

NORME  
INTERNATIONALE

ISO  
10977

Première édition  
1993-02-01

---

---

**Photographie — Films et papiers  
photographiques couleur traités — Méthodes de  
mesure de la stabilité de l'image**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Photography — Processed photographic colour films and paper prints —  
Methods for measuring image stability*

[ISO 10977:1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed404a98-f656-4188-9398-03f257179eca/iso-10977-1993)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed404a98-f656-4188-9398-03f257179eca/iso-10977-1993>

INTERNATIONAL

ISO



Numéro de référence  
ISO 10977:1993(F)

**Sommaire**

	Page
1 Domaine d'application .....	1
1.1 Généralités .....	1
1.2 Stabilité dans l'obscurité .....	1
1.3 Stabilité à la lumière .....	1
2 Références normatives .....	2
3 Méthodes d'essai — Généralités .....	2
3.1 Exposition sensitométrique .....	2
3.2 Traitement .....	2
3.3 Densitométrie .....	2
3.4 Densités à mesurer .....	3
3.5 Correction de densité en fonction du changement de $d_{\min}$ .....	4
3.6 Symbolisation .....	4
3.7 Calcul des paramètres de stabilité d'image .....	4
4 Méthodes d'essai — Stabilité dans l'obscurité .....	6
4.1 Nombre d'échantillons .....	6
4.2 Conditions d'essai .....	6
4.3 Équipement d'essai .....	7
4.4 Calcul de la stabilité dans l'obscurité .....	7
5 Méthodes d'essai — Stabilité à la lumière .....	7
5.1 Généralités .....	7
5.2 Nombre d'échantillons .....	7
5.3 Mesurage de l'éclairement et correction des résultats .....	7
5.4 Support des échantillons pendant l'essai de stabilité à la lumière .....	8
5.5 Spécifications pour le verre à vitre normalisé .....	8

ITeH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 10977:1993

https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/cd1404a98-656-4188-9398-03f257179eca/iso-10977-1993

© ISO 1993  
 Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

5.6	Lumière du jour simulée intérieure, indirecte, à travers une vitre .....	8
5.7	Éclairage intérieur fluorescent avec filtre en verre .....	9
5.8	Éclairage intérieur par lampe à filament de tungstène .....	10
5.9	Lumière solaire simulée, extérieur (arc au xénon) .....	13
5.10	Lampe tungstène-halogène intermittente pour projection de diapositives .....	14
5.11	Calcul de la stabilité à la lumière .....	15
6	Rapport d'essai .....	15
6.1	Paramètres de durée de l'image .....	15
6.2	Essais de stabilité dans l'obscurité .....	16
6.3	Essais de stabilité à la lumière .....	16

#### Annexes

A	Influence de la densité initiale sur l'atténuation des colorants et l'évolution de la balance de couleurs dans les essais de stabilité à la lumière .....	17
B	Méthode d'interpolation des expositions par coin à plages .....	19
C	Illustration des calculs d'Arrhenius de stabilité dans l'obscurité .....	20
D	«Effets du contenant» sur les essais de stabilité à la lumière avec des tirages encadrés sous verre ou sous feuille de plastique .....	24
E	Traitement des données de stabilité des images en couleur exposées à la lumière .....	26
F	Bibliographie .....	33

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 10977 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 42, *Photographie*.

Les annexes A, B, C, D, E et F de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 10977:1993  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/cd-40-42-98-f656-4188-9398-03f257179eca/iso-10977-1993>

## Introduction

La présente Norme internationale traite du mesurage de la stabilité des images photographiques en couleur. Elle est divisée en deux parties. La première traite des méthodes et des modes opératoires destinés à prévoir la stabilité à long terme des images photographiques en couleur stockées dans l'obscurité. La seconde traite des méthodes et des modes opératoires destinés à mesurer la stabilité de couleur de ces images exposées à la lumière, sous une intensité et une distribution spectrale spécifiées, à une température et une humidité relative également spécifiées.

Aujourd'hui, la majorité des photographies à ton continu est constituée de produits photographiques en couleur. La durée de conservation de telles photographies peut varier de quelques jours à plusieurs centaines d'années, l'importance de la stabilité de l'image peut être faible ou grande selon les cas.

Bien souvent, il n'est pas possible de connaître dès l'origine l'usage final d'une photographie. La connaissance de la durée de vie des photographies en couleur est importante pour beaucoup d'utilisateurs, d'autant plus que les prescriptions pour la stabilité varient souvent et dépendent de l'application qui en est faite. En ce qui concerne les musées, les archives ainsi que tous ceux qui sont chargés de prendre soin des produits photographiques en couleur, la connaissance du comportement de ces produits, dans des conditions de conservation et d'exposition variées, est essentielle pour pouvoir les conserver en bon état pendant une longue période de temps.

Les images des photographies en couleur les plus modernes sont constituées de colorants organiques cyan, magenta et jaune dispersés dans des couches de liant transparent, couchées sur un support transparent ou blanc opaque. Les images de colorants photographiques s'affaiblissent habituellement pendant leur stockage ou durant leur exposition. Généralement, elles changent aussi de balance de couleurs car les trois colorants ne s'affaiblissent pas dans le même rapport. De plus, une coloration jaunâtre (éventuellement une autre couleur) peut se former et des dégradations physiques, telles qu'une fragilisation et des craquelures du support et des couches image peuvent apparaître. Les degrés d'affaiblissement et de montée de voile coloré peuvent varier sensiblement; ils sont régis principalement par la stabilité intrinsèque du produit photographique et par les conditions dans lesquelles la photographie est stockée ou exposée. Un autre facteur important est la qualité du traitement chimique. Les compléments du traitement, tels que l'application d'un vernis, le dépôt d'une feuille en plastique et la retouche des couleurs, peuvent aussi jouer sur la stabilité des produits en couleur.

Les deux facteurs principaux qui jouent sur le comportement lors du stockage ou sur la stabilité à l'obscurité sont la température et l'humidité relative de l'air qui entoure la photographie. Une température élevée, surtout si elle est combinée à une forte humidité relative, accélère

les réactions chimiques qui peuvent conduire à la dégradation d'un ou de plusieurs colorants de l'image. D'un autre côté, une basse température et une faible humidité de stockage peuvent largement prolonger la durée de vie des images photographiques en couleur. D'autres causes potentielles de dégradation de l'image sont constituées par les polluants atmosphériques (tels que les gaz oxydants ou réducteurs), les micro-organismes et les insectes.

La stabilité des photographies en couleur exposées à l'intérieur ou à l'extérieur dépend principalement de l'intensité de l'éclairage, de la durée d'exposition à la lumière, de la distribution spectrale de l'illuminant et des conditions d'environnement ambiant. (Cependant, les réactions normalement plus lentes d'affaiblissement et de montée de voile coloré à l'obscurité continuent pendant la durée de l'exposition et contribuent à l'évolution globale de la qualité de l'image.) Le rayonnement ultraviolet est particulièrement nuisible à certains types de photographies en couleur, il peut entraîner un affaiblissement rapide et une dégradation des couches de matières plastiques, telles que le polyéthylène pigmenté des supports papier RC [plastifié (resin-coated)].

Dans la pratique, les photographies en couleur sont stockées et exposées dans des combinaisons variées de température, d'humidité relative et d'éclairage, pendant des durées différentes. Pour cette raison, il n'est pas possible de prédire avec précision la durée de vie utile d'un produit photographique précis, à moins de connaître à l'avance les conditions spécifiques de stockage et d'exposition. De plus, l'amplitude d'un changement acceptable varie d'un observateur à l'autre et dépend du sujet, du ton et de la qualité de couleur de l'image.

Après un examen approfondi de photographies en couleur d'amateurs et de professionnels ayant subi des degrés variés d'affaiblissement et/ou de voile coloré, il n'a pas été possible d'arriver à un accord sur les modifications acceptables pour différents critères de qualité d'image. C'est la raison pour laquelle la présente Norme internationale ne prescrit pas de limite finale «acceptable» d'affaiblissement et de modification de la balance de couleurs. Néanmoins, les limites acceptables de changement de densité globale d'image sont généralement le double de celles pour le changement de balance de couleurs. Pour ces raisons, la présente Norme internationale utilise différents critères pour prédire ces changements.

L'évaluation pratique de tels changements est effectuée à l'aide de bandes d'essai exposées et soigneusement traitées, selon les recommandations des fabricants, et qui comportent au moins

- a) une zone de densité minimale,  $d_{\min}$ ;
- b) une plage de densité neutre uniforme de 1,0 au-dessus de  $d_{\min}$ ;
- c) des plages de densité uniforme de colorants cyan, magenta ou jaune, dont les densités en rouge, vert ou bleu ont une valeur de 1,0 au-dessus de  $d_{\min}$ .

Pour simplifier la préparation des échantillons et la manipulation des données, une densité initiale de 1,0 au-dessus de  $d_{\min}$  est spécifiée pour chacun des essais de stabilité au noir et à la lumière, bien qu'il soit connu que les deux types d'affaiblissement présentent généralement des caractéristiques visuelles qui ne sont pas identiques [1]. Les effets de l'affaiblissement par la lumière, aussi bien visuels qu'exprimés en pourcentage de variation de densité, ont tendance à être proportionnellement beaucoup plus forts dans les zones de faible densité (par exemple de 0,1 à 0,5 au-dessus de  $d_{\min}$ ) que dans les zones de forte densité. Inversement, dans l'affaiblissement à l'obscurité, les effets visuels sont généralement plus perceptibles dans les zones de forte

densité que de faible densité. Les pertes de densité dans l'obscurité, exprimées en pourcentage, ont tendance à être plus ou moins constantes dans tout l'intervalle de densité (voir l'annexe A). L'utilisateur peut demander que l'on adopte des limites inférieures différentes pour les essais de stabilité à la lumière et dans l'obscurité pour tenir compte des différences visuelles entraînées par ces deux types d'affaiblissement de couleur.

Des essais sur image peuvent être utiles pour évaluer les modifications visuelles qui se produisent durant les essais de stabilité à la lumière et dans l'obscurité, mais ils ne figurent pas dans la présente Norme internationale car il n'existe pas de scène qui soit représentative de la grande variété de scènes que l'on rencontre réellement en photographie.

Lors du stockage dans l'obscurité à température ambiante, les films et les papiers couleur les plus modernes ont des images qui s'affaiblissent et donnent du voile coloré trop lentement pour que l'évaluation de leur stabilité en conservation dans l'obscurité soit possible simplement par une mesure de l'évolution des échantillons au cours du temps. Il faudrait attendre de trop nombreuses années pour obtenir des données significatives de stabilité. Il est cependant possible d'évaluer en un temps relativement court l'évolution probable de l'affaiblissement et du voile coloré à une température modérée ou basse au moyen d'essais de vieillissement accéléré conduits à haute température. L'influence de l'humidité relative peut aussi être évaluée en effectuant les essais à haute température à deux niveaux d'humidité ou davantage.

De la même manière, on peut obtenir des informations sur la stabilité à la lumière de photographies en couleur à partir d'essais accélérés. Cela demande un matériel d'essai particulier, équipé de sources lumineuses de haute intensité, dans laquelle les bandes d'essai peuvent être exposées des jours, des semaines, des mois, voire même des années, pour obtenir le niveau souhaité d'affaiblissement (ou de jaunissement). La température et la teneur en eau des échantillons doivent être mesurées tout au long de la durée des essais, et les types de sources lumineuses doivent être choisis pour obtenir des valeurs qui correspondent bien à celles que l'on obtient dans les conditions normales d'utilisation.

Les essais accélérés de stabilité à la lumière destinés à prédire le comportement d'images photographiques en couleur dans des conditions normales d'exposition peuvent être perturbés par un «défaut de réciprocité». Appliqués à l'affaiblissement et au voile coloré induits par la lumière, le «défaut de réciprocité» traduit la défaillance de nombreux colorants à s'affaiblir ou à donner du voile coloré d'une manière identique lorsqu'ils sont éclairés par une lumière de haute intensité ou par une lumière de faible intensité, même si l'illumination totale (intensité  $\times$  temps) est maintenue constante par un réglage approprié de la durée de l'illumination [2]. L'amplitude de l'affaiblissement du colorant et celle de formation du voile coloré peuvent être plus fortes ou plus faibles dans des conditions accélérées. Elles dépendent des réactions photochimiques impliquées lors de la dégradation du colorant, du type de dispersion de colorant, de la nature du liant et d'autres variables. Par exemple, l'alimentation en oxygène provenant de l'atmosphère environnante, qui peut diffuser dans une couche d'émulsion contenant une image, peut être limitée lors d'un essai accéléré (la gélatine sèche est une excellente barrière à l'oxygène). Ceci peut modifier le niveau d'affaiblissement du colorant par rapport à ce qui arriverait dans les conditions normales d'exposition. L'amplitude du défaut de réciprocité dépend aussi de la température et de l'humidité des échantillons. En outre, l'affaiblissement par la lumière dépend aussi de la séquence d'exposition à la lumière (continue ou intermittente) et de la répartition des cycles lumière/obscurité.

Pour toutes ces raisons, l'évolution à long terme de la densité d'une image, de sa balance de couleurs et de son voile coloré ne peuvent être estimés avec une précision raisonnable que dans des conditions comparables à celles des essais accélérés, ou lorsqu'une bonne corrélation a été établie entre les essais accélérés et les conditions réelles d'utilisation.

Les modifications de densité induites par les conditions d'essai, et mesurées pendant et après ces essais, englobent celles du support film ou papier et celles des diverses couches auxiliaires qui font partie d'un produit. Cependant, dans la plupart des produits, les modifications majeures ont lieu dans les couches de colorants de l'image.

La présente Norme internationale est basée sur la norme américaine IT9.9<sup>1)</sup>, qui est le résultat de onze ans de travaux aux États-Unis, auxquels ont activement participé le Canada, l'Allemagne, le Japon, la Suisse et le Royaume-Uni.

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

[ISO 10977:1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed404a98-f656-4188-9398-03f257179eca/iso-10977-1993)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ed404a98-f656-4188-9398-03f257179eca/iso-10977-1993>

---

1) ANSI IT9.9:1990, *Imaging Media — Stability of Color Photographic Images — Methods for Measuring*.



# Photographie — Films et papiers photographiques couleur traités — Méthodes de mesure de la stabilité de l'image

## 1 Domaine d'application

### 1.1 Généralités

La présente Norme internationale décrit l'équipement et les modes opératoires d'essai, ainsi que les méthodes analytiques permettant de prédire la stabilité à long terme d'images photographiques en couleur stockées dans l'obscurité et de mesurer la stabilité de couleur de tels produits lorsqu'ils sont soumis à l'action de certains illuminants, dans des conditions de température et d'humidité spécifiées.

En raison des problèmes exposés dans l'introduction, la présente Norme internationale ne prescrit pas de limites d'acceptation concernant la stabilité des produits couleur. Par contre, elle donne les moyens de mesurer les modifications des images qui apparaissent en cours de vieillissement des photographies en couleur, et elle indique les paramètres critiques de modification d'image qui devraient être calculés. Parmi les essais de stabilité à la lumière, elle ne spécifie pas lequel est le plus important.

Dans la présente Norme internationale, les densités sont des grandeurs sans dimension.

### 1.2 Stabilité dans l'obscurité

Les essais destinés à prédire la stabilité des images photographiques en couleur pendant leur stockage dans l'obscurité sont basés sur une adaptation de la méthode d'Arrhenius, décrite par Bard et d'autres

auteurs [3] [4] et, avec des références plus anciennes, par Steiger et d'autres auteurs [5] [6] [7]. Bien que cette méthode soit dérivée de théories chimiques bien connues et éprouvées, la validité de son application pour prédire l'évolution des images photographiques repose sur des confirmations empiriques. Bien que de nombreux produits couleur de type chromogène donnent des résultats d'affaiblissement et de voile coloré, à la fois pour le vieillissement dans l'obscurité accéléré et non accéléré qui suivent bien la loi d'Arrhenius, d'autres produits ne la suivent pas<sup>2)</sup>.

### 1.3 Stabilité à la lumière

Dans la présente Norme internationale, les méthodes d'essai de stabilité à la lumière sont basées sur le principe qu'une augmentation de l'intensité lumineuse sans modification de la répartition spectrale de l'illuminant, ni de la température ambiante et de l'humidité relative, devrait entraîner une augmentation proportionnelle des réactions photochimiques qui se produisent dans les conditions habituelles d'examen ou d'exposition, sans provoquer d'effets secondaires indésirables.

Néanmoins, par suite des «défauts de réciprocité» décrits dans l'introduction, cette hypothèse ne s'applique pas toujours. Ainsi, les méthodes d'essai accéléré de stabilité à la lumière décrites dans la présente Norme internationale sont valables dans les conditions spécifiées pour les essais accélérés, mais ne permettent pas de prédire avec certitude le comportement d'un produit pendant son exposition à long terme dans des conditions normales.

2) Par exemple, les photographies instantanées en couleur en une seule partie présentent souvent un voile coloré atypique à température élevée, l'étuvage de certains produits chromogènes à température supérieure à 80 °C et sous 60 % d'humidité relative peut entraîner la perte de solvants à point d'ébullition élevé ainsi qu'une dégradation anormale de l'image, et les colorants des images obtenues par blanchiment de colorants par l'argent sont désagrégés par la combinaison de très haute température et d'humidité relative élevée entraînant une évolution anormale de la balance de couleurs et de la saturation [8]. En général, les produits photographiques ont tendance à se dégrader fortement lorsque l'humidité relative dépasse 60 % (particulièrement aux températures élevées qui sont utilisées pour les essais accélérés). Ceci est dû aux modifications des propriétés physiques de la gélatine.

## 2 Références normatives

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

ISO 5-2:1991, *Photographie — Mesurage des densités — Partie 2: Conditions géométriques pour la densité instrumentale par transmission.*

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

ISO 5-4:1983, *Photographie — Mesurage des densités — Partie 4: Conditions géométriques pour la densité instrumentale par réflexion.*

## 3 Méthodes d'essai — Généralités

### 3.1 Exposition sensitométrique

Les produits photographiques doivent être exposés et traités selon les recommandations du fabricant pour obtenir des zones (plages) de densité uniforme d'au moins 5 mm x 5 mm. L'évolution de la densité de couleur doit être mesurée dans les zones de densité minimale ( $d_{\min}$ ) et dans les zones de densité égale à  $1,0 \pm 0,05$  au-dessus de  $d_{\min}$ . Cette évolution doit être suivie sur des zones neutres, c'est-à-dire qui ont à l'origine des densités égales en rouge, vert et bleu (au-dessus de leurs  $d_{\min}$  respectives), ainsi que sur des zones qui ont été exposées sélectivement pour former des plages de colorants cyan, magenta et jaune aussi purs que possible. Cette exposition sélective doit être effectuée avec des filtres appropriés (voir tableau 1). La densité souhaitée peut être obtenue à l'aide d'une simple exposition précise ou d'une exposition derrière un coin continu. On peut aussi, si c'est plus pratique (par exemple avec un densitomètre automatique), interpoler la densité initiale de 1,0 au-dessus de  $d_{\min}$  à partir des autres densités (l'annexe B décrit un moyen d'y parvenir).

### 3.2 Traitement

Après exposition sensitométrique, les échantillons doivent être traités d'une manière particulièrement suivie. Les produits chimiques et les conditions de traitement peuvent avoir des effets significatifs sur la stabilité d'un produit photographique en couleur conservé dans l'obscurité ou à la lumière. Par

exemple, un tirage sur papier négatif couleur de type chromogène, traité dans un système «sans lavage» ou «sans évacuation» avec un passage dans un stabilisateur au lieu d'un lavage à l'eau, risque de présenter des caractéristiques de stabilité différentes de celles du même papier couleur traité en chimie «conventionnelle» avec un lavage final à l'eau. C'est la raison pour laquelle le traitement ainsi que le mode opératoire utilisés doivent être mentionnés avec le nom du produit en couleur dans toute référence aux résultats d'essai; les résultats concernant la stabilité d'un produit couleur traité dans un certain traitement ne doivent pas être appliqués à ce produit couleur traité dans un autre traitement, ou selon un autre mode opératoire.

De la même manière, les résultats qui sont obtenus à partir des échantillons soumis aux essais ne doivent pas être appliqués aux produits couleur qui ont reçu un traitement complémentaire (par exemple une application de vernis, un dépôt de feuille plastique, une retouche des couleurs) différant des traitements subis par les échantillons.

Tableau 1 — Filtres recommandés pour l'exposition des échantillons

Type de produit <sup>1)</sup>	Filtres destinés à produire <sup>2)</sup>		
	du colorant cyan	du colorant magenta	du colorant jaune
Inversible et positif direct	rouge 44	moins vert 32	moins bleu 12
Produit négatif	rouge 29	vert 99	bleu 47 B

1) Si les produits à essayer ont des caractéristiques de sensibilité spectrale non usuelles, consulter le fabricant pour plus d'informations.  
2) Les chiffres de ce tableau concernent les filtres Kodak Wratten, décrits dans *Kodak Filters for Scientific and Technical Uses*, Kodak Publication n° B-3, Eastman Kodak Company, Rochester, NY (1985).

### 3.3 Densitométrie

La densité d'image doit être mesurée dans les conditions spectrales spécifiées pour le «status A» (pour les films transparents et les tirages par réflexion) et pour le «status M» (pour les négatifs), comme spécifié dans l'ISO 5-3.

La densité ISO par transmission,  $D_T$  ( $90^\circ$  opale;  $S_H \leq 10^\circ$ ;  $s$ ), doit être mesurée avec un appareil conforme aux conditions géométriques spécifiées dans l'ISO 5-2.

La densité ISO par réflexion,  $D_R$  ( $40^\circ$  à  $50^\circ$ ;  $S: 5^\circ$ ;  $s$ ), doit être mesurée comme spécifié dans l'ISO 5-4.

L'un des problèmes posés par la densitométrie est l'instabilité de l'appareil de mesure, particulièrement pendant le déroulement des essais à long terme. Certains composants des densitomètres peuvent varier significativement dans le temps, mais aussi d'un appareil ou d'un lot à l'autre; ce sont les filtres optiques, les détecteurs de lumière et les lampes. Dans beaucoup de densitomètres modernes, les filtres, par exemple, se dégradent au cours du temps et nécessitent d'être remplacés quelquefois tous les deux ans. Mais fréquemment, les filtres de remplacement du même type ne correspondent pas exactement aux filtres d'origine en ce qui concerne leurs caractéristiques de transmission. Une telle modification entraîne des variations non uniformes des densités mesurées sur des colorants qui présentent des différences d'absorption spectrale.

Un moyen de régler ces problèmes liés au densitomètre consiste à garder un prélèvement de référence de chaque produit à l'essai, enfermé dans une boîte étanche à l'humidité, à une température de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou inférieure. Ces prélèvements peuvent être utilisés pour contrôler périodiquement les performances du système et en tirer des facteurs de correction pour les différents produits comme il est

prescrit (les étalons qui sont fournis avec un densitomètre ne conviennent pas à cette utilisation).

### 3.4 Densités à mesurer

Avant et après chaque période d'essai (voir figure 1), les densités suivantes doivent être mesurées sur les prélèvements qui ont été préparés comme indiqué en 3.1:

- $d_{\min}(\text{R})_t$ ,  $d_{\min}(\text{V})_t$ ,  $d_{\min}(\text{B})_t$ , respectivement densités minimales en rouge, vert et bleu des prélèvements qui ont subi des essais pendant un temps  $t$ ;
- $d_N(\text{R})_t$ ,  $d_N(\text{V})_t$ ,  $d_N(\text{B})_t$ , respectivement densités en rouge, vert et bleu des plages neutres, ayant à l'origine des densités de 1,0 au-dessus de  $d_{\min}$ , et qui ont été soumises aux essais pendant un temps  $t$ ;
- $d_C(\text{R})_t$ ,  $d_M(\text{V})_t$ ,  $d_J(\text{B})_t$ , respectivement densités en rouge, vert et bleu des plages colorées cyan, magenta et jaune, ayant à l'origine des densités de 1,0 au-dessus de  $d_{\min}$ , et qui ont été soumises aux essais pendant un temps  $t$ .

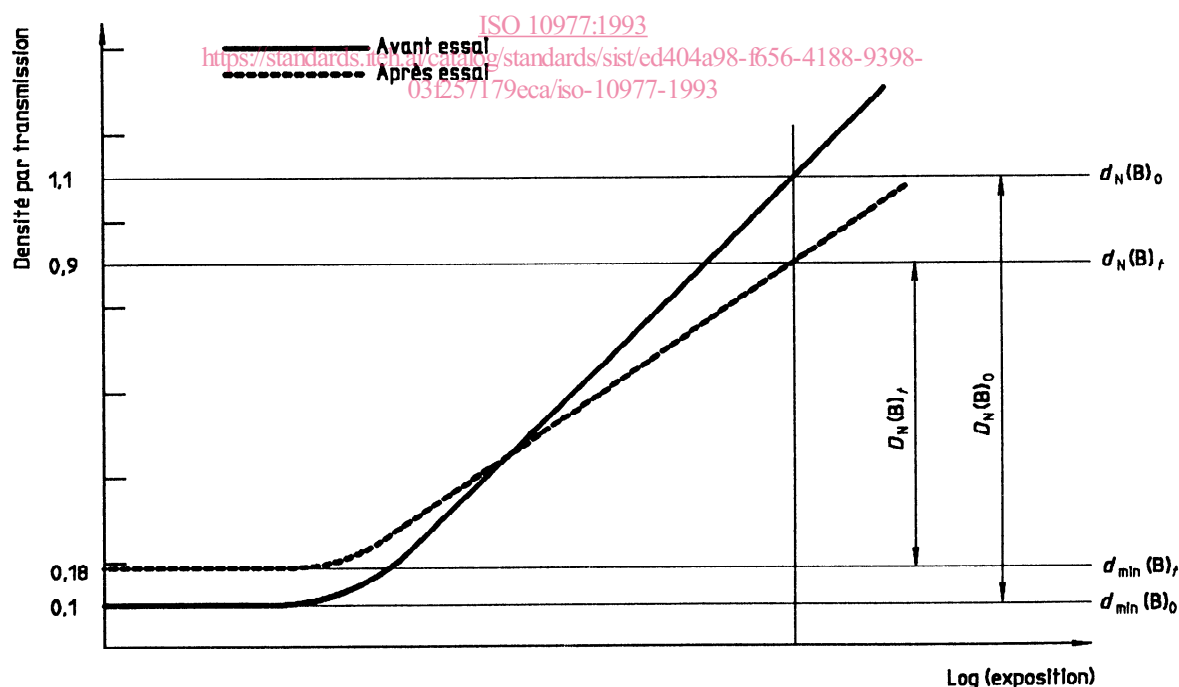


Figure 1 — Densité en bleu par transmission d'une plaque neutre de diapositive couleur

**3.5 Correction de densité en fonction du changement de  $d_{min}$**

Pour de nombreux types de photographies en couleur, les zones de densité minimales changent avec le temps durant le stockage dans l'obscurité et, généralement à un moindre degré, changent également lors d'une exposition prolongée à la lumière, lorsqu'elles sont exposées ou projetées. Ces changements prennent le plus communément la forme d'augmentation de densité (voile coloré), généralement de couleur jaunâtre. Cependant, dans certaines conditions, certains produits peuvent présenter une perte de densité minimale (les négatifs couleur conservés dans l'obscurité, par exemple).

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les variations positives ou négatives de  $d_{min}$ , mesurées sur les plages de densité minimale, sont supposées avoir été identiques à tous les niveaux de densité. En conséquence, pour déterminer avec précision l'affaiblissement du colorant qui est apparu pendant les essais ou pendant le stockage et l'exposition, il faut prendre en compte la valeur de la variation de  $d_{min}$ .

Des méthodes différentes de correction de  $d_{min}$  sont spécifiées, selon qu'il s'agit de produits qui fonctionnent par transmission ou par réflexion. Les valeurs de  $d_{min}$  obtenues par réflexion sont perturbées par les réflexions internes, ce n'est pas le cas par transmission [9] [10]. Plus précisément, dans un produit par réflexion, les réflexions multiples qui se produisent dans les couches image et les couches auxiliaires entraînent une augmentation de la valeur mesurée du voile coloré, tout en ayant une influence beaucoup plus faible sur les densités comprises entre 0,7 et 1,0 au-dessus de  $d_{min}$ . Le groupe de travail a déterminé empiriquement que la moitié de la valeur du changement de  $d_{min}$  d'un produit par réflexion est une bonne approximation de la contribution réelle de cette  $d_{min}$ , aux densités de colorant comprises entre 0,7 et 1,0 au-dessus de  $d_{min}$ . Ces informations sont résumées dans le tableau 2.

**Tableau 2 — Correction de densité en fonction du changement de  $d_{min}$**

Type de produit	Correction
Transmission	$d_{min}$
Réflexion	$0,5d_{min}$
NOTES	
1 La correction s'applique à des essais de stabilité à l'obscurité et à la lumière, pour des densités initiales de 1,0 au-dessus de $d_{min}$ .	
2 Aucune correction de $d_{min}$ n'est faite pour calculer l'évolution de balance de couleurs des plages neutres.	

Deux exemples sont décrits en 3.7.1.1 et 3.7.1.2 (illustrés par les figures 1 et 2) pour aider à clarifier les procédures de correction de  $d_{min}$ .

**3.6 Symbolisation**

Pour les besoins des calculs suivants,  $d$  représente la densité mesurée et  $D$  la densité corrigée de  $d_{min}$ .

**3.7 Calcul des paramètres de stabilité d'image**

Les paramètres suivants sont calculés à partir des densités mesurées (voir figures 1 et 2).

**3.7.1 Densités corrigées de  $d_{min}$**

**3.7.1.1 Densités par transmission**

a)  $D_N(R)_t = d_N(R)_t - d_{min}(R)_t$

b)  $D_N(V)_t = d_N(V)_t - d_{min}(V)_t$

c)  $D_N(B)_t = d_N(B)_t - d_{min}(B)_t$

d)  $D_C(R)_t = d_C(R)_t - d_{min}(R)_t$

e)  $D_M(V)_t = d_M(V)_t - d_{min}(V)_t$

f)  $D_J(B)_t = d_J(B)_t - d_{min}(B)_t$

**EXEMPLE**

Voir figure 1.

Un film pour diapositive en couleur soumis à des essais de stabilité dans l'obscurité avait une plage neutre dont la densité initiale en bleu,  $D_N(B)_0$ , était 1,0, calculée comme suit:

$$d_N(B)_0 = 1,1$$

$$d_{min}(B)_0 = 0,1$$

donc

$$D_N(B)_0 = d_N(B)_0 - d_{min}(B)_0 = 1,1 - 0,1 = 1,0$$

Après étuvage pendant le temps  $t$ , la densité en bleu,  $D_N(B)_t$ , était 0,72 car la valeur de la densité mesurée a changé de la manière suivante:

$$d_N(B)_t = 0,90$$

$$d_{min}(B)_t = 0,18$$

donc

$$D_N(B)_t = d_N(B)_t - d_{min}(B)_t = 0,90 - 0,18 = 0,72$$

Donc, la densité en bleu de la plage neutre a baissé de 0,28 alors que celle de la plage de densité minimale a augmenté de 0,08 (à cause de la formation de voile coloré jaunâtre). Si la  $d_{min}$  avait moins aug-

menté, ou même avait diminué (comme cela se produit pour les films négatifs couleur, par exemple), la valeur de  $d_N(B)_t$  aurait été modifiée d'une quantité différente et proportionnelle.

Cependant, en soustrayant  $d_{\min}$  de la densité de la plage neutre, à la fois avant et après étuvage, on détermine l'évolution réelle de la densité de la plage neutre. Des procédures analogues sont utilisées pour corriger les plages cyan, magenta et jaune en fonction de l'évolution de  $d_{\min}$ .

### 3.7.1.2 Densités par réflexion<sup>3)</sup>

$$a) D_N(R)_t = d_N(R)_t - d_{\min}(R)_t + 0,5[d_{\min}(R)_t - d_{\min}(R)_0]$$

$$b) D_N(V)_t = d_N(V)_t - d_{\min}(V)_t + 0,5[d_{\min}(V)_t - d_{\min}(V)_0]$$

$$c) D_N(B)_t = d_N(B)_t - d_{\min}(B)_t + 0,5[d_{\min}(B)_t - d_{\min}(B)_0]$$

$$d) D_C(R)_t = d_C(R)_t - d_{\min}(R)_t + 0,5[d_{\min}(R)_t - d_{\min}(R)_0]$$

$$e) D_M(V)_t = d_M(V)_t - d_{\min}(V)_t + 0,5[d_{\min}(V)_t - d_{\min}(V)_0]$$

$$f) D_J(B)_t = d_J(B)_t - d_{\min}(B)_t + 0,5[d_{\min}(B)_t - d_{\min}(B)_0]$$

#### EXEMPLE

Voir figure 2.

Un produit de tirage en couleur par réflexion soumis à un essai de stabilité à l'obscurité avait une plage de densité neutre dont la densité initiale en bleu,  $D_N(B)_0$ , était 1,0, calculée comme suit:

$$d_N(B)_0 = 1,1$$

$$d_{\min}(B)_0 = 0,1$$

donc

$$D_N(B)_0 = d_N(B)_0 - d_{\min}(B)_0 = 1,1 - 0,1 = 1,0$$

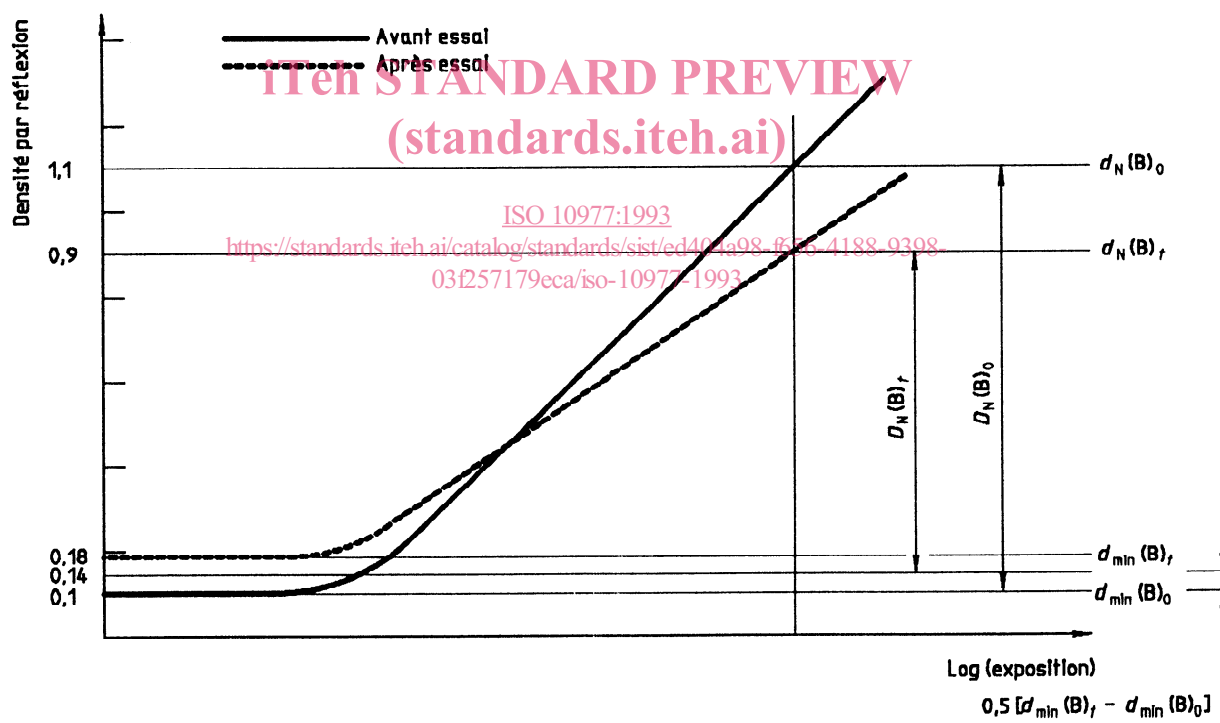


Figure 2 — Densité en bleu par réflexion d'une plage neutre d'un produit couleur par réflexion

3) La correction de  $d_{\min}$  pour les densités par réflexion est identique à celle des densités par transmission, sauf qu'elle inclut une correction égale à la moitié de l'augmentation de  $d_{\min}$ .