
NORME INTERNATIONALE

**5**

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Photographie — Détermination de la densité optique en lumière diffuse

Photography — Determination of diffuse transmission density

Première édition — 1974-10-15

CDU 771.534.531.5

Réf. N° : ISO 5-1974 (F)

Descripteurs : photographie, photographie monochrome, pellicule photographique, plaque photographique, étalonnage, photométrie, densité de flux, densité de flux rayonnant, transmission.

Prix basé sur 19 pages

AVANT-PROPOS

L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (Comités Membres ISO). L'élaboration de Normes Internationales est confiée aux Comités Techniques ISO. Chaque Comité Membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du Comité Technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les Projets de Normes Internationales adoptés par les Comités Techniques sont soumis aux Comités Membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes Internationales par le Conseil de l'ISO.

Avant 1972, les résultats des travaux des Comités Techniques étaient publiés comme Recommandations ISO; maintenant, ces documents sont en cours de transformation en Normes Internationales. Compte tenu de cette procédure, le Comité Technique ISO/TC 42 a examiné la Recommandation ISO/R 5 et est d'avis qu'elle peut, du point de vue technique, être transformée en Norme Internationale. Celle-ci remplace donc la Recommandation ISO/R 5-1954 et l'Additif.

La Recommandation ISO/R 5 avait été approuvée par les Comités Membres des pays suivants :

Afrique du Sud, Rép. d'	France	Suède
Australie	Italie	Suisse
Autriche	Mexique	Tchécoslovaquie
Belgique	Pays-Bas	U.S.A.
Chili	Pologne	Yougoslavie
Danemark	Portugal	
Finlande	Royaume-Uni	

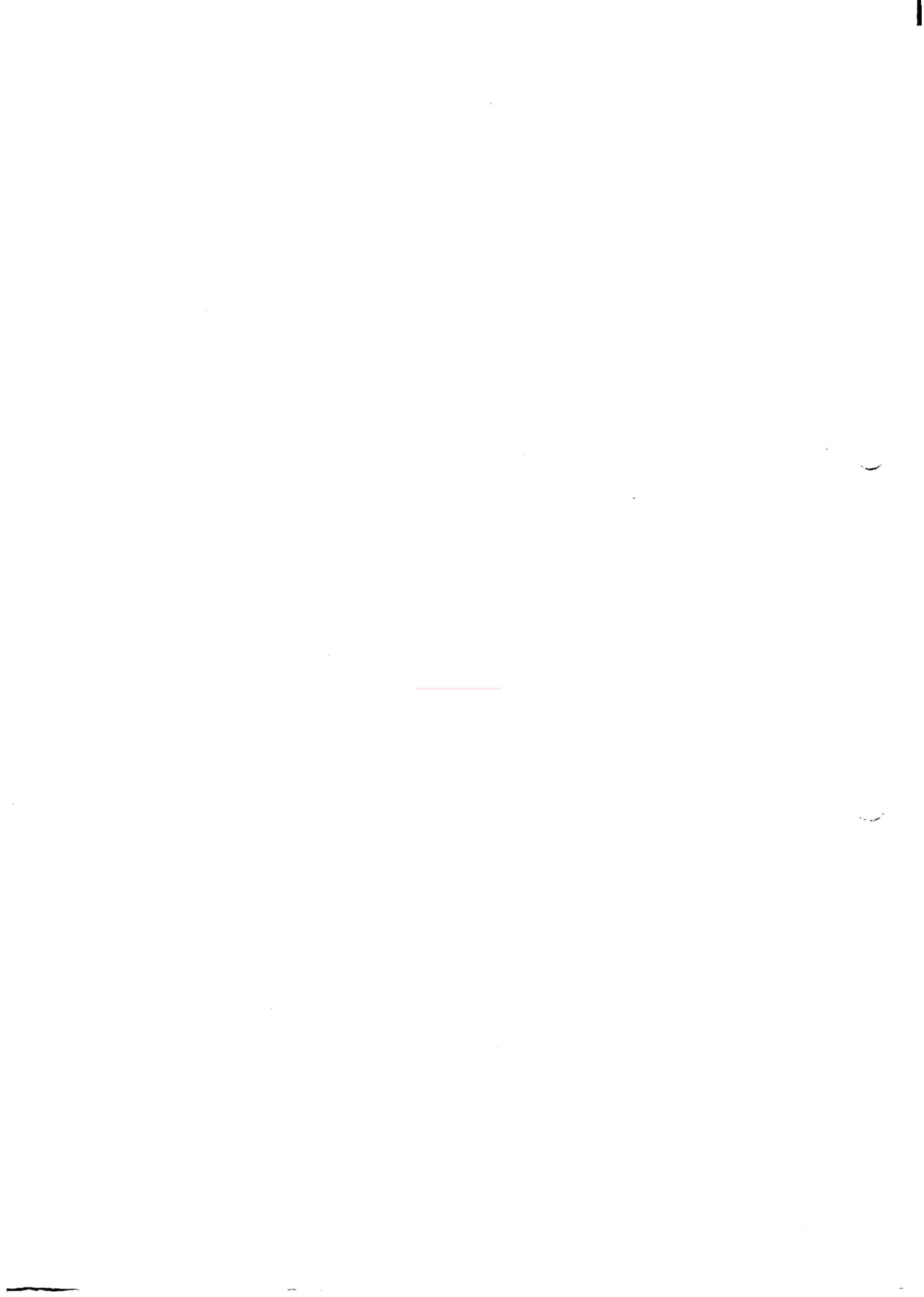
Aucun Comité Membre n'avait désapprouvé la Recommandation.

Le Comité Membre du pays suivant a désapprouvé la transformation de la Recommandation ISO/R 5 en Norme Internationale :

Royaume-Uni

SOMMAIRE

	Page
0 Introduction	1
1 Objet et domaine d'application	3
2 Définition générale de la densité	3
3 Densité totale en lumière diffuse	3
4 Densité ISO en lumière diffuse	3
5 Densité visuelle ISO en lumière diffuse	3
6 Densité de copie ISO en lumière diffuse	4
7 Méthode de la sphère d'intégration	5
8 Méthode du verre opale	8
9 Mesurage photographique par contact	10
 Annexe	
A.1 Types géométriques de la densité	15
A.2 Types spectroscopiques de la densité	15
A.3 Classification complète des densités	17



Photographie – Détermination de la densité optique en lumière diffuse

0 INTRODUCTION

0.1 Discussion de la densité et explication des termes

La densité optique est définie, en termes généraux, comme étant le logarithme décimal du rapport du flux énergétique reçu par l'échantillon au flux énergétique transmis par l'échantillon.

Quand un flux de rayonnement atteint une plaque ou une pellicule exposée et traitée, une fraction du flux est réfléchi, une fraction est absorbée et une fraction est transmise, le flux transmis étant habituellement diffusé. Dans la pratique, le récepteur peut recueillir la totalité ou seulement une fraction du flux transmis, suivant la nature du récepteur et sa position relativement à l'échantillon. De même, quand l'échantillon est enlevé, le récepteur peut recueillir tout ou partie du flux incident. De plus, le flux incident peut être diffus, semi-diffus, ou peut être un faisceau parallèle parvenant à l'échantillon sous un angle d'incidence déterminé.

En considérant quelques-unes de ces variations possibles dans la disposition géométrique du seul système optique, il est évident que, suivant les conditions de mesurage, on peut obtenir, pour un échantillon donné, une multiplicité de valeurs numériques de la densité. Dans des conditions géométriques déterminées, la valeur efficace de la densité d'un échantillon spectralement sélectif dépend encore à la fois de la composition spectrale de la lumière et de la sensibilité spectrale de la lumière et de sa sensibilité spectrale du récepteur. Pour éviter des confusions, il est donc souhaitable de normaliser certains modes spécifiques de mesurage.

Le problème de l'établissement d'une densité normalisée peut être divisé en deux parties :

- a) Spécification des caractéristiques géométriques du système optique employé à la mesure.
- b) Spécifications de la sensibilité spectrale du récepteur et de la répartition spectrale de l'énergie dans le flux énergétique reçu par l'échantillon.

Des variations dans les dispositions géométriques du système optique donnent naissance à divers types géométriques de la densité qui conduisent généralement à

des valeurs numériques différentes de la densité. Parmi ceux-ci on distingue trois types distincts et fondamentaux :

- a) Densité en lumière diffuse.
- b) Densité en lumière dirigée.
- c) Densité en lumière doublement diffusée.

0.1.1 La densité en lumière diffuse est obtenue quand le flux énergétique parvient à l'échantillon sous l'incidence normale et quand la totalité du flux transmis est recueillie et également évaluée. L'expression «recueillie et également évaluée» signifie que tout le rayonnement transmis par l'échantillon a le même effet sur le récepteur, indépendamment de l'angle d'émergence. Des études expérimentales ont montré que l'on obtient des résultats identiques quand le flux énergétique incident est parfaitement diffusé, si l'on recueille et évalue seulement dans le flux émergent un faisceau parallèle normal à l'échantillon.

0.1.2 La densité en lumière dirigée est mesurée en dirigeant normalement à l'échantillon un flux énergétique parallèle et en recueillant et évaluant seulement la composante du flux transmis qui émerge en direction normale.

0.1.3 La densité en lumière doublement diffusée est obtenue quand le flux énergétique incident est complètement diffusé et quand la totalité du flux émergent est recueillie et également évaluée.

Ces trois types de densité sont plus complètement discutés dans l'annexe.

La présente Norme Internationale ne concerne que la densité en lumière diffuse. Ce type de densité est en relation étroite avec de nombreux emplois pratiques des couches photographiques (voir l'annexe). Les caractéristiques des couches photographiques sensibles sont fréquemment exprimées en fonction de la densité en lumière diffuse et cette expression est surtout employée dans les publications photographiques, mais elle est rarement définie de façon précise. La présente Norme Internationale donne une définition de ce type de densité (voir chapitre 3) et introduit l'expression «densité en lumière totalement diffusée» pour indiquer que toute la lumière est recueillie.

Dans la densité en lumière totalement diffusée, le flux énergétique incident est **normal** au plan de l'échantillon et la totalité du flux transmis est recueillie et également évaluée, ou le flux incident est parfaitement diffusé et l'on ne recueille et évalue que la fraction du flux transmis qui émerge dans une direction normale au plan de l'échantillon. De plus, cette expression implique que les effets de réflexion entre l'échantillon et tous éléments de l'appareil (verres protecteurs, surface éclairante, surface du récepteur, etc.) sont négligeables et que tout rayonnement parasite (éclairage du local, etc.) est exclu.

Quand on mesure la densité des plaques ou des pellicules photographiques, les exigences sur la diffusion sont mieux satisfaites quand la face image de l'échantillon est orientée vers le récepteur qui doit recueillir le flux transmis. Quand le rayonnement incident est diffusé, la face image de l'échantillon doit être orientée vers le diffuseur.

Les conditions exigées pour le mesurage de la densité en lumière totalement diffusée ne peuvent pas être parfaitement satisfaites, mais on peut s'en approcher de très près dans les instruments et appareils conçus à cet effet.

Puisque les conditions théoriques idéales pour le mesurage de la densité en lumière totalement diffusée ne peuvent jamais être parfaitement satisfaites dans la pratique, on a choisi l'expression «Densité ISO en lumière diffuse» pour désigner les densités déterminées dans les conditions géométriques pratiques réalisées par les appareils et les modes opératoires spécifiés dans la présente Norme Internationale. Les appareils et modes opératoires spécifiés sont cependant particulièrement appropriés, car ils donnent à la densité des valeurs si proches de celle de la densité en lumière totalement diffusée qu'aucune erreur significative n'est commise quand l'appareil est construit et employé conformément aux prescriptions de la présente Norme Internationale.

Pour un échantillon dont l'absorption spectrale n'est pas sélective, la spécification des conditions géométriques est suffisante, puisque cette spécification conduit à une valeur unique de la densité. Mais, pour des échantillons dont l'absorption est sélective, on doit considérer en outre les conditions spectrales.

Des variations dans les conditions spectrales donnent naissance à divers types spectraux de densité pour chaque type géométrique donné. Bien qu'il existe pratiquement d'autres emplois importants des images photographiques argentiques, les plaques et pellicules photographiques sont habituellement ou vues par l'œil humain ou copiées sur des couches sensibles positives. La présente Norme Internationale ne détaille donc que les spécifications relatives à deux types spectraux de densité en lumière diffuse, à savoir :

Densité visuelle en lumière diffuse, type V1-b

Densité de copie en lumière diffuse, type P2-b

La signification de ces expressions sera précisée par les figures de l'annexe.

Le mot «visuelle» indique que le récepteur du flux transmis est l'œil humain ou quelque autre récepteur de même sensibilité spectrale. Dans la première classe, la mention «type V1-b» indique que les conditions spectrales ont même été plus complètement précisées. «type V1» correspond à la sensibilité spectrale de l'œil humain normal, définie par une courbe normalisée par la Commission Internationale de l'Éclairage; la lettre «b» précise la répartition spectrale de l'énergie dans le flux incident et indique que sa qualité spectrale doit être celle de la lumière émise par une lampe à filament de tungstène alimentée à la température de couleur de 3 000 K.

De même, dans la seconde classe, le mot «copie» indique que le récepteur du flux transmis est une couche sensible photographique positive, ou quelque autre récepteur de même sensibilité spectrale. «Type 2», associé à la densité de copie, correspond à une couche de sensibilité spectrale représentative des papiers photographiques positifs usuels; cette sensibilité spectrale est spécifiée dans la présente Norme Internationale. La lettre «b», dans «type P2-b» indique, cette fois encore, que la répartition spectrale de l'énergie du rayonnement incident doit être celle de la lumière émise par une lampe à filament de tungstène alimentée à la température de couleur de 3 000 K.

«Densité photoélectrique en lumière diffuse» et «Densité spectrale en lumière diffuse»¹⁾ (cette dernière étant la densité en lumière diffuse pour une longueur d'onde déterminée) désignent d'autres classes spectrales de densité en lumière diffuse qui ne sont pas considérées en détail dans la présente Norme Internationale. Ces classes spectrales de densité sont cependant importantes dans certaines applications pratiques. Leurs relations avec la présente Norme Internationale sont indiquées dans l'annexe et illustrées par la figure 12.

0.2 Étalonnage des densitomètres pratiques

La présente Norme Internationale permet d'étalonner une série de densités photographiques par l'un des modes de mesurage approuvés et d'employer ensuite ces échantillons à l'étalonnage d'autres densitomètres.

En général, les densitomètres conformes aux conditions géométriques et spectrales spécifiées dans la présente Norme Internationale sont les seuls qui permettent la détermination précise de la densité visuelle ISO en lumière diffuse et de la densité de copie ISO en lumière diffuse sur tous les types de couches photographiques. Cependant de nombreux densitomètres simples donnent sur divers types de couches photographiques des lectures assez précises pour la plupart des besoins pratiques. Le domaine d'emploi de ces instruments peut être contrôlé en y mesurant des échantillons différant par leur pouvoir diffusant et par leur sélectivité spectrale, puis en comparant les résultats à ceux obtenus par la technique appropriée de la présente Norme Internationale.

1) Voir rapport du Committee on Colorimetry, *Journal of the Optical Society of America*, 34, 4, 188, Section 8, "Transmittance, Opacity and Density".

Quand un densitomètre non conforme doit être employé à de nombreux mesurages de contrôle sur un type déterminé de plaque ou de pellicule photographique, il peut être étalonné au moyen d'échantillons mesurés dans des conditions normalisées ou par comparaison à un écran sensitométrique obtenu sur une émulsion identique. Tout densitomètre peut ainsi être employé à lire directement la densité visuelle ISO en lumière diffuse ou la densité de copie ISO en lumière diffuse sur un type déterminé de couche sensible avec une précision qui n'est limitée que par la stabilité et la reproductibilité de l'instrument lui-même. En général, un nouvel étalonnage sera nécessaire pour permettre, au moyen d'un tel instrument, des mesurages précis sur un autre type de couche sensible.

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme Internationale définit la densité optique en lumière diffuse et spécifie des techniques pour son mesurage.

Elle s'applique surtout aux plaques et pellicules pour la photographie en noir et blanc, après traitements, bien qu'elle puisse s'appliquer aussi à d'autres milieux absorbants, tels que filtres ou écrans photométriques obtenus par moulage d'une dispersion de carbone colloïdal dans de la gélatine, filtres en gélatine colorée ou en verre coloré et autres écrans absorbants employés dans les opérations photographiques, sur lesquels les mesurages de densité doivent être faits en lumière diffuse.

2 DÉFINITION GÉNÉRALE DE LA DENSITÉ

La densité est définie, de façon générale, comme le logarithme décimal du rapport du flux énergétique incident P_0 au flux énergétique P_t transmis par l'échantillon.

$$D = \log\left(\frac{P_0}{P_t}\right) \quad \dots (1)$$

3 DENSITÉ TOTALE EN LUMIÈRE DIFFUSE

3.1 Définition

La densité totale en lumière diffuse est définie par l'expression indiquée au chapitre 2 quand sont satisfaites les conditions suivantes :

3.1.1 Conditions géométriques

3.1.1.1 Le flux énergétique incident doit être normal (faisant un angle de 90°) au plan de l'échantillon, et la totalité du flux transmis doit être recueillie et également évaluée, ou encore le flux énergétique incident doit être parfaitement diffusé, la fraction du flux transmise normalement à l'échantillon étant seule recueillie et évaluée.

3.1.1.2 Les effets des réflexions entre l'échantillon et tous les éléments de l'appareil (verres protecteurs, surface éclairante, surface du récepteur, etc.) doivent être négligeables.

3.1.1.3 Tout rayonnement parasite doit être négligeable.

3.1.2 Conditions spectrales

Toutes les conditions spectrales peuvent être associées à la densité en lumière totalement diffusée. Les conditions géométriques peuvent habituellement être satisfaites indépendamment des conditions spectrales. Quand l'absorption de l'échantillon n'est pas spectralement sélective, il suffit de spécifier les conditions géométriques pour assurer une évaluation unique de la densité.

4 DENSITÉ ISO EN LUMIÈRE DIFFUSE

4.1 Définition

L'expression « Densité ISO en lumière diffuse » désigne les densités mesurées dans les conditions géométriques pratiques assurées par l'un quelconque des trois modes opératoires normalisés énumérés ci-après. Ces conditions sont aussi proches des conditions idéales pour le mesurage de la densité totale en lumière diffuse indiquées en 3.1.1 que le permettent l'appareillage et les modes opératoires.

4.1.1 La technique employant une sphère d'intégration est décrite en tous ses détails au chapitre 7.

4.1.2 La technique employant un verre opale est décrite en tous ses détails au chapitre 8.

4.1.3 La technique de copie par contact est décrite en tous ses détails au chapitre 9.

4.2 Conditions spectrales

Toutes les conditions spectrales peuvent être associées à la définition de la densité ISO en lumière diffuse.

5 DENSITÉ VISUELLE ISO EN LUMIÈRE DIFFUSE

5.1 Définition

La densité visuelle ISO en lumière diffuse, type V1-b, est un type spectral particulier de la densité ISO en lumière diffuse; la définition donnée en 4.1 lui est applicable sous réserve que soient satisfaites les conditions spectrales suivantes :

5.1.1 Pour chaque longueur d'onde, le produit de la sensibilité spectrale relative du récepteur employé au mesurage du flux transmis par l'énergie relative du flux incident sur l'échantillon doit être proportionnel au produit de la sensibilité relative par l'énergie relative, indiqué par la valeur de son logarithme dans la colonne 4 du tableau 1.

5.1.2 Les tolérances sur les caractéristiques spectrales du système doivent être telles que les valeurs numériques obtenues pour la densité ne diffèrent que de façon négligeable de celles qui seraient obtenues si les exigences spectrales étaient parfaitement satisfaites.¹⁾

5.1.3 Les valeurs de la sensibilité relative, indiquées par leur logarithme dans la colonne 2 du tableau 1, sont celles adoptées par la Commission Internationale de l'Éclairage, pour l'œil humain normal moyen adapté aux conditions de la vision photopique.

5.1.4 Les valeurs de l'énergie relative, indiquées par leur logarithme dans la colonne 3 du tableau 1, correspondent à une lampe à filament de tungstène alimentée à la température de couleur de 3 000 K.

5.1.5 Ces exigences permettent l'emploi de filtres compensateurs associés à divers récepteurs sous la condition que les caractéristiques spectrales de cette association soient conformes à celles spécifiées par la colonne 4 du tableau 1.

TABLEAU 1 – Conditions spectrales de la densité visuelle ISO en lumière diffuse, type V1-b

1	2	3	4
Longueur d'onde nm	log de la sensibilité relative du récepteur*	log de l'énergie relative de la source	log du produit de la sensibilité par l'énergie relative
400	0,00	0,00	0,00
420	1,00	0,14	1,14
440	1,76	0,27	2,03
460	2,18	0,38	2,56
480	2,54	0,47	3,01
500	2,91	0,56	3,47
520	3,25	0,63	3,88
540	3,38	0,70	4,08
560	3,40	0,76	4,16
580	3,34	0,81	4,15
600	3,20	0,86	4,06
620	2,98	0,90	3,88
640	2,64	0,94	3,58
660	2,18	0,97	3,15
680	1,63	1,00	2,63
700	1,01	1,02	2,03

* La sensibilité spectrale relative du récepteur est définie, de façon générale, comme étant l'inverse de l'énergie relative nécessaire pour produire une réponse déterminée.

1) Quand l'absorption spectrale des échantillons n'est pas sélective, le produit de l'énergie de la source par la sensibilité du récepteur employé n'est pas critique et peut s'écarter largement des valeurs indiquées à la colonne 4 du tableau 1 sans modifier les résultats de façon appréciable. Les plaques et pellicules photographiques développées dans les révélateurs usuels non tinctoriaux étant généralement non sélectives, avec une approximation très satisfaisante, les conditions spectrales n'ont plus besoin d'être en accord étroit avec celles indiquées au tableau 1. Mais le mesurage de la densité efficace d'un filtre jaune à transmission nettement délimitée, par exemple, exige un accord satisfaisant avec les conditions spectrales idéales indiquées au tableau 1.

6 DENSITÉ DE COPIE ISO EN LUMIÈRE DIFFUSE

6.1 Définition

La densité de copie ISO en lumière diffuse, type P2-b, est un type spectral particulier de la densité ISO en lumière diffuse; elle est définie en 4.1 quand sont satisfaites les conditions spectrales spécifiées en 6.1.1.

6.1.1 Pour chaque longueur d'onde, le produit de la sensibilité spectrale relative du récepteur employé au mesurage du flux transmis par l'échantillon, par la répartition spectrale relative de l'énergie dans le flux incident, doit être proportionnel au produit de la sensibilité et de l'énergie indiqué par son logarithme dans la colonne 4 du tableau 2.

6.1.2 Les tolérances sur les caractéristiques spectrales du système doivent être telles que les valeurs numériques obtenues pour la densité ne doivent différer que de façon négligeable de celles qui seraient obtenues si les exigences spectrales précisées dans la colonne 4 du tableau 2 étaient parfaitement satisfaites.

6.1.3 Les valeurs de la sensibilité relative, indiquées par leur logarithme dans la colonne 2 du tableau 2, sont les produits de la moyenne des sensibilités spectrales relatives des couches photographiques de copie d'emploi courant, par la transmission d'un filtre absorbant l'ultraviolet défilé à partir de 360 nm. Le filtre a été prévu pour réduire au minimum les erreurs qui pourraient résulter de l'incertitude sur la transmission de l'optique de verre pour les courtes longueurs d'onde et de la bande de transmission des images argentiques à 320 nm.

6.1.4 Les valeurs de l'énergie spectrale de la source, indiquées par leur logarithme dans la colonne 3 du tableau 2, correspondent à une lampe à filament de tungstène alimentée à la température de couleur de 3 000 K.

6.1.5 On peut employer des filtres compensateurs associés à diverses sources et à divers récepteurs sous la condition que les caractéristiques spectrales de cette association soient conformes à celles spécifiées par la colonne 4 du tableau 2.

6.1.6 La méthode de la sphère d'intégration (voir chapitre 7) et la méthode du verre opale (voir chapitre 8) mesurent en réalité une densité en lumière diffuse ISO simulée. La méthode de la mesure photographique par contact (voir chapitre 9) est une méthode directe pour mesurer la densité de copie ISO en lumière diffuse (non simulée).

Lorsque les spécifications de la présente Norme Internationale relatives aux mesurages pour la sphère d'intégration et le verre opale sont observées, les valeurs résultantes de la densité de copie (simulées) seront égales à celles qui peuvent être obtenues directement en utilisant la méthode de mesure photographique par contact.

Cependant, pour plus de simplicité, le terme « simulé » n'a pas été utilisé partout dans la présente Norme Internationale lorsqu'on se réfère aux mesures de densité de copie effectuées en utilisant les méthodes de la sphère d'intégration et du verre opale.

TABLEAU 2 — Conditions de la densité de copie ISO en lumière diffuse, type P2-b

1	2	3	4
Longueur d'onde nm	log de la sensibilité relative du récepteur*	log de l'énergie relative de la source	log du produit de la sensibilité par l'énergie relative
340	2,00	0,00	2,00
350	3,94	0,11	4,05
360	4,77	0,22	4,99
370	4,94	0,31	5,25
380	5,00	0,40	5,40
390	5,00	0,48	5,48
400	4,98	0,56	5,54
410	4,94	0,64	5,58
420	4,90	0,71	5,61
430	4,84	0,77	5,61
440	4,76	0,83	5,59
450	4,66	0,88	5,54
460	4,52	0,94	5,46
470	4,35	0,99	5,34
480	4,13	1,03	5,16
490	3,85	1,08	4,93
500	3,44	1,12	4,56
510	2,81	1,15	3,96
520	2,18	1,19	3,37
530	1,55	1,22	2,77
540	0,00	1,26	1,26

* Dans le cadre de la présente Norme Internationale, la sensibilité spectrale relative du récepteur est définie, de façon générale, comme étant l'inverse de l'énergie nécessaire pour produire une réponse déterminée. Dans le cas des récepteurs photographiques prévus dans la présente Norme Internationale, la sensibilité spectrale doit être mesurée par l'inverse de l'énergie nécessaire pour produire une densité par réflexion égale à celle employée dans la photométrie photographique de 9.3.6 (contrôle du point d'égalisation). Cette densité par réflexion correspond approximativement au point de la courbe de noircissement (D , $\log E$) du papier sensible considéré où la pente est maximum (voir figure 7). Ce mode de mesurage de la sensibilité est à employer exclusivement dans la présente Norme Internationale et n'est pas applicable à d'autres problèmes.

7 MÉTHODE DE LA SPHÈRE D'INTÉGRATION

7.1 Généralités

Ce mode opératoire est approuvé, car il permet une excellente reproductibilité dans les mesures visuelle ou objective de la densité et donne directement les valeurs de la densité ISO en lumière diffuse. La technique employant la sphère d'intégration a été décrite.¹⁾

La sphère d'intégration, construite et employée conformément aux spécifications ci-après, assure les conditions géométriques désirées. Le flux énergétique est modulé soit suivant la loi de l'inverse du carré des distances (figure 1), soit en employant un photomètre à polarisation de Martens (figure 2); cette technique est approuvée pour le mesurage de la densité ISO en lumière diffuse, sous réserve de se conformer aux spécifications suivantes.

7.2 Appareillage

7.2.1 Le diamètre intérieur de la sphère doit être au moins égal à 90 mm (3.5 in).

7.2.2 La somme des aires des ouvertures dans la sphère doit être inférieure à 2 % de l'aire totale de la paroi interne de la sphère.

7.2.3 L'ouverture contre laquelle sera appliqué l'échantillon doit être limitée par des bords tranchants, de façon à ne pas gêner l'accès de la lumière à l'échantillon sous incidence rasante.

7.2.4 L'écran employé à l'intérieur de la sphère doit être elliptique et de dimensions juste suffisantes pour protéger l'échantillon contre la lumière diffusée par la tache éclairée dans la sphère.

7.2.5 La paroi intérieure de la sphère doit être couverte de deux couches d'une peinture convenable pour sphères d'intégration²⁾, appliquées sur une sous-couche uniforme blanche de peinture à l'huile.

7.2.6 Le coefficient de diffusion³⁾ de la sphère doit être compris entre 0,98 et 1,02.

7.2.7 L'angle des rayons extrêmes recueillis par le récepteur et de la normale à l'échantillon ne doit pas excéder 10°.

7.2.8 Des lanternes, diaphragmes et écrans doivent être employés de façon à réduire l'intensité de la lumière parasite à une valeur telle que son effet soit négligeable.

1) "Standardization of Photographic Densitometry", par Clifton Tuttle et A. M. Koerner, *Journal of the Society of Motion Picture Engineers* XXIX, No. 6, Décembre, 1937.

2) Une peinture convenant aux sphères d'intégration donne une surface hautement réfléchissante et diffusante et dépourvue de sélectivité spectrale. Une peinture composée d'un pigment au dioxyde de titane concentré dans un milieu de suspension clair satisfait à ces conditions.

3) Le coefficient de diffusion est le rapport A/B , où A est l'aire située sous la courbe représentant l'intensité lumineuse relative de l'ouverture de sortie de la sphère en fonction de l'angle d'observation, celui-ci variant de 0° à 180°, et B est l'aire correspondante pour la courbe relative à un diffuseur parfait. L'intensité lumineuse relative pour un angle d'observation donné s'exprime comme une fraction de la valeur mesurée suivant la normale (90°).

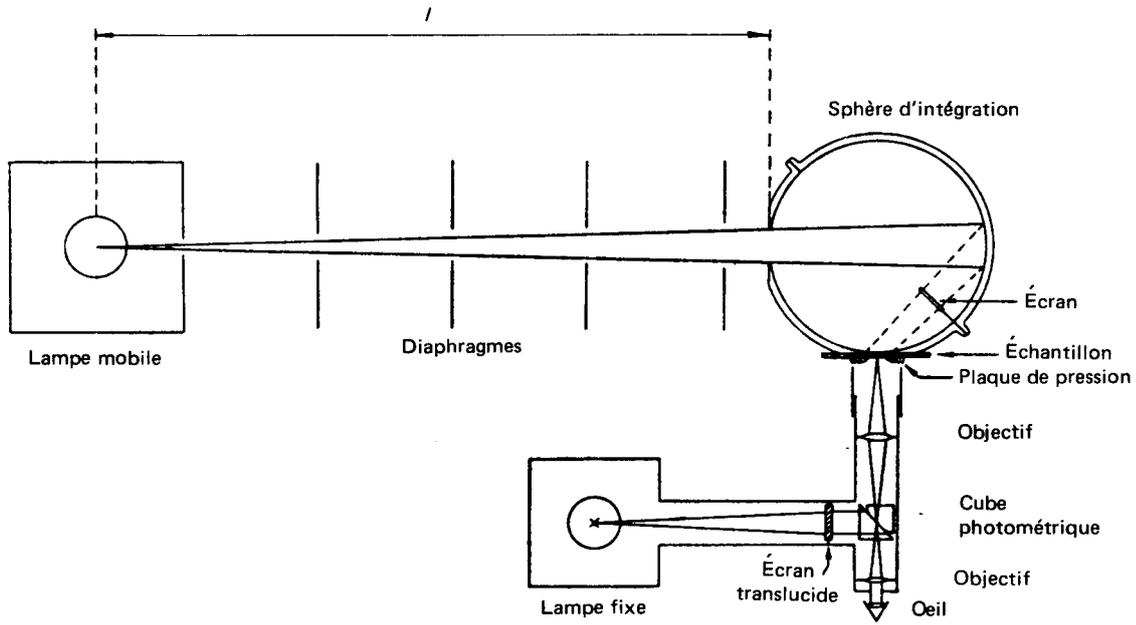


FIGURE 1 – Appareil pour l'emploi de la sphère d'intégration en appliquant la loi de l'inverse du carré des distances

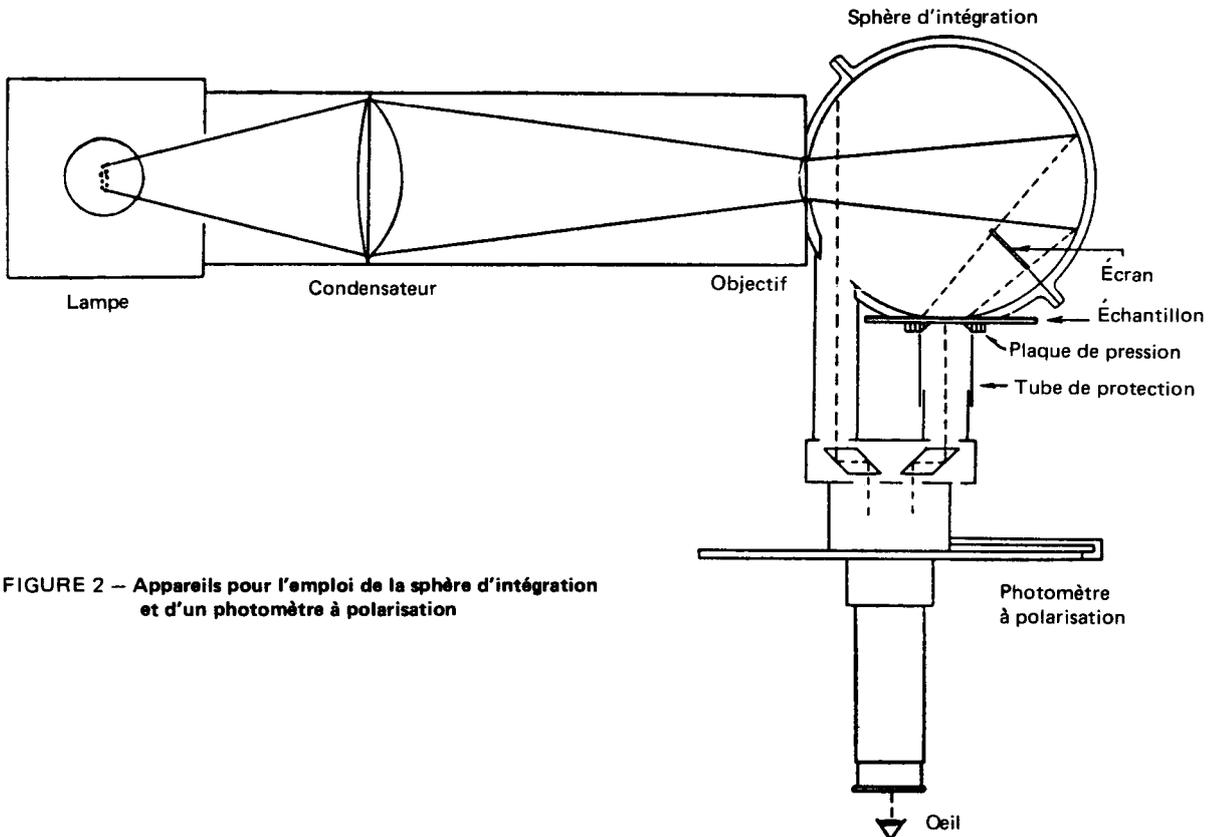


FIGURE 2 – Appareils pour l'emploi de la sphère d'intégration et d'un photomètre à polarisation

7.2.9 La source de rayonnement doit être assez intense pour que le flux qui atteint le récepteur convienne à une mesure efficace. Pour les mesures visuelles, la luminance du champ photométrique ne doit pas être inférieure à $3,4 \text{ cd/m}^2$ (3,4 nits); la répartition spectrale de l'énergie du rayonnement de la source doit convenir au type spectral de densité désiré. Voir 4.1, 5.1.1 et 6.1.1.

7.2.10 La sensibilité spectrale du récepteur employé à la mesure du flux transmis doit convenir au type spectral de densité désiré. Voir 4.1, 5.1.1 et 6.1.1.

7.2.11 L'appareillage auxiliaire à employer quand on module la lumière par la loi de l'inverse du carré des distances comprend une voie rectiligne ou un banc photométrique sur lesquels la source de rayonnement puisse être déplacée en ligne droite sur l'axe optique de la sphère (figure 1). La longueur du déplacement ne doit pas être inférieure à 2 m et doit être assez grande pour permettre le mesurage de la distance de la source à la sphère à $\pm 0,2\%$ près. En aucun cas, la source ne doit être employée à une distance de la sphère inférieure au décuple de la plus grande dimension linéaire de la source ou de l'ouverture par laquelle la lumière pénètre dans la sphère. Le rapport des intensités de la source de comparaison et de la source principale doit être constant à moins de $\pm 0,4\%$ près. Quand l'œil est employé comme récepteur, la qualité spectrale du rayonnement de la source de comparaison doit être telle que, quand on lui associe le diffuseur translucide indiqué par la figure 1, la qualité spectrale du rayonnement ainsi diffusé soit approximativement la même que celle du rayonnement diffusé par la sphère en l'absence d'échantillon à mesurer. Il est loisible d'associer au diffuseur translucide un filtre assurant l'égalité nécessaire des qualités spectrales des deux lumières.

7.2.12 Pour les mesurages visuels basés sur la loi de l'inverse du carré des distances, on recommande l'emploi d'un cube photométrique du type Lummer-Brodhun¹⁾.

7.2.13 Quand on associe un photomètre à polarisation du type Martens à la sphère d'intégration, adopter la disposition générale représentée par la figure 2. Le système optique entre la source et la sphère n'est pas indispensable, mais il est recommandé, car il accroît la luminance du champ photométrique sans avoir à accroître l'aire couverte par le faisceau à son entrée dans la sphère. On peut employer une lampe quelconque à filament de tungstène en ampoule claire, alimentée en conditions telles que la température de couleur de sa lumière soit $3\,000 \text{ K}$.²⁾

7.3 Mode opératoire pour l'application de la loi de l'inverse du carré des distances

7.3.1 Des précautions doivent être prises pour éviter que de la lumière parasite puisse entrer dans la sphère ou atteindre l'échantillon et le cube photométrique.

7.3.2 En l'absence d'échantillon, la source mobile (figure 1) sera placée à une distance l_0 de la source telle que les deux moitiés du champ photométrique soient équilibrées. La luminance du champ de comparaison doit être réglée de telle sorte que l_0 ne soit pas inférieure à 2 m.

7.3.3 L'échantillon doit être appliqué contre l'ouverture de sortie de la sphère et, dans le cas de plaques ou de pellicules photographiques, la face image doit être au contact de la sphère. La source mobile est alors approchée de la sphère jusqu'à la distance l_s pour laquelle l'équilibre des champs photométriques est rétabli.

7.3.4 La densité de l'échantillon est alors calculée d'après la formule (1) du chapitre 2.

$$D = \log \left(\frac{P_0}{P_t} \right)$$

où

$$\frac{P_0}{P_t} = \frac{l_0^2}{l_s^2} \quad \dots (2)$$

7.3.5 La valeur l_0 employée dans la formule ci-dessus doit être la moyenne d'au moins cinq lectures distinctes de l_0 , comportant chacune le rétablissement de l'équilibre photométrique. De même, la valeur employée de l_s doit être la moyenne d'au moins cinq lectures distinctes.

7.3.6 Pour le mesurage des densités supérieures à 2,0, on peut employer une densité auxiliaire pour n'avoir pas recours à un banc photométrique de longueur gênante. Cette densité auxiliaire est présentée dans la position prévue pour l'échantillon et l'on en détermine la densité D_a comme ci-dessus indiqué. La densité auxiliaire étant maintenue dans cette position, on remplace la lampe mobile par une lampe plus puissante (ou la lampe de comparaison par une autre plus faible) afin que les luminances du champ photométrique soient égalisées quand la lampe mobile est vers l'extrémité de sa course la plus éloignée de la sphère. Déterminer, par la moyenne de cinq lectures indépendantes, la distance l'_0 qui assure cette égalisation. La densité auxiliaire est alors enlevée et remplacée par l'échantillon inconnu de grande densité. Approcher la lampe mobile de la sphère jusqu'à la distance l'_s pour laquelle l'équilibre photométrique est rétabli, cette distance l'_s devant être la moyenne de cinq mesures distinctes. La densité de l'échantillon est alors donnée par :

$$D = D_a + \log \left(\frac{l'_0}{l'_s} \right)^2 \quad \dots (3)$$

7.4 Mode opératoire pour l'emploi du photomètre à polarisation

7.4.1 En l'absence d'échantillon, lire dans le quadrant I (figure 3) l'angle θ_1 qui assure l'égalisation des champs photométriques. Lire aussi dans le quadrant II l'angle θ_2

1) Voir Walsh, *Photometry*, Constable, p. 155, 1926 Edition, London.

2) Quand le diamètre de la sphère est d'environ 10 cm (4 in), on recommande l'emploi d'une lampe «biplan» pour projections de 500 W, 115 V.