrent pas de plus de 1,0 m<sup>2</sup>/kg, indiquer la moyenne générale. Si les deux cotés diffèrent de plus de 1,0 m<sup>2</sup>/kg, répéter la valeur moyenne pour chaque coté séparément. Indiquer les coefficients d'absorption de la lumière à 0,1 m<sup>2</sup>/kg près.

## 10 Précision

Dans une étude interlaboratoire impliquant douze laboratoires, l'écart-type dans ces laboratoires était approximativement de 0,7 m<sup>2</sup>/kg pour le coefficient de diffusion de la lumière et approximativement de 0,05 m<sup>2</sup>/kg pour le coefficient d'absorption de la lumière.

L'écart-type entre les différents laboratoires était approximativement de 2,0 m<sup>2</sup>/kg pour le coefficient de diffusion de la lumière et approximativement de 0,2 m<sup>2</sup>/kg pour le coefficient d'absorption de la lumière.



## 11 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les indications suivantes:

- a) la date et le lieu de l'essai;
- b) l'identification précise de l'échantillon;
- c) la référence de la présente Norme internationale;
- d) le coefficient de diffusion de la lumière et le coefficient d'absorption de la lumière;
- e) l'atmosphère de conditionnement;
- f) le type d'appareil utilisé;
- g) tout détail opératoire non prévu dans la présente Norme internationale, ou toutes circonstances ou influences susceptibles d'avoir agi sur les résultats.

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

[ISO 9416:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbe21c1f-7727-414b-ba6d-1ef1511a5edd/iso-9416-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbe21c1f-7727-414b-ba6d-1ef1511a5edd/iso-9416-1998>