
**Essais non destructifs — Film pour
radiographie industrielle —**

Partie 1:

**Classification des systèmes films pour
radiographie industrielle**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Non-destructive testing — Industrial radiographic film —
Part 1: Classification of film systems for industrial radiography*
(standards.iteh.ai)

[ISO 11699-1:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-f847946a28a8/iso-11699-1-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-f847946a28a8/iso-11699-1-2008>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11699-1:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-f847946a28a8/iso-11699-1-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-f847946a28a8/iso-11699-1-2008>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2008

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 11699-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, sous-comité SC 5, *Moyens utilisant les rayonnements*. (standards.iteh.ai)

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 11699-1:1998), qui a fait l'objet d'une révision technique.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-f47946a28a8f/iso-11699-1-2008>

L'ISO 11699 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Essais non destructifs — Film pour radiographie industrielle*:

- *Partie 1: Classification des systèmes films pour radiographie industrielle*
- *Partie 2: Contrôle du traitement des films au moyen de valeurs de référence*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11699-1:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-f847946a28a8/iso-11699-1-2008>

Essais non destructifs — Film pour radiographie industrielle —

Partie 1:

Classification des systèmes films pour radiographie industrielle

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11699 a pour but de fixer les performances des systèmes films.

La présente partie de l'ISO 11699 est applicable à la classification des systèmes films qui sont associés à des écrans en plomb spécifiés pour la radiographie industrielle (essais non destructifs). Elle vise à garantir une qualité d'image des radiogrammes conforme, pour autant qu'elle dépende du système film, aux exigences des Normes internationales telles que l'ISO 5579, l'ISO 17636 et l'EN 12681.

La présente partie de l'ISO 11699 ne s'applique pas à la classification des films employés avec des écrans renforceurs fluorescents. Afin de simplifier le mode opératoire, le mesurage des systèmes films se limite à une qualité de rayonnement choisie. Les propriétés des films varient en fonction de l'énergie du rayonnement, mais pas le classement de qualité du système film.

Des méthodes complémentaires d'évaluation du processus photographique sont décrites dans l'ISO 11699-2. Celles-ci permettent de contrôler les performances des systèmes films dans les conditions d'une application industrielle.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-f847946a28a8/iso-11699-1-2008>

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 11699-2, *Essais non destructifs — Films utilisés en radiographie industrielle — Partie 2: Contrôle du traitement des films au moyen de valeurs de référence*

ISO/CEI 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

système film

combinaison du film et de son traitement réalisé conformément aux instructions du fabricant de film et/ou du fabricant des produits chimiques de traitement

3.2

gradient du film

G

pente de la courbe caractéristique d'un film à une densité optique, D , spécifiée

**3.3
granularité**

σ_D

variations de densité stochastiques du radiogramme qui sont superposées à l'image de l'objet

NOTE Les valeurs limites données dans la présente partie de l'ISO 11699 sont liées à des énergies de rayonnement fixes et à des écrans spécifiés.

**3.4
courbe caractéristique**

courbe montrant la relation entre le logarithme décimal d'exposition, $\log K$, et la densité optique, D

**3.5
densité spéculaire**

mesure quantitative du noircissement du film (densité optique), lorsque la lumière qui traverse l'optique d'un microdensitomètre impressionne le film

**3.6
densité diffuse**

mesure quantitative du noircissement du film (densité optique) déterminée par un densitomètre

NOTE C'est la somme de l'ensemble de la lumière transmise et de la lumière diffuse arrivant dans la demi-sphère derrière le film.

**3.7
rapport signal/bruit**

(radiographie industrielle) rapport de la densité d'un film local à la granularité, σ_D , à ce niveau de densité

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

NOTE Il est corrélé au rapport gradient/bruit.

**3.8
sensibilité ISO**

S

valeur inverse de la dose, K_s , exprimée en grays, qui produit une densité spécifiée de transmission optique diffusée, $D - D_0 = 2$, du film développé, où D_0 est la densité du voile et du support

ISO 11699-1:2008
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-f847946a28a8/iso-11699-1-2008>

$$S = \frac{1}{K_s} \tag{1}$$

**3.9
classe de système film**

classification qui prend en compte les valeurs limites indiquées dans le Tableau 1

**3.10
rapport gradient/bruit**

G/σ_D

rapport du gradient, G , à la granularité, σ_D

NOTE Il se rapporte directement au rapport signal/bruit. Tous les autres paramètres déterminant le signal, telles que la fonction de transfert de modulation ou l'énergie du rayonnement, sont considérés comme constants.

4 Échantillonnage et conservation

Lorsqu'on spécifie un produit, il est important que les échantillons mesurés donnent les résultats moyens obtenus par les utilisateurs. Cela nécessite l'évaluation périodique de plusieurs lots différents dans les conditions spécifiées dans la présente partie de l'ISO 11699. Avant leur évaluation, les échantillons doivent être conservés selon les recommandations du fabricant pendant une durée qui simule l'âge moyen auquel le produit est généralement utilisé. L'objectif de base du choix et de la conservation des échantillons, comme décrits ci-dessus, est de s'assurer que les caractéristiques du film sont représentatives de celles obtenues par l'utilisateur au moment de l'emploi.

5 Méthode d'essai

5.1 Préparation

Les échantillons de film à contrôler doivent être exposés à des rayons X produits par des tubes à anode en tungstène. La filtration propre au tube plus un filtre de cuivre additionnel placé aussi près que possible de l'anode doivent constituer une filtration équivalente à $(8,00 \pm 0,05)$ mm de cuivre. Le potentiel qui traverse le tube radiogène doit être ajusté jusqu'à obtenir la valeur de demi-absorption avec $(3,5 \pm 0,2)$ mm de cuivre. Ce résultat est généralement atteint avec un potentiel d'environ 220 kV.

Le système film doit comprendre un écran antérieur et un écran postérieur de 0,02 mm à 0,04 mm de plomb. En cas d'utilisation de films monocouches, ceux-ci doivent être exposés avec la face émulsion tournée vers le tube radiogène. Un bon contact doit être assuré entre le film et l'écran.

L'échantillon de film ne doit pas présenter de variations de densité dues au matériel d'exposition (par exemple filtres de faisceau non uniformes ou des écrans de plomb endommagés ou défectueux) ou au système de traitement. Pendant et après l'exposition, préalablement au traitement, l'échantillon de film doit être maintenu à une température de (23 ± 5) °C et à une humidité relative de (50 ± 20) %. Les produits chimiques de traitement du film et les modes opératoires doivent être les mêmes que ceux qui sont utilisés pour la détermination du gradient et de la granularité, et ils doivent être utilisés et décrits conformément aux spécifications.

Pour essayer le système révélateur spécifié avec la durée d'immersion et la température du révélateur spécifiées, des films tests certifiés par le fabricant conformément à l'ISO 11699-2 doivent être utilisés. L'indice de sensibilité, S_x , doit correspondre à ± 5 % près à la valeur indiquée sur le certificat du fabricant. La température du révélateur peut différer de ± 1 °C de la valeur certifiée pour ajuster S_x à ± 5 % près de la valeur indiquée sur le certificat fourni par le fabricant. L'indice de sensibilité, S_x , obtenu et la température du révélateur utilisée doivent être consignés dans le rapport d'essai. Cet essai doit être réalisé tous les jours avant et après le développement des films exposés pour classification, en utilisant la même température du révélateur et la même durée d'immersion.

En cas de non-disponibilité d'un certificat du fabricant, des films tests doivent être fabriqués et étalonnés conformément à l'ISO 11699-2 par l'utilisateur.

5.2 Mesurage du gradient, G

Le gradient, G , est rapporté à une courbe D fonction de $\log_{10}K$. Dans le cadre de la présente partie de l'ISO 11699, G est calculé à partir de la pente dD/dK d'une courbe D fonction de K à la densité $(D - D_0)$, soit

$$G = \frac{dD}{d \log_{10} K} = \frac{K}{\log_{10} e} \cdot \frac{dD}{dK} \quad (2)$$

où

K est la dose mesurée, en grays, requise pour la densité $(D - D_0)$;

D_0 est la densité optique mesurée d'un film non exposé et traité, incluant le support (densité support plus voile).

La courbe D fonction de K est assimilée à un polynôme du troisième ordre. Pour obtenir une courbe de forme régulière et sûre, une série d'expositions est effectuée avec le même échantillon de film pour fournir au moins 12 points de mesure uniformément répartis entre les densités 1,0 et 4,5 au-dessus de D_0 . L'approximation polynomiale doit inclure toutes les valeurs mesurées entre 1,0 et 4,5. Pour l'approximation numérique (procédure d'ajustement), aucune valeur zéro ne doit être incluse. Au moins six mesurages du gradient doivent être effectués sur différents échantillons de film afin de déterminer la valeur moyenne du gradient G . Le densitomètre utilisé doit être étalonné régulièrement jusqu'à une densité diffuse de $D \geq 4,8$. Pour l'étalonnage, une cale à gradins certifiée doit être utilisée. Elle doit être réalisée à partir de film radiographique double face de classe C3 ou supérieure (C1 ou C2).

NOTE Pour les mesurages à $D > 4$, il se peut que les densitomètres aient une précision limitée et qu'une correction d'étalonnage soit nécessaire pour l'étendue complète. De faibles écarts des valeurs de la densité à $D > 4$ influent de façon significative sur la précision de G à $(D - D_0 = 4)$, par suite des propriétés de la procédure d'approximation polynomiale.

Les valeurs moyennes du gradient doivent être déterminées avec une incertitude maximale de $\pm 5 \%$ pour le gradient à $D = 2$ au-dessus du voile et du support (G_2) pour un niveau de confiance de 95 % et de $\pm 7 \%$ pour le gradient à $D = 4$ au-dessus du voile et du support (G_4) pour un niveau de confiance de 95 %.

Les laboratoires de mesure chargés de certifier les systèmes films doivent participer régulièrement à un essai de compétence. Un nouveau film, exposé conformément aux critères de la présente partie de l'ISO 11699, doit être utilisé dans tous les laboratoires participants et pour chaque essai périodique.

5.3 Mesurage de la granularité, σ_D

La granularité est obtenue par balayage linéaire ou circulaire d'un film de densité optique diffuse constante avec un microdensitomètre. Les deux couches émulsion doivent être enregistrées, ce qui signifie que la profondeur de champ du microdensitomètre doit inclure les deux couches.

La valeur de la granularité doit être déterminée en fonction de la densité diffuse.

Si la densité optique est mesurée sous forme de densité spéculaire, elle doit être convertie en densité diffuse à l'aide du tracé de la courbe de densité diffuse rapportée à la densité spéculaire à la valeur moyenne de la densité de l'échantillon de film servant au mesurage de la granularité. La densité diffuse de chaque gradin doit être mesurée à l'aide d'un densitomètre étalonné.

Cette courbe doit être déterminée à l'aide d'un film présentant une série de densités en gradins, préparé en utilisant le même type de film, la même exposition et les mêmes techniques de traitement que pour l'échantillon de film servant au mesurage de la granularité. L'échantillon de film doit être balayé en utilisant des réglages identiques du microdensitomètre. Pour un réglage de gain donné du microdensitomètre, il est généralement possible de mesurer une plage limitée de densités. La série en gradins de densités doit se situer à l'intérieur de cette plage.

L'étalonnage doit être effectué à partir de la courbe de la densité diffuse en fonction de la densité spéculaire avec au moins cinq valeurs situées entre la densité diffuse 1,5 et 2,8 (y compris le voile et le support). La conversion peut s'opérer sur la base d'une analyse de régression linéaire de la courbe log (densité diffuse) en fonction du log (densité spéculaire). Les coefficients déterminés doivent être utilisés pour convertir la densité spéculaire en densité diffuse.

La conversion doit s'opérer avant la détermination numérique de l'écart-type, σ_D , qui est une mesure de la granularité. σ_D se calcule à l'aide de l'équation:

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2} \tag{3}$$

La densité optique diffuse du film mesuré doit être $\bar{D} = 2,00 \pm 0,05$ au-dessus du support plus voile. La valeur σ_D déterminée doit être corrigée en fonction de la densité moyenne diffuse, \bar{D} , au-dessus du support plus voile de ce film. La valeur σ_D corrigée se calcule à l'aide de l'équation:

$$\sigma_{D,\text{corr}} = \sigma_D \cdot \sqrt{(2/\bar{D})} \quad (4)$$

En variante, trois échantillons ou plus du film présentant des densités différentes, comprises dans la plage 1,80 à 2,20, peuvent être mesurés, et la valeur de la granularité à une densité diffuse de 2,00, au-dessus du support plus voile doit être obtenue à partir d'une analyse de régression linéaire de la courbe de la granularité en fonction de la racine carrée de la densité diffuse, au-dessus du voile et du support.

La longueur du balayage du film radiographique doit être de 116 mm au moins. Le diamètre d'ouverture du microdensitomètre doit être de $(100 \pm 5) \mu\text{m}$. Une ouverture carrée de $88,6 \mu\text{m}$ de côté a une superficie similaire à celle d'une ouverture circulaire de $100 \mu\text{m}$ de diamètre. La granularité mesurée est équivalente à celle obtenue pour une ouverture circulaire de $100 \mu\text{m}$ de diamètre.

La valeur $\sigma_{D,\text{corr}}$ déterminée doit être corrigée en fonction du diamètre réel (mesuré) d_A (en micromètres) de l'ouverture d'une ouverture circulaire. La valeur σ_D corrigée se calcule à l'aide de l'équation:

$$\sigma_{D,\text{corr,a}} = \sigma_{D,\text{corr}} \cdot \frac{d_A}{100} \quad (5)$$

Si un microdensitomètre avec une ouverture carrée est utilisée, la valeur σ_D corrigée se calcule à l'aide de l'équation:

$$\sigma_{D,\text{corr,b}} = \sigma_{D,\text{corr}} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot A_A}{\pi \cdot 10\,000}} \quad (6)$$

où A_A est la superficie de l'ouverture en micromètres au carré.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1c381372-8f48-4afb-8b1c-847946a38a8/iso-11699-1-2008>

La trajectoire du balayage du microdensitomètre peut être linéaire ou circulaire. Si elle est circulaire, le rayon de la trajectoire ne doit pas être inférieur à 16 mm. Dans tous les cas, la longueur totale du balayage ne doit pas être inférieure à 116 mm.

Pour atténuer le bruit des basses fréquences, les données, mesurées à l'aide du microdensitomètre, doivent être filtrées, après conversion en densité diffuse, avec un filtre passe-haut dont la fréquence de coupure dans l'espace est de 0,1 paire de raies par millimètre (3 dB). Cette opération doit s'effectuer en soustrayant les valeurs de balayage moins les valeurs de balayage mesurées et lissées. Le lissage doit être effectué par convolution avec une fonction de fenêtre rectangulaire ayant une largeur de 6,0 mm (61 valeurs avec une distance de 0,1 mm). Dans ce cas, la largeur du palier de balayage doit être de $100 \mu\text{m}$. Les 30 premières et dernières valeurs mesurées du balayage ne doivent pas être utilisées après filtrage pour le calcul ultérieur de σ_D . Le filtre est fondé sur l'équation suivante:

$$D_{i,\text{filter}} = D_{i,\text{meas}} - \frac{1}{61} \sum_{j=-30}^{30} D_{i+j,\text{meas}} \quad (7)$$

En raison du risque d'erreurs dans les données mesurées pendant le balayage, dues à des artefacts dans le film tels que la poussière et autres sources de distorsion, le balayage filtré doit être divisé en n groupes de longueur 1,9 mm (20 valeurs avec une distance de 0,1 mm) et une distance de 0,1 mm entre groupes. σ_D doit être déterminé pour chaque groupe, et au moins 55 groupes doivent être utilisés. Les valeurs calculées de σ_D sont réarrangées en fonction de leur importance et la valeur centrale (la 28^{ième} valeur dans le cas de 55 groupes) est la médiane de l'ensemble des groupes. La valeur médiane, $\sigma_{D,\text{med}}$, doit être multipliée par 1,017 9 pour obtenir l'estimation moyenne exempte d'erreurs systématiques, σ_D .