

**ISO**

transf

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

**RECOMMANDATION ISO  
R 5**

**DENSITÉ PAR TRANSMISSION  
EN LUMIÈRE DIFFUSE  
(PHOTOGRAPHIE)**

1<sup>ère</sup> ÉDITION  
Octobre 1955

REPRODUCTION INTERDITE

Le droit de reproduction des Recommandations ISO et des Normes ISO est la propriété des Comités Membres de l'ISO. En conséquence, dans chaque pays, la reproduction de ces documents ne peut être autorisée que par l'organisation nationale de normalisation de ce pays, membre de l'ISO.

Seules les normes nationales sont valables dans leurs pays respectifs.

Imprimé en Suisse

Ce document est également édité en anglais et en russe. Il peut être obtenu auprès des organisations nationales de normalisation.

## HISTORIQUE

La Recommandation ISO/R 5 a été élaborée par le Comité Technique ISO/TC 42 — Photographie, dont le Secrétariat est assumé par l'American Standards Association, Inc. (ASA).

En avril 1948, le Secrétariat demanda au Secrétariat Général que la norme américaine Z 38.2.5 - 1946, relative à la densité par transmission en lumière diffuse, soit soumise à l'examen du Comité Technique, à titre d'avant-projet. L'avant-projet fut distribué le 12 mai 1948 à tous les Membres du Comité Technique. Ces derniers n'ayant présenté aucune observation, le Secrétariat considéra que cet avant-projet avait été adopté par le Comité Technique comme Projet de Recommandation ISO.

En janvier 1951, ce Projet de Recommandation ISO fut soumis par le Secrétariat Général aux Comités Membres de l'ISO. Il fut approuvé par les Comités Membres suivants, au nombre de 17 sur 29 :

Australie	Nouvelle-Zélande	Suisse
Autriche	Pays-Bas	Tchécoslovaquie
Belgique	Pologne	Union Sud-Africaine
Finlande	Portugal	U.S.A.
Italie	Royaume-Uni	Yougoslavie
Mexique	Suède	

Les 2 Comités Membres suivants ont déclaré qu'ils n'avaient pas d'objection à formuler contre l'approbation du Projet: —

Danemark  
France

Tenant compte des observations présentées par divers Comités Membres, le Secrétariat ISO/TC 42 revisa le Projet et décida de lui apporter quelques amendements.

Le texte révisé du Projet fut soumis par correspondance aux Membres du Conseil de l'ISO qui décidèrent, en mai 1954, de l'accepter comme une RECOMMANDATION ISO.

## DENSITÉ PAR TRANSMISSION EN LUMIÈRE DIFFUSE (PHOTOGRAPHIE)

### TABLE DES MATIÈRES

	Page
Introduction . . . . .	5
Discussion de la densité et explication des termes . . . . .	5
Densité en lumière diffuse . . . . .	5
Densité en lumière dirigée . . . . .	5
Densité en lumière doublement diffusée . . . . .	5
Etalonnage des densitomètres pratiques . . . . .	6
Recommandation ISO pour la densité par transmission en lumière diffuse . . . . .	7
1. Objet . . . . .	7
2. Définition générale de la densité . . . . .	7
3. Densité totale en lumière diffuse . . . . .	7
4. Densité ISO recommandée en lumière diffuse . . . . .	7
5. Densité visuelle ISO recommandée en lumière diffuse . . . . .	7
6. Densité de copie ISO recommandée en lumière diffuse . . . . .	8
7. Emploi d'une sphère d'intégration . . . . .	9
7.1 Généralités . . . . .	9
7.2 Appareillage . . . . .	9
7.3 Mode opératoire pour l'application de la loi de l'inverse du carré des distances . . . . .	11
7.4 Mode opératoire pour l'emploi du photomètre à polarisation . . . . .	11
8. Mesure de densités au contact d'un verre opale . . . . .	13
8.1 Généralités . . . . .	13
8.2 Appareil . . . . .	13
8.3 Mode opératoire . . . . .	14
9. Mesure photographique par contact . . . . .	14
9.1 Généralités . . . . .	14
9.2 Appareil . . . . .	14
9.3 Modes opératoires . . . . .	15
9.4 Essais de qualification de l'appareil et des modes opératoires . . . . .	17
Annexe . . . . .	19
A1 Types géométriques de la densité . . . . .	19
A2 Types spectroscopiques de la densité . . . . .	19
A3 Classification complète des densités . . . . .	21
Tableau 1. Conditions spectroscopiques de la densité visuelle ISO recommandée en lumière diffuse, Type V1-b . . . . .	8
Tableau 2. Conditions spectroscopiques de la densité de copie ISO recommandée en lumière diffuse, Type P2-b . . . . .	8
Tableau 3. Relation entre la densité $D_x$ de l'échantillon et la distance relative $X_0$ de la source de lumière au châssis de mesure . . . . .	18
Fig. 1. Appareil pour l'emploi de la sphère d'intégration en appliquant la loi de l'inverse du carré des distances . . . . .	10
Fig. 2. Appareil pour l'emploi de la sphère d'intégration et d'un photomètre à polarisation . . . . .	10
Fig. 3. Graduation du photomètre à polarisation de Martens . . . . .	12
Fig. 4. Mesure de la densité au contact d'un verre opale . . . . .	12
Fig. 5. Graphique pour la conversion de densités mesurées au contact d'un verre opale en densités ISO recommandées en lumière diffuse . . . . .	13
Fig. 6. Appareil pour la mesure photographique des densités par contact . . . . .	14
Fig. 7. Courbe de noircissement ( $D$ , $\log E$ ) d'un papier sensible hypothétique employé à la mesure photographique des densités par contact . . . . .	16
Fig. 8a )	
8b ) Densité totale en lumière diffuse . . . . .	20
Fig. 9a )	
9b ) Densité en lumière doublement diffusée . . . . .	20
Fig. 10a )	
10b ) Densité en lumière dirigée . . . . .	20
Fig. 11. Densité totale en lumière diffuse . . . . .	20
Fig. 12. Relations entre les divers types de densité par transmission . . . . .	23

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

ISO/R 5:1954

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/94f06175-0765-42d7-8aea-1d71b0bf4286/iso-r-5-1954>

## INTRODUCTION

**Discussion de la densité et explication des termes.** La densité par transmission est définie, en termes généraux, comme étant le logarithme décimal du rapport du flux radiant reçu par l'échantillon au flux radiant 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 la mesure, 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 du récepteur. Pour éviter des confusions, il est donc souhaitable de normaliser certains modes spécifiques de mesure.

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

a) *Géométrique.* Spécification des caractéristiques géométriques du système optique employé à la mesure.

b) *Spectroscopique.* Spécifications de la sensibilité spectrale du récepteur et de la répartition spectrale de l'énergie dans le flux radiant 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.

La densité en lumière diffuse est obtenue quand le flux radiant 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 toute la lumière transmise 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 radiant incident est parfaitement diffusé, si l'on recueille et évalue seulement dans le flux émergent un faisceau parallèle normal à l'échantillon.

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

La densité en lumière doublement diffusée est obtenue quand le flux radiant 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 recommandation 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 recommandation donne une définition de ce type de densité (voir paragraphe 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 radiant 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 des réflexions entre l'échantillon et tous éléments de l'appareil (verres protecteurs, surface éclairante, surface du récepteur, etc.) sont négligeables et que tout rayonnement errant (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 la mesure 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 la mesure de la densité en lumière totalement diffusée ne peuvent jamais être parfaitement

satisfaites dans la pratique, on a choisi l'expression « Densité ISO recommandée en lumière diffuse » pour désigner les densités déterminées dans les conditions géométriques pratiques réalisées par les appareils et les modes opératoires décrits dans la présente recommandation. Les appareils et modes opératoires recommandés 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 non négligeable n'est commise quand l'appareil est construit et employé conformément aux prescriptions de la présente recommandation.

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 spectroscopiques.

Des variations dans les conditions spectroscopiques 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 les couches sensibles positives. La présente recommandation ne détaille donc que les spécifications relatives à deux types spectraux de la densité ISO recommandée en lumière diffuse, savoir :

Densité visuelle ISO recommandée en lumière diffuse, Type V1-b

Densité de copie ISO recommandée en lumière diffuse, Type P2-b

La signification de ces expressions sera précisée par les fig. 8 à 10 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 spectroscopiques 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 recom-

mandation. 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 »\* (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 recommandation. Ces classes spectrales de densité sont cependant importantes dans certaines applications pratiques. Leurs relations avec la présente recommandation sont indiquées dans l'Annexe et illustrées par la fig. 12.

#### Étalonnage des densitomètres pratiques.

L'établissement de la présente recommandation permet d'étalonner une série de densités photographiques par l'un des modes de mesure approuvés et d'employer ensuite ces échantillons à l'étalonnage d'autres densitomètres.

En général, les densitomètres conformes aux conditions géométriques et spectroscopiques spécifiées dans la présente recommandation sont les seuls qui permettent la détermination précise de la densité visuelle ISO recommandée en lumière diffuse et de la densité de copie ISO recommandée 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 comparant les résultats à ceux obtenus par la technique appropriée de la présente recommandation.

Quand un densitomètre non conforme à la présente recommandation doit être employé à de nombreuses mesures de contrôle sur un type déterminé de plaque ou de pellicule photographique, il peut être étalonné au moyen d'échantillons mesurés en 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 recommandée en lumière diffuse ou la densité de copie ISO recommandée 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 mesures précises sur un autre type de couche sensible.

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

# Recommandation ISO

## pour la densité par transmission en lumière diffuse

### 1. Objet

**1.1** Le principal objet de la présente recommandation est la définition de la densité par transmission en lumière diffuse et la spécification de techniques pour sa mesure.

**1.2** 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 mesures de densité doivent être faites en lumière diffuse.

### 2. Définition générale de la densité

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

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

### 3. Densité totale en lumière diffuse

**3.1 Définition.** La densité totale en lumière diffuse est définie par l'expression indiquée au paragraphe 2 quand sont satisfaites les conditions suivantes :

#### 3.1.1 Conditions géométriques

**3.1.1.1** Le flux radiant 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 radiant incident doit être parfaitement diffusé, la fraction du flux transmis normalement à l'échantillon étant seule recueillie et évaluée.

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

**3.1.1.3** Tout rayonnement errant doit être négligeable.

**3.1.2 Conditions spectroscopiques.** Toutes conditions spectroscopiques peuvent être associées à la densité totale en lumière diffuse. Les conditions géométriques peuvent habituellement être satisfaites indépendamment des conditions spectroscopiques. 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 recommandée en lumière diffuse

#### 4.1 Définition

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

**4.1.1.1** La technique employant une sphère d'intégration est décrite en tous ses détails au paragraphe 7.

**4.1.1.2** La technique employant un verre opale est décrite en tous ses détails au paragraphe 8.

**4.1.1.3** La technique de copie par contact est décrite en tous ses détails au paragraphe 9.

Toutes conditions spectroscopiques peuvent être associées à la définition de la Densité ISO recommandée en lumière diffuse.

### 5. Densité visuelle ISO recommandée en lumière diffuse

**5.1 Définition.** La densité visuelle ISO recommandée en lumière diffuse, Type V1-b, est un type spectral particulier de la densité ISO recommandée en lumière diffuse; la définition donnée au paragraphe 4.1 lui est applicable sous réserve que soient satisfaites les conditions spectroscopiques suivantes :

**5.1.1** Le produit pour chaque longueur d'onde de la sensibilité spectrale relative du récepteur employé à la mesure 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 indiquée par la valeur de son logarithme dans la 4<sup>me</sup> colonne du Tableau 1.

**5.1.2** Les tolérances maxima sur les caractéristiques spectroscopiques 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

TABLEAU 1  
Conditions spectroscopiques de la densité visuelle  
ISO recommandée en lumière diffuse  
Type V1-b

1	2	3	4
Longueur d'onde en m $\mu$	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	0,11	1,11
440	1,76	0,22	1,98
460	2,18	0,31	2,49
480	2,54	0,40	2,94
500	2,91	0,48	3,39
520	3,25	0,56	3,81
540	3,38	0,64	4,02
560	3,40	0,71	4,11
580	3,34	0,77	4,11
600	3,20	0,83	4,03
620	2,98	0,88	3,86
640	2,64	0,94	3,58
660	2,18	0,99	3,17
680	1,63	1,03	2,66
700	1,01	1,08	2,09

\* 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.

exigences spectroscopiques étaient parfaitement satisfaites.\*

**5.1.3** Les valeurs de la sensibilité relative indiquées par leur logarithme dans la colonne N° 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 N° 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 diverses sources et à divers récepteurs sous la condition que les caractéristiques spectroscopiques de cette association soient conformes à celles spécifiées par la colonne N° 4 du Tableau 1.

## 6. Densité de copie ISO recommandée en lumière diffuse

**6.1 Définition.** La densité de copie ISO recommandée en lumière diffuse, Type P2-b, est un

\* 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 N° 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 spectroscopiques n'ont plus besoin d'être en accord étroit avec celles indiquées au Tableau 1. Mais la mesure de la densité efficace d'un filtre jaune à transmission brusquement délimitée, par exemple, exige un accord satisfaisant avec les conditions spectroscopiques idéales indiquées au Tableau 1.

type spectral particulier de la densité ISO recommandée en lumière diffuse; elle est définie par le paragraphe 4.1 quand sont satisfaites les conditions spectroscopiques spécifiées au paragraphe 6.1.1.

**6.1.1** Le produit pour chaque longueur d'onde de la sensibilité spectrale relative du récepteur employé à la mesure 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 N° 4 du Tableau 2.

**6.1.2** Les tolérances maxima sur les caractéristiques spectroscopiques 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 spectroscopiques précisées dans la colonne N° 4 du Tableau 2 étaient parfaitement satisfaites.

TABLEAU 2  
Conditions spectroscopiques de la densité de copie ISO recommandée en lumière diffuse  
Type P2-b

1	2	3	4
Longueur d'onde en m $\mu$	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

\* 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 cette recommandation particulière, la sensibilité spectrale sera mesurée par l'inverse de l'énergie nécessaire pour produire une densité par réflexion égale à celle employée dans la photométrie photographique du paragraphe 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 (fig. 7). Ce mode de mesure de la sensibilité est à employer exclusivement dans la présente recommandation et n'est pas applicable à d'autres problèmes.



**6.1.3** Les valeurs de la sensibilité relative, indiquées par leur logarithme dans la colonne N° 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 à limite brusque en 360 m $\mu$ . Ce 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 en 320 milimicrons.

**6.1.4** Les valeurs de l'énergie spectrale de la source, indiquées par leur logarithme dans la colonne N° 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 spectroscopiques de cette association soient conformes à celles spécifiées par la colonne N° 4 du Tableau 2.

## 7. Emploi d'une 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 recommandée en lumière diffuse. La technique employant la sphère d'intégration a été décrite\*.

La sphère d'intégration, établie et employée conformément aux spécifications ci-après, assure les conditions géométriques désirées. Le flux radiant est modulé soit suivant la loi de l'inverse du carré des distances (fig. 1), soit en employant un photomètre à polarisation de Martens (fig. 2); cette technique est approuvée pour mesure de la densité ISO recommandée 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 inches.

**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'intégration\*, appliquées sur une sous-couche uniforme blanche de peinture à l'huile.

**7.2.6** Le coefficient de diffusion\*\* 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 errante à une valeur telle que son effet soit négligeable.

**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 nits = 1 foot Lambert; la répartition spectrale de l'énergie du rayonnement de la source doit convenir au type spectral de densité désiré (voir paragraphes 4.2.2, 5.1.2 et 6.1.2).

**7.2.10** La sensibilité spectrale du récepteur employé à la mesure du flux transmis doit convenir au type spectral de densité désiré (voir paragraphes 4.2.2, 5.1.2 et 6.1.2).

**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 (fig. 1). La longueur du déplacement ne doit pas être inférieure à 2 mètres et doit être assez grande pour permettre la mesure 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 fig. 1, la qualité spectrale du rayonnement ainsi diffusé soit approximativement la même que celle du rayonnement diffusé par la sphère en l'absence

\* 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.

\*\* 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°).

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

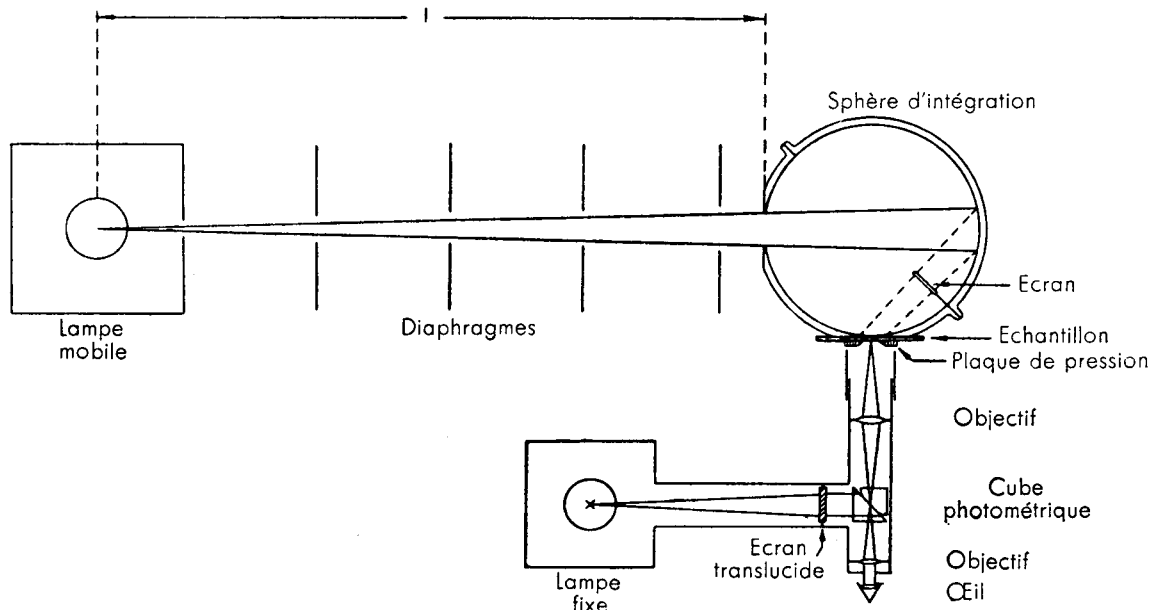


FIG. 1

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

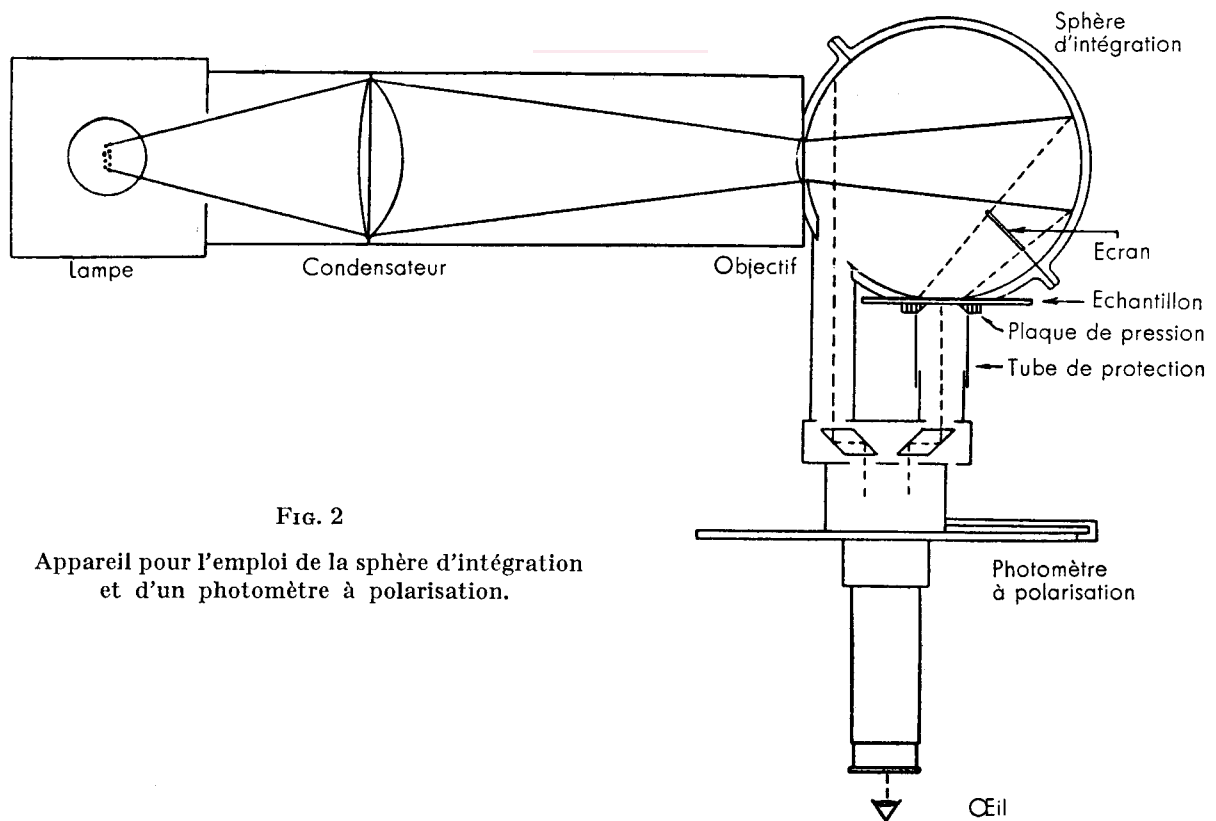


FIG. 2

Appareil pour l'emploi de la sphère d'intégration et d'un photomètre à polarisation.

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 mesures visuelles basées sur la loi de l'inverse du carré des distances, on recommande l'emploi d'un cube photométrique du type Lummer-Brodhun\*.

**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 fig. 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 °K\*\*.

### 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 errante puisse entrer dans la sphère ou atteindre l'échantillon et le cube photométrique.

**7.3.2** En l'absence d'échantillon, la source mobile (fig. 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 mètres.

**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 (paragraphe 2) :

$$D = \log \left( \frac{P_0}{P_t} \right) \quad (2)$$

où

$$\frac{P_0}{P_t} = \frac{l_0^2}{l_s^2} \quad (3)$$

**7.3.5** La valeur  $l_0$  employée dans la formule ci-dessus doit être la moyenne d'au moins 5 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 5 lectures distinctes.

\* Voir Walsh "Photometry" Constable, p. 155, 1926 Edition, London.

\*\* Quand le diamètre de la sphère est d'environ 10 cm = 4 inches, on recommande l'emploi d'une lampe « biplan » pour projections de 500 watts, 115 volts.

**7.3.6** Pour la mesure 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) telles 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 5 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 5 mesures distinctes. La densité de l'échantillon est alors donnée par :

$$D = D_a + \log \left( \frac{l_0}{l'_s} \right)^2 \quad (4)$$

### 7.4 Mode opératoire pour l'emploi du photomètre à polarisation

**7.4.1** En l'absence d'échantillon, lire dans le quadrant I (fig. 3) l'angle  $\theta_1$  qui assure l'égalisation des champs photométriques. Lire aussi dans le quadrant II l'angle  $\theta_2$  qui assure la même égalisation. La différence  $\omega_0$  de ces deux angles est liée à la différence des luminances des deux champs en l'absence d'échantillon. (Lire l'angle dans deux quadrants et en prendre la moyenne corrige l'erreur qui peut exister dans le réglage de l'index relativement à la position des plans de polarisation à l'intérieur de la tête du photomètre).

**7.4.2** L'échantillon étant mis en place dans le faisceau de mesure, au contact du diffuseur\*, lire dans le quadrant I l'angle  $\theta_3$  et dans le quadrant II l'angle  $\theta_4$  pour lesquels les luminances des deux champs sont égalisées. La différence  $\omega_1$  de ces deux angles est liée à la différence de luminances des deux champs en présence de l'échantillon (la mesure des deux angles permet de corriger l'erreur de zéro de la graduation).

**7.4.3** Chaque égalisation photométrique doit être faite au moins 3 fois et on utilise leurs moyennes au calcul de  $\omega_0$  et de  $\omega_1$  indiqué aux paragraphes 7.4.1 et 7.4.2. La transmittance de l'échantillon est alors donnée par l'équation :

$$T = \frac{\operatorname{tg}^2 \frac{\omega_1}{2}}{\operatorname{tg}^2 \frac{\omega_0}{2}} \quad (5)$$

\* Dans le cas de plaques ou de pellicules photographiques, la face image doit être au contact du diffuseur.