



42

RAPPORT TECHNIQUE 2721

Publié 1975-02-01

Les Rapports Techniques ISO sont réexaminés tous les trois ans à partir de la date de leur publication, afin de parvenir à l'accord nécessaire pour la publication d'une Norme Internationale.

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

Photographie — Appareils de prise de vues — Commande automatique de l'exposition

Photography — Cameras — Automatic control of exposure

Bien qu'ayant été à l'origine élaboré, puis proposé, en juillet 1971 par le Comité Technique ISO/TC 42, *Photographie*, en vue de sa publication en tant que Recommandation ISO, le présent document fut distribué en octobre 1972 en tant que projet de Norme Internationale ISO/DIS 2721. Les commentaires des comités membres sur le projet conduisirent à son réexamen et à la décision unanime, lors de la septième réunion plénière (décembre 1973), d'entreprendre et de le publier en tant que Rapport Technique.

Les raisons qui conduisirent à la publication du présent document sous la forme d'un Rapport Technique sont les suivantes :

- l'absence d'accord sur l'applicabilité, dans la pratique, des méthodes décrites pour l'étalonnage et l'essai des commandes automatiques de l'exposition;
- la décision par l'ISO/TC 42 d'entreprendre, en tant que nouveau sujet de travail, l'étude de la mesure de la lamination dans le plan focal pour les appareils de prise de vues à commande automatique.

SOMMAIRE

	Page
0 Introduction	2
1 Objet et domaine d'application	2
2 Références	2
3 Définitions	3
4 Spécifications générales	4
5 Étalonnage	6
 Annexes	
A Mesurage de l'éclairement et de la lamination dans le plan focal, et de la luminance du champ	9
B Sources de lumière	13
C Détermination de la réponse spectrale	15
D Mesurage des angles utiles	17
E Lamination	19
F Contrôle photographique de la précision de la lamination	21

CDU 771.376.355

Réf. N° : ISO/TR 2721-1975 (F)

Descripteurs : photographie, appareil de prise de vues, exposition, commande automatique, spécification.

© Organisation Internationale de Normalisation, 1975 •

Imprimé en Suisse

Prix basé sur 21 pages

ISO/TR 2721-1975 (F)

0 INTRODUCTION

Dans un appareil photographique automatique, on utilise un système photo-électrique muni d'un récepteur de lumière approprié, pour mesurer la luminance moyenne du sujet. L'appareil est pourvu d'un mécanisme qui commande l'ouverture relative ou la durée d'exposition effective, ou les deux, afin de réaliser une exposition correcte en fonction de la luminance mesurée du sujet. Sur tous les appareils automatiques, sauf les plus simples, il existe des commandes de pré-réglage, et le mécanisme tient compte de leur position. Ces commandes sont

- a) le pré-réglage selon la sensibilité du film,
- b) le pré-réglage de la durée d'exposition effective ou celui de l'ouverture relative, l'un des deux n'étant pas réglé automatiquement.

Les appareils photographiques automatiques sont étalonnés

- a) par référence à un sujet normalisé, qui consiste en une aire de luminance uniforme connue, couvrant complètement le champ de l'objectif et du récepteur photo-électrique,
- b) par le mesurage de l'une des grandeurs suivantes :
 - 1) l'éclairement d'image correspondant à une valeur donnée de la luminance du sujet normalisé, pour un réglage d'ouverture donné,
 - 2) la lamination correspondant à la luminance donnée et pour les pré-réglages de sensibilité du film et d'ouverture relative,
 - 3) la lamination correspondant à la luminance donnée et pour les pré-réglages de la sensibilité du film et de la durée d'exposition,
 - 4) la lamination correspondant à la luminance donnée pour les pré-réglages de sensibilité du film, dans le cas d'appareils à obturateur programmé.

Les appareils automatiques étalonnés de cette manière doivent répondre à l'équation dont la forme et le mode de calcul sont donnés dans l'annexe E.

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Le présent Rapport Technique est applicable aux dispositifs photo-électriques intégrés aux appareils photographiques et couplés à un mécanisme de réglage de la lamination. Ce mécanisme peut fonctionner en faisant varier la quantité de lumière transmise par l'objectif ou la durée d'ouverture de l'obturateur, ou par une combinaison de ces deux actions, et il tient compte des différentes sensibilités de films. Les systèmes qui font intervenir l'utilisateur pour la lecture des données ou leur transfert d'un système à un autre n'entrent pas dans le cadre du présent Rapport Technique.

Sont l'objet d'une spécification, dans le présent Rapport Technique, les systèmes de commande automatique de l'exposition ci-dessous :

- a) Systèmes de réglage par coïncidence d'aiguille, par lesquels l'opérateur ajuste les commandes de lamination jusqu'à ce qu'une aiguille mobile se trouve en coïncidence avec un repère fixe ou mobile. L'ouverture relative ou la durée d'exposition effective, ou les deux, peuvent être réglables manuellement ou automatiquement.
- b) Systèmes de réglage à armement, par lesquels le mécanisme photo-électrique détecte l'ouverture relative ou la durée d'exposition effective, ou les deux, et ajuste automatiquement les commandes, pour obtenir une lamination correcte en fonction d'un programme fixé ou choisi, lorsque l'opérateur fournit l'énergie mécanique en actionnant le déclencheur.
- c) Les systèmes automatiques, par lesquels le mécanisme photo-électrique ajuste de façon continue et automatique l'ouverture relative ou la durée d'exposition effective, ou les deux, suivant un programme fixé ou choisi.

2 RÉFÉRENCES

ISO 6, *Photographie — Détermination de la sensibilité ISO des émulsions photographiques négatives achromes (noir et blanc), à modelé continu pour la photographie picturale.*

ISO 2240, *Photographie — Détermination de la sensibilité ISO de pellicules photographiques inversibles en couleurs pour la photographie — Exposition sensimétrique et méthode d'évaluation.*

ISO 2720, *Photographie — Posemètres photographiques pour usage général (type photoélectrique) — Base de spécification.*

Publication CEI 68-2-6, *Essais fondamentaux climatiques, Essai Fc : Vibrations (sinusoïdales).*

Publication CEI 68-2-27, *Essais fondamentaux climatiques, Essai Ea : Chocs.*

3 DÉFINITIONS

Dans le cadre du présent Rapport Technique les définitions suivantes sont applicables :

3.1 lumination de base : Lumination définie par le produit de l'éclairement d'image dans le plan focal par la durée d'exposition effective, calculée d'après les équations données dans l'annexe E, pour un appareil photographique ayant une constante de fabrication donnée.

3.2 lumination mesurée : Lumination définie par le produit de l'éclairement d'image dans le plan focal par la durée d'exposition effective, mesurée par l'une des méthodes données dans l'annexe A.

3.3 indice de lumination : Indice désigné par E_v , défini par l'équation

$$A^2/t = 2^{E_v}$$

où

A est l'indice d'ouverture de l'objectif;

t est la durée d'exposition effective.

La variation d'une unité de l'indice de lumination entraîne une variation de la lumination selon un facteur 2. Cette unité est appelée un « échelon ».

3.4 erreur de lumination : Différence entre la lumination mesurée et la lumination de base. L'erreur est positive si la lumination mesurée est la plus grande. Cette différence est exprimée en échelons.

3.5 erreur spécifique de lumination : Erreur de lumination, exprimée en échelons, que l'on mesure lorsque l'appareil est essayé dans les conditions données en 5.4.

3.6 intervalle nominal de commande : Intervalle de luminance dans lequel le système doit fonctionner, calculé d'après l'équation E (11), en utilisant les valeurs nominales des facteurs pré-réglés et les limites des valeurs réglées automatiquement en fonction de la luminance du sujet.

3.7 erreur de pré-réglage de la sensibilité du film : Variation de l'erreur de lumination qui se produit lorsqu'on change le pré-réglage de sensibilité du film à une valeur autre que celle qui a été utilisée pour mesurer l'erreur spécifique de lumination.

3.8 erreur de réglage de la durée d'exposition : Variation de la lumination mesurée qui se produit lorsque l'on change le réglage de la durée d'exposition à une valeur autre que celle pour laquelle on a mesuré l'erreur spécifique de lumination.

3.9 erreur de réglage de l'ouverture relative : Variation de la lumination mesurée qui se produit lorsque l'on change le réglage d'ouverture relative à une valeur autre que celle qui a été utilisée pour mesurer l'erreur spécifique de lumination.

3.10 récepteur de lumière : Ensemble composé de la cellule photo-électrique et de lentilles, d'une enceinte et/ou de lames translucides ou transparentes, à travers lesquelles passe la lumière reçue par la cellule.

3.11 axe de l'objectif : Axe normal au plan focal, et passant par le centre de l'objectif.

3.12 axe du récepteur de lumière : Axe passant par le centre géométrique du récepteur de lumière et par rapport auquel les directions qui définissent les angles utiles spécifiques (4.15.1) sont symétriques.

3.13 angle de divergence : Angle que font l'axe de l'objectif et l'axe du récepteur de lumière.

3.14 caractéristique angulaire : C'est le mode de réception de la lumière par le récepteur, à partir du sujet ou de la source lumineuse décrits dans l'annexe B.

4 SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES

4.1 Échelle de sensibilité

Lorsqu'une échelle de sensibilité existe, elle doit comporter des valeurs choisies dans l'échelle de sensibilité donnée en ISO 6 et/ou ISO 2240 et, si nécessaire, des valeurs correspondant à d'autres systèmes, qui doivent être indiqués. Si le réglage ne peut être effectué que sur des échelons distincts, on doit prévoir une position pour chaque sensibilité marquée dans l'intervalle couvert.

Si le système automatique n'est prévu que pour une seule sensibilité, celle-ci doit être marquée de préférence à l'extérieur de l'appareil, ou à l'intérieur pourvu qu'elle soit visible lors du chargement du film.

Pour les appareils dans lesquels la sensibilité est affichée automatiquement lorsque l'on introduit le chargeur, si le système n'est prévu que pour un intervalle de sensibilité plus petit que celui que permettent les chargeurs, les sensibilités permises doivent être marquées sur l'appareil et être indiquées sur les instructions fournies avec celui-ci.

4.2 Échelle de durée d'exposition effective

L'échelle de durée d'exposition effective, en secondes, doit porter des valeurs choisies dans la série suivante :

$\frac{1}{1\ 000}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{125}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
	1	2	4	8	15	30	60		

Les durées inférieures à 1 s peuvent être représentées par le dénominateur de leur expression, seul. On doit les faire ressortir en utilisant une couleur différente, ou tout autre moyen.

NOTE — La valeur supérieure de l'échelle ne doit pas nécessairement être choisie dans cette série, mais elle doit être suivie de valeurs choisies dans la série en commençant par la valeur immédiatement inférieure lorsque c'est possible, et en progressant aussi loin qu'il est nécessaire pour le cas particulier.

4.3 Échelle d'ouverture relative

L'échelle d'ouverture relative, en indices d'ouverture, doit porter des valeurs choisies dans la série suivante :

1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22	32
---	-----	---	-----	---	-----	---	----	----	----	----

NOTE — L'ouverture relative maximale marquée sur un objectif n'est pas nécessairement choisie dans la série ci-dessus, mais elle doit être suivie par des valeurs de cette série, en commençant par la valeur la plus grande consécutive lorsque c'est possible, et en progressant aussi loin qu'il est nécessaire pour le cas particulier.

Exemple : Un objectif 1:1,9 peut porter le marquage 1,9 2,8 4 5,6 8 etc., si l'on estime que le marquage 1,9 2,0 2,8 4,0 5,6 etc., rendrait la lecture difficile au début de l'échelle.

4.4 Échelle des indices de lamination

La série des indices de lamination doit être constituée de nombres entiers obtenus en arrondissant les valeurs calculées de $\log_2 (A^2/t)$ pour les valeurs de A et mentionnées en 4.2 et 4.3.

4.5 Indication de dépassement des limites

Sauf dans le cas des systèmes à coïncidence d'aiguille, on doit prévoir un moyen pour indiquer que les conditions d'éclairage sont en dehors de l'intervalle nominal de fonctionnement du système. Cette indication doit prendre la forme d'un signal visible dans le viseur ou ailleurs, ou d'un verrouillage bloquant le déclencheur de l'obturateur, ou les deux. Le dispositif doit comprendre :

- a) un signal d'insuffisance de lumière qui doit intervenir à un niveau compris entre un demi et un diaphragme en dessous de la luminance correspondant à la limite inférieure de l'intervalle nominal de fonctionnement.

Ce signal n'est à prévoir que s'il est possible de régler les commandes de l'appareil, y compris le réglage de sensibilité, à une position pour laquelle la limite inférieure de l'intervalle nominal de fonctionnement est supérieure à 5 cd/m².

- b) un signal d'excès de lumière qui doit intervenir à un niveau compris entre la limite supérieure de l'intervalle nominal de fonctionnement et un demi-écheleon au-dessus de cette limite.

Ce signal n'est à prévoir que s'il est possible de régler les commandes de l'appareil, y compris le réglage de sensibilité, à une position pour laquelle la limite supérieure de l'intervalle nominal de fonctionnement est inférieure à 4 000 cd/m².

c) un signal de pose de longue durée qui doit intervenir pour les durées d'exposition supérieures à 1/30 s. Il n'est à prévoir que si l'appareil peut réaliser une durée d'exposition supérieure à 1/30 s sans que l'opérateur en soit averti.

4.6 Réponses spectrales

On utilise le rapport des luminations mesurées données par le système, pour un éclairage aux deux températures de couleurs équivalentes 2 855,6 K et 4 700 K, comme mesure de l'effet de la réponse spectrale du système. Ce rapport est évalué en comparant, suivant l'annexe C, la transmittance d'un filtre de conversion de température de couleur, mesurée par :

- a) l'observateur photométrique normal C.I.E., c'est-à-dire la transmittance lumineuse τ_v ;
- b) le système photo-électrique de l'appareil, c'est-à-dire la transmittance de la cellule τ_m .

La sensibilité spectrale de l'élément photosensible de l'appareil doit être continue, c'est-à-dire sans trous ni pointes dans tout l'intervalle de longueurs d'onde de 400 à 700 nm.

4.7 Durée de vie de la batterie

Sauf dans le cas où un indicateur de durée de vie est prévu sur un appareil à entraînement électrique dans lequel la puissance nécessaire au système de réglage automatique de la lumenation est fournie par la batterie qui sert à l'entraînement de l'appareil, la tension minimale de fonctionnement correct du système de réglage ne doit pas être supérieure à la tension minimale nécessaire à l'entraînement de l'appareil. Si on utilise une batterie séparée pour fournir la puissance au système automatique de commande, et qu'aucun système n'est prévu pour indiquer la défaillance de la batterie, les instructions fournies avec l'appareil ou inscrites sur celui-ci doivent donner des indications sur la durée de vie à attendre de la batterie. Si cette durée de vie est susceptible d'être diminuée lorsque l'appareil est laissé exposé à la lumière en dehors de son emploi, ce fait doit être signalé.

4.8 Effet des charges électrostatiques

L'effet des charges électrostatiques doit être exprimé sous forme de variation de l'erreur de lumenation relevée une minute après qu'une charge électrostatique ait été appliquée sur une partie extérieure de l'appareil, par frottement avec une matière qui produit la charge la plus élevée possible.

L'appareil doit être conditionné à une humidité relative inférieure ou égale à 20 %, 8 h avant l'essai, qui est effectué à cette même humidité relative.

4.9 Résistance aux chocs

La résistance aux chocs doit être exprimée sous forme de variation des erreurs de lumenation, de frottement et d'équilibrage, après que le système ait été soumis à un choc dont l'onde a la forme d'une demi-sinusoïde, d'accélération de crête 75 g et de durée 3,5 ms, conformément à la publication CEI 68-2-27, (1972), essai Ea, sur chacun des six côtés (au total six chocs).

4.10 Effet des vibrations

L'effet des vibrations doit être exprimé sous forme de variation des erreurs de lumenation, de frottement et d'équilibrage, qui se produisent après que le système de commande ait été soumis à une vibration, en conformité avec la publication CEI 68-2-6, (1970), deuxième partie, essai Fc, selon le mode opératoire ci-dessous.

Le système doit être soumis successivement à des vibrations dans trois directions perpendiculaires, dont l'une sera parallèle à l'axe du pivot de l'appareil de lecture. La fréquence doit varier de façon continue, de 30 à 100 puis à 30 Hz en cinq minutes. Les vibrations doivent être appliquées pendant vingt minutes dans chacune des trois directions. L'amplitude crête à crête doit être réglée pour obtenir une accélération maximale de 2 g.

4.11 Effet des températures extrêmes

L'effet des températures extrêmes doit être exprimé sous forme de variation de l'erreur de lumenation, à 20 ± 2 °C et à 65 ± 20 % d'humidité relative, par rapport à la même valeur avant l'essai mesurée, pour n'importe quel point de l'intervalle nominal de fonctionnement, après que le système de réglage ait été soumis aux températures - 35 et + 50 °C.

Le système doit être placé dans une atmosphère maintenue à la température prescrite, à ± 2 °C près, au moins 2 h avant les mesurages.

4.12 Effet de l'humidité

L'effet de l'humidité doit être exprimé sous forme de variation de l'erreur de luminance, à 20 ± 2 °C et à 65 ± 20 % d'humidité relative, après que le système de réglage ait été maintenu durant 40 h à une température ambiante de 35 ± 2 °C et à une humidité relative de 90 ± 5 %.

Les mesurages de l'erreur de luminance doivent être effectués après que le système ait été maintenu, durant au moins 2 h avant l'essai et 2 h après l'essai, à une température de 20 ± 2 °C et à une humidité relative de 65 ± 20 %.

4.13 Fatigue de la cellule photosensible

La fatigue de la cellule photosensible doit être exprimée sous forme de variation de l'erreur de luminance, après que le système de contrôle ait été soumis aux traitements ci-dessous.

Le système doit être maintenu dans l'obscurité durant au moins 24 h, puis être brusquement exposé à une source de lumière de température de couleur équivalente comprise entre 2 650 K et 2 900 K, de luminance de champ de 2 000 cd/m². L'erreur de luminance doit être déterminée après des périodes de 5 s et de 3 min ou toute autre période inférieure à 1 h, à condition que la fatigue mesurée ne soit pas réduite de ce fait.

4.14 Temps de réponse

Le temps de réponse est mesuré en exposant le système de réglage à une luminance de 200 cd/m² durant au moins 10 min, puis en l'exposant brusquement à une luminance de 2 000 cd/m². Le temps de réponse est le temps nécessaire pour obtenir une indication stable de luminance qui diffère de moins de 0,3 échelon de l'indication obtenue en 15 s.

4.15 Angles utiles

On considère habituellement comme optimal, pour un système de réglage de la luminance destiné à la prise de vue photographique usuelle, un angle utile égal à celui d'un objectif normal. Il n'est pas indispensable de se limiter à cette valeur, car un grand nombre de sujets présentent une luminance presque uniforme, et la moyenne ne dépend pas de l'angle utile employé. On peut admettre un angle utile inférieur à celui de l'objectif, si on prend particulièrement soin de s'assurer que l'hypothèse précédente est valable; on considère généralement qu'un angle utile plus grand n'est pas désirable.

La caractéristique angulaire d'un système de réglage de la luminance peut être définie par les angles utiles spécifiques et obliques ou par l'angle utile moyen.

Des méthodes de mesurage de ces angles utiles sont donnés en annexe D.

4.15.1 angles utiles spécifiques : Angles ayant leur sommet au centre de l'objectif de l'appareil, formés par l'axe de l'objectif et les directions pour lesquelles la sensibilité du récepteur de lumière est réduite à la moitié de sa valeur maximale.

4.15.2 angles utiles obliques : Angles ayant leur sommet au centre de l'objectif de l'appareil, formés par l'axe de l'objectif et les directions pour lesquelles la sensibilité du récepteur de lumière est réduite à un seizième de sa valeur maximale.

NOTE — Les angles utiles spécifiques et obliques sont définis par la direction des mesurages par rapport à l'axe de l'objectif, «gauche», «droit», «en haut» ou «en bas». L'angle utile est dit «en haut» lorsque la source lumineuse est placée au-dessus de l'axe optique de l'appareil, etc.

4.15.3 angle utile moyen : Angle ayant son sommet au centre du récepteur de lumière monté de telle sorte que son axe de sensibilité maximale coïncide avec l'axe d'une source plane circulaire, de luminance uniforme, ayant de préférence un diamètre non inférieur à 200 mm, et de laquelle le récepteur de lumière reçoit un flux lumineux correspondant à une déviation inférieure de un tiers d'échelon à celle qui serait obtenue avec une source d'aire infinie ayant la même luminance uniforme.

5 ÉTALONNAGE

La précision du réglage de la luminance doit être exprimée sous forme d'écart de luminance mesurée par rapport à la luminance de base. L'erreur est positive lorsque la luminance mesurée est supérieure à la luminance de base. Les erreurs d'étalonnage s'expriment en échelons. La luminance mesurée pour une caméra automatique donnée doit être déterminée lorsque son objectif et son récepteur de lumière reçoivent la lumière d'une source étendue de luminance uniforme pendant l'exposition.

On peut mesurer la précision du réglage de luminance au moyen de l'éclairage du plan focal au lieu de la luminance, si on connaît de façon précise la durée de pose effective.

5.1 Température de couleur équivalente de la source lumineuse pour l'étalonnage

La source lumineuse utilisée pour étalonner les appareils photographiques doit fonctionner à une température de couleur équivalente telle qu'elle constitue un compromis raisonnable entre les exigences de la photographie en lumière artificielle et de celles en lumière naturelle et doit reproduire avec précision la distribution énergétique spectrale relative du corps noir à cette température.

La température de couleur équivalente 4 700 K convient pour cet usage. La température de couleur équivalente choisie peut être réalisée en utilisant une lampe claire à filament de tungstène, porté à la température de couleur équivalente donnée, associée à un filtre convenable en verre ou liquide.

NOTE — Si un système de réglage de la lamination, ayant donné des résultats satisfaisants pour des essais photographiques, est étalonné au moyen de sources lumineuses de diverses températures de couleur équivalente, on constatera que la valeur de la constante d'étalonnage K' dépend de la température de couleur équivalente de la source utilisée. Cela est dû à ce que les courbes de réponse spectrale du film utilisé et celles de l'élément photosensible du système ne sont pas semblables, et sont différentes de la courbe de réponse de l'observateur photométrique normal de la CIE. Il est donc nécessaire de s'assurer que, quelle que soit la température de couleur équivalente de la source utilisée pour l'étalonnage d'un système de réglage de la lamination, des essais photographiques (voir annexe F) montreront que le choix de K' donne une correspondance correcte entre la méthode d'étalonnage et les spécifications photographiques. Ceci implique que la valeur de la température de couleur équivalente de la source lumineuse utilisée pour l'étalonnage n'est pas imposée.

5.2 Équation de lamination

La relation entre les paramètres de lamination de la caméra doit être déterminée d'après l'équation donnée dans l'annexe E.

5.3 Constantes d'étalonnage

Lorsqu'elle est déterminée à la température de couleur équivalente 4 700 K, la valeur de la constante d'étalonnage K' (équation E (11)), la luminance étant mesurée en candélas par mètre carré et la durée d'exposition effective étant mesurée en secondes, doit normalement être située dans l'intervalle :

$K' = 10,6$ à $17,0$, dans tous les cas, sauf pour les caméras cinématographiques 8 mm, mais peut avoir des valeurs nettement plus élevées (jusqu'à 30 ou davantage) pour certains appareils spéciaux;

$K' = 13,4$ à 21 pour les caméras cinématographiques 8 mm, mais peut avoir des valeurs nettement plus élevées (jusqu'à 30 et davantage) pour certains appareils spéciaux.

5.4 Erreurs de lamination

Les erreurs de lamination doivent être mesurées dans tout l'intervalle nominal de réglage de la caméra. Les luminances utilisées pendant les mesurages doivent être déterminées d'après l'équation E (11), en prenant les valeurs nominales des paramètres.

5.4.1 Erreurs spécifiques de lamination

Les erreurs spécifiques de lamination doivent être mesurées :

- pour les appareils photographiques dont l'ouverture relative est commandée automatiquement, avec l'obturateur réglé à $1/125$ s, et avec le réglage de sensibilité $S = 100$ ou $S^\circ = 21$;
- pour un appareil photographique dont la durée d'exposition est commandée automatiquement, avec une ouverture relative $f/8$, et le réglage de sensibilité $S = 100$ ou $S^\circ = 21$;
- pour une caméra cinématographique, avec une vitesse de défilement réglée à sa valeur normale, et le réglage de sensibilité $S = 25$ ou $S^\circ = 15$.

S'il n'est pas possible d'obtenir ce réglage, on adoptera les réglages les plus proches.

5.4.2 Erreur de réglage de la sensibilité du film

L'erreur de réglage de la sensibilité du film doit être mesurée dans tout l'intervalle de réglage de la caméra.

Si le mécanisme de réglage de sensibilité fonctionne en modifiant la sensibilité du système de mesurage, ou électriquement, ou en faisant varier la quantité de lumière qui frappe la cellule photoélectrique, la luminance du sujet doit être réglée de façon inversement proportionnelle à la valeur nominale de la sensibilité du film, afin que le système de mesurage fonctionne toujours dans la même zone de sa caractéristique.

5.4.3 Erreur de réglage de la durée d'exposition effective

L'erreur de réglage de la durée d'exposition effective se mesure dans tout l'intervalle de réglage de la caméra. Lorsque l'ouverture relative est commandée par la luminance du sujet, si le mécanisme de compensation fonctionne en modifiant la sensibilité du système de mesurage, ou électriquement, ou en faisant varier la quantité de lumière qui frappe la cellule photoélectrique, la luminance du sujet doit être réglée de façon inversement proportionnelle à la durée d'exposition nominale.

5.4.4 Erreur de réglage de l'ouverture relative

L'erreur de réglage de l'ouverture relative doit être mesurée dans tout l'intervalle de réglage de la caméra.

Lorsque la durée d'exposition est commandée par la luminance du sujet, si le mécanisme de compensation fonctionne en modifiant la sensibilité de l'appareil de mesure électriquement ou en faisant varier la quantité de lumière qui frappe la cellule photoélectrique, la luminance du sujet doit être réglée de façon proportionnelle au carré de l'indice d'ouverture nominale, f .

5.5 Erreur d'équilibrage

L'erreur d'équilibrage doit être exprimée sous forme de variation d'erreur de lumination lorsque l'appareil est incliné, vers l'avant ou vers l'arrière, de 45° , ou vers le côté, de 90° , lorsque l'appareil est prévu pour être utilisé dans ces positions.

5.6 Erreur de température

L'erreur de température doit être exprimée sous forme de variation d'erreur de lumination, lorsque la température du système est modifiée de 20°C à partir de la température de 20°C .

5.7 Erreur de frottement

L'erreur de frottement doit être exprimée sous la forme de variation d'erreur de lumination, lorsque l'on fait vibrer doucement le système après exposition à une luminance de $1\,000\text{ cd/m}^2$ obtenue par une variation lente à partir de 500 cd/m^2 , en l'absence de toute vibration.

ANNEXE A

**MESURAGE DE L'ÉCLAIREMENT ET DE LA LUMINATION DANS LE PLAN FOCAL,
ET DE LA LUMINANCE DU CHAMP**

A.1 CONDITIONS GÉNÉRALES D'ESSAI

Sauf spécifications contraires, tous les essais doivent être effectués dans les conditions suivantes :

A.1.1 L'appareil doit être dans sa position normale de fonctionnement, l'axe de l'objectif étant horizontal. Si on utilise l'appareil dans une position perpendiculaire à sa position normale, on peut introduire une erreur additionnelle, qui doit être mesurée.

A.1.2 Toutes les lectures, sauf celles qui correspondent au paragraphe 5.7, doivent être effectuées après avoir légèrement fait vibrer l'appareil, pour éliminer l'influence du frottement des pivots.

A.1.3 Tous les essais, sauf ceux qui correspondent aux paragraphes 4.11, 4.12 et 5.6, doivent être effectués à la température ambiante de 23 ± 2 °C, et à l'humidité relative 65 ± 20 % sauf pour les essais de production, pour lesquels on admet une température de 25 ± 5 °C.

A.1.4 Si les commandes comprennent un système d'ajustement du zéro, cet ajustement doit être effectué avant de commencer les essais.

A.1.5 Si les commandes dépendent d'une source de courant électrique, on doit utiliser celle qui est spécifiée.

A.1.6 L'objectif, s'il y a lieu, sera mis au point sur une distance supérieure à 5 m.

A.1.7 On réduira les effets des inter-réflexions entre l'appareil, et la source de lumière, en couvrant les surfaces réfléchissantes de l'appareil d'une matière anti-reflet, ou en choisissant convenablement la distance entre l'appareil et la source.

A.1.8 La source de lumière doit fonctionner à une température de couleur équivalente spécifiée, en accord avec la valeur choisie de la constante d'étalonnage K' de l'appareil.

A.1.9 Quand un mesurage entraîne le réglage d'une commande, ce réglage doit être réalisé dans chaque sens, et l'erreur maximale doit être considérée comme le critère d'aptitude.

A.1.10 Les erreurs de lumination doivent être mesurées dans tout l'intervalle de réglage. Les autres erreurs doivent aussi être mesurées dans cet intervalle, à moins que l'on puisse montrer qu'elles ne peuvent varier dans cet intervalle.

A.1.11 Si l'appareil est muni d'une cellule photo-résistante, on doit prendre soin que la lumination mesurée dans le plan focal soit aussi indépendante qu'il est possible en pratique des éclairagements précédemment subis par la cellule.

A.2 MÉTHODE DE MESURE DE L'ÉCLAIREMENT ET DE LA LUMINATION DANS LE PLAN FOCAL**A.2.1 Mesurage de l'éclairement dans le plan focal**

On peut mesurer l'éclairement dans le plan focal lorsqu'il est possible de conserver l'obturateur ouvert sans que cela influe sur la commande automatique de l'ouverture relative.

On utilise un système sensible à la lumière, connecté à un instrument de mesurage avec lequel il a été précédemment étalonné par rapport à la source de lumière utilisée, et on le place, ou dans le plan focal de l'appareil, ou en une position à partir de laquelle on peut déterminer l'éclairement du plan focal. On utilisera un masque placé dans le plan focal pour limiter la lumière qui frappe celui-ci, à l'intérieur d'une aire circulaire de rayon au plus égal au quart de la longueur focale de l'objectif. On peut utiliser un masque plus grand si on le désire. On présente l'objectif de l'appareil et le récepteur de lumière à la source lumineuse décrite dans l'annexe B.

On convertit l'éclairement du plan focal en lumen, en le multipliant par la durée d'exposition effective. Celle-ci doit être mesurée. La lumen ainsi calculée doit être comparée à la lumen de base calculée à partir de l'équation E (11), pour les valeurs de sensibilité du film et de durée d'exposition effective choisies pour l'essai. Ainsi, si l'on suppose une sensibilité de film $S = 100$ pour l'essai, la lumen requise sera $H_g = 10/100 = 0,10$ lx.s. La détermination de l'éclairement du plan focal s'applique particulièrement aux spécifications d'étalonnage des caméras cinématographiques.

Pour les appareils sur lesquels l'efficacité de l'obturateur n'est pas élevée, la variation de la durée effective d'exposition, en fonction de l'ouverture relative, peut être importante. On doit tenir compte de cet effet.

L'étalonnage du système de mesure de l'éclairement peut être fait comme décrit en A.3.1.

A.2.2 Mesurages de la lumen

Utiliser, comme en A.2.1, un système sensible à la lumière, du type photocellule à vide ou photomultiplicateur, ayant un très faible courant d'obscurité et une réponse linéaire.

L'objectif de l'appareil et le récepteur de lumière sont présentés à la source lumineuse indiquée dans l'annexe B.

Pour déterminer la lumen, on peut intégrer le courant de sortie du système photosensible par rapport au temps, par l'une des méthodes suivantes :

A.2.2.1 Méthode du condensateur

La charge d'un condensateur est égale à l'intégrale, en fonction de la durée, du courant d'entrée et est proportionnelle à la différence de potentiel aux bornes du condensateur. Si le courant est produit par un dispositif photosensible ayant une réponse linéaire, la charge est proportionnelle à l'intégrale, en fonction de la durée, de l'éclairement du dispositif photosensible; ceci est la lumen et un instrument utilisé pour mesurer la différence de potentiel aux bornes du condensateur peut être étalonné en termes de la lumen du dispositif photosensible. La méthode d'étalonnage est décrite en A.3.2.2.

Dans la méthode du condensateur, le courant de sortie du dispositif photosensible est utilisé pour charger un condensateur et un voltmètre de très haute impédance est utilisé pour mesurer la différence de potentiel aux bornes du condensateur. Cette différence de potentiel est une mesure de la lumen.

A.2.2.2 Méthode de l'oscilloscope

Une différence de potentiel, proportionnelle au courant de sortie du système photosensible, est appliquée à un oscilloscope dont la déviation verticale varie linéairement, avec un très faible écart, en fonction de la tension, et dont l'amplificateur de déviation Y a une largeur de bande suffisante pour éviter toute distorsion du signal d'entrée. On compare la lumen mesurée avec la lumen de base, calculée d'après l'équation E (11) pour les valeurs choisies de la sensibilité du film, de l'ouverture relative et de la durée d'exposition effective.

On peut effectuer l'étalonnage du système de mesure de la lumen d'après la méthode donnée en A.3.2.

A.2.2.3 Détermination de la lumen par la méthode de l'éclairement moyen du plan focal, pour une caméra cinématographique

Pour une caméra cinématographique, le quotient de l'éclairement du plan focal (E , en lux), en lumen intermittente, et de la cadence de défilement (n , en images par seconde) est égal à la lumen par image (H , en lux secondes).

$$H = \frac{E}{n}$$

On utilise un système photosensible au sélénium ou au silicium. La relation entre l'éclairement du système photosensible et son courant de sortie est mesurée en montant ce système sur un banc photométrique. On doit mesurer le temps de réponse de l'appareil en le montant derrière un disque obturateur qui donne un rapport constant entre la durée de passage de la lumière et la durée d'obturation, et en vérifiant que le courant de sortie moyen de la cellule, lorsque son éclairement est constant, est indépendant de la vitesse de rotation du disque dans l'intervalle de vitesses qui correspond aux durées d'exposition données par l'obturateur de l'appareil en essai.

Le système photosensible est ensuite monté dans le plan focal de la caméra, qui est soumis à un éclairement constant, l'obturateur étant actionné à sa cadence nominale, et on mesure le courant de sortie du système photosensible. L'éclairement correspondant à ce courant de sortie, divisé par la cadence de défilement en images/seconde donne la lumen par image.

A.3 ÉTALONNAGE DU SYSTÈME PHOTOSENSIBLE POUR LE MESURAGE DE L'ÉCLAIREMENT OU DE LA LUMINATION

Lorsqu'on dispose d'un système optique de caméra, d'ouverture relative fixe connue, et dont on a mesuré la durée d'exposition effective, du même type que celui de la caméra essayée dont on sait que la constante d'étalonnage donnée dans l'équation E (11) est exacte, on peut l'utiliser pour étalonner le système photosensible.

A.3.1 Étalonage du système de mesure de l'éclairement

L'obturateur de la caméra d'étalonnage est maintenu ouvert, et l'ouverture relative maintenue à une valeur connue, de préférence la plus élevée que permet la construction de la caméra. L'objectif de la caméra et le récepteur de lumière sont présentés à une source de luminance uniforme et cette luminance est réglée (selon A.4) à une valeur calculée d'après l'équation E (11) pour l'ouverture relative donnée et pour les valeurs choisies de la sensibilité du film et de la durée d'exposition effective, la constante K' ayant une valeur connue.

On détermine l'éclairement dans le plan focal pour chaque luminance du sujet dans l'intervalle spécifié. On prendra l'indication d'éclairement donnée par l'appareil de mesure comme base de comparaison pour évaluer les caractéristiques d'autres caméras du même type dans les mêmes conditions.

A.3.2 Étalonage du système de mesure de la lumination

A.3.2.1 Méthode A

L'objectif de la caméra et le récepteur de lumière sont présentés à la source de luminance uniforme, et cette luminance est réglée à la valeur calculée d'après l'équation E (11) pour l'ouverture relative donnée, la durée d'exposition effective mesurée et la sensibilité de film choisie, ainsi que pour la valeur donnée de la constante K' . On actionne l'obturateur et on détermine la lumination dans l'intervalle spécifié.

On utilisera l'indication de l'appareil de mesure de la lumination, comme base de comparaison pour évaluer les caractéristiques d'autres caméras du même type dans les mêmes conditions.

A.3.2.2 Méthode B

L'étalonnage permet de traduire en lumination la différence de potentiel aux bornes du condensateur pendant l'essai en A.2.2.1.

Le condensateur d'intégration est shunté ou remplacé par une résistance R . Le système photosensible est soumis à un éclairement stable et continu produisant un courant I dans la résistance R et une indication de tension V sur l'appareil de mesure de la tension, où $V = IR$. Au cours d'une durée t , un courant régulier I produirait une charge $Q = It$. Dans l'essai A.2.2.1, une tension V produirait une charge $Q = CV$ dans le condensateur.

En combinant ces trois rapports, on obtient

$$Q = CV = CIR = It \quad \text{d'où } t = RC$$

Puisque R et C peuvent être choisis en fonction des conditions d'essai, l'appareil de mesure de la tension peut être étalonné sur tout son intervalle en termes de lumination, d'éclairement du plan focal ou de la luminance du sujet pour toute valeur choisie pour les paramètres de la caméra.

La luminance constante (L) du sujet à laquelle la caméra est soumise pour obtenir cette condition est déterminée à partir de la constante d'étalonnage connue de la caméra, K' , à une ouverture, A , et pour une sensibilité de film connue, S , par l'équation :

$$L = \frac{K' A^2}{S R C} \quad \dots A (1)$$

où

R est la valeur, en ohms, de la résistance;

C est la valeur, en farads, du condensateur.

A.4 MESURAGE DE LA LUMINANCE

On réalise la source lumineuse à la température de couleur équivalente $4\,700 \pm 200$ K au moyen d'une lampe étalon et d'une combinaison filtre-diffuseur. L'appareil photographique est placé, par rapport au diffuseur, de façon à ne pas introduire d'erreurs notables par des inter-réflexions. L'aire du filtre et du diffuseur doit être suffisante pour éviter les effets parasites de