

---

---

**Essais non destructifs — Qualification  
des systèmes de numérisation des films  
radiographiques —**

Partie 1:

**Définitions, mesures quantitatives des  
paramètres de qualité d'image, film de  
référence normalisé et contrôle qualitatif**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Non-destructive testing — Qualification of radiographic film digitisation  
systems*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21->

*Part 1: Definitions, quantitative measurements of image quality  
parameters, standard reference film and qualitative control*



**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 14096-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005>

© ISO 2005

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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://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 14096-1 a été élaborée par le Comité européen de normalisation (CEN) (en tant que EN 14096-1:2003) et a été adoptée, selon une procédure spéciale par «voie express», par le comité technique ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, sous-comité SC 5, *Moyens utilisant les rayonnements*, parallèlement à son approbation par les comités membres de l'ISO.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e52-4e97-8a21-1a1f1b056400/iso-14096-1-2005>

L'ISO 14096 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Essais non destructifs — Qualification des systèmes de numérisation des films radiographiques*:

- *Partie 1: Définitions, mesures quantitatives des paramètres de qualité d'image, film de référence normalisé et contrôle qualitatif*
- *Partie 2: Exigences minimales*

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	3
Introduction.....	4
1 <b>Domaine d'application</b> .....	5
2 <b>Références normatives</b> .....	5
3 <b>Termes et définitions</b> .....	5
4 <b>Modes opératoires d'évaluation</b> .....	8
5 <b>Film de référence normalisé</b> .....	12
6 <b>Contrôle qualitatif et stabilité à long terme du système de numérisation</b> .....	14

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

[ISO 14096-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005>

## Avant-propos

Le présent document (EN 14096-1:2003) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 138 "Essais non destructifs", dont le secrétariat est tenu par AFNOR.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en octobre 2003, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en octobre 2003.

L'EN 14096 consiste en une série de Normes européennes relatives aux systèmes de numérisation des films radiographiques et se compose des parties suivantes :

- EN 14096-1, *Essais non destructifs – Qualification des systèmes de numérisation des films radiographiques – Partie 1: Définitions, mesures quantitatives des paramètres de qualité de l'image, film de référence normalisé et contrôle qualitatif.*
- EN 14096-2, *Essais non destructifs – Qualification des systèmes de numérisation des films radiographiques – Partie 2 : Exigences minimales.*

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Suède et Suisse.

[ISO 14096-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005>

## Introduction

Les systèmes de films radiographiques sont utilisés dans le cadre des examens industriels au moyen de rayons X et gamma. Pour pouvoir être appliquées aux procédés modernes d'analyse, de transmission et de stockage d'informations sur support informatique, les informations contenues dans un film radiographique doivent être converties en données numériques (numérisation). La présente Norme européenne définit les exigences minimales permettant d'assurer la préservation des informations pertinentes pour l'évaluation des données numériques lors du processus de numérisation du film.

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

[ISO 14096-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005>

## 1 Domaine d'application

La présente Norme européenne spécifie les procédures d'évaluation des paramètres de performance de base du processus de numérisation des films radiographiques tels que la résolution et la linéarité spatiales, la plage de densité, la sensibilité au contraste de densité et la courbe de transfert caractéristique. Ils peuvent être intégrés au logiciel du système ainsi qu'au film de référence normalisé (décrit en 5) utilisé pour le contrôle qualité du processus de numérisation. Ce film de référence comporte une série de cibles de contrôle pour l'évaluation de la performance. Ces cibles de contrôle permettent une évaluation du système de numérisation présentant une résolution spatiale allant jusqu'à 25  $\mu\text{m}$ , une sensibilité au contraste de densité avec jusqu'à 0,02 de densité optique, une plage de densité comprise entre 0,5 et 4,5 et un format de film d'une capacité de (350 x 430)  $\text{mm}^2$  (14 x 17 pouces). La présente norme ne s'adresse pas au traitement du signal et à l'affichage des données numérisées.

## 2 Références normatives

Cette Norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette Norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique (y compris les amendements).

EN 584-1, *Essais non destructifs – Film pour radiographie industrielle – Partie 1 : Classification des systèmes films pour radiographie industrielle.*

EN 14096-2, *Essai non destructifs – Qualification des systèmes de numérisation des films radiographiques – Partie 2 : Exigences minimales.*

[ISO 14096-1:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005>

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme européenne, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 3.1

#### système de numérisation des films radiographiques

numériseur

application séquentielle des deux fonctions ci-dessous :

- détection du facteur de transmission diffuse d'une petite unité de surface du film (pixel, élément d'image) au moyen d'un détecteur optique, ce qui donne un signal de sortie électrique (numérisation géométrique) ;
- conversion du signal électrique ci-dessus en valeur numérique (numérisation densitométrique)

### 3.2

#### ouverture de balayage

$S_A$

extension spatiale (surface) d'un film radiographique à travers laquelle le numériseur effectue le balayage d'un pixel pour la numérisation géométrique

La dimension de l'ouverture de balayage correspond :

- au plus long côté, dans le cas d'une ouverture rectangulaire ;
- au diamètre, dans le cas d'une ouverture circulaire.

L'ouverture balayage limite la résolution spatiale du numériseur.

**3.3**  
**taille de pixel**

$P$   
distance géométrique centre à centre entre des pixels adjacents situés sur une même ligne (pas horizontal) ou colonne (pas vertical) d'une image numérisée

**3.4**  
**densité optique**

$D$   
valeur logarithmique de base 10 du rapport d'intensité lumineuse diffuse à l'avant ( $I_0$ ) et à l'arrière ( $I_D$ ) du film radiographique selon l'équation (1) :

$$D = \lg \frac{I_0}{I_D} \tag{1}$$

**3.5**  
**fonction d'étalement d'une marche**

ESF  
profil résultant traversant une fonction échelon après numérisation

NOTE Cette fonction peut correspondre soit à l'intensité lumineuse soit à la densité optique.

**3.6**  
**flou du numériseur**

$U_D$   
manque de netteté des bords causé par l'ouverture de balayage, la lumière diffusée, une lumière parasite ou la bande passante électronique

Il est établi à partir de la distance géométrique entre les points situés à 10 % et à 90 % de l'ESF, elle-même déterminée à partir d'une fonction en escalier de l'intensité lumineuse.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005>

**3.7**  
**fréquence spatiale**

$f$   
décrite par une variation d'intensité sinusoïdale le long d'un axe géométrique

La période de cette fonction est mesurée en nombre de paires de lignes par millimètre (pl/mm).

**3.8**  
**valeur maximale de fréquence spatiale du numériseur**

$f_c$   
en théorie, cette valeur, exprimée en nombre de paires de lignes par millimètre, est obtenue à l'aide du théorème d'échantillonnage de Nyquist, voir équation (2) :

$$f_c = 1/(2 * P) \tag{2}$$

Dans la pratique, l'ouverture de balayage, les éléments mécaniques et électroniques du numériseur réduisent cette valeur théorique.

**3.9**  
**fonction de transfert de modulation**

FTM  
grandeur normalisée de la transformée de Fourier (FT) de la fonction d'étalement d'une marche (ESF) de la densité optique spatiale différenciée (Voir Figure 1)

Elle décrit la fonction de flou du numériseur (la transmission du contraste étant une fonction de la taille de l'objet).

NOTE Le calcul de cette fonction de transfert de modulation (FTM) est basé sur les densités optiques qui correspondent à la dose de rayons X.



### 3.10 plage de densité du numériseur

$D_R$

plage de densités optiques minimales et maximales pouvant être mesurées par le numériseur

En fonction de la conception du numériseur, il est possible de diviser cette plage de densités en plusieurs plages de fonctionnement (par exemple, en fonction de la puissance d'éclairage et/ou d'une durée d'intégration du détecteur différente(s)).

### 3.11 courbe de transfert caractéristique du numériseur

CTC

relation entre la densité optique du film et les données numérisées

### 3.12 résolution numérique [bit]

nombre de bits fournis par le convertisseur analogique/numérique du numériseur utilisé pour la numérisation densitométrique

NOTE Une résolution numérique de  $N$  bits correspond à  $2^N$  valeurs numériques.

### 3.13 pas d'échantillonnage de densité

$\Delta D_{sp}$

variation de densité optique correspondant à l'augmentation d'une unité de la valeur numérisée

NOTE Cette variation de densité dépend de la courbe de transfert caractéristique du numériseur. Le pas d'échantillonnage de densité peut être une fonction de la densité.

### 3.14 sensibilité au contraste de densité

$\Delta D_{cs}$

variation minimale de densité du film résolue par le numériseur

ISO 14096-1:2005

https://standards.iteh.ai/standards/en/14096-1-2005/d6d721a7-6e53-4c97-8a21-c1a8beba5646/iso-14096-1-2005

Elle est déterminée en grande partie par le bruit de numérisation du numériseur (bruit quantique du détecteur de lumière).

### 3.15 plage de fonctionnement du numériseur

$D_{WR}$

plage de densités optiques dans laquelle le numériseur garantit une sensibilité au contraste de densité minimale en une seule acquisition

Ce n'est que dans cette plage de fonctionnement qu'il est possible d'utiliser les données numérisées pour évaluation. En fonction de la conception du numériseur, il peut y avoir plus d'une plage de fonctionnement, pour les films plus clairs ou plus sombres par exemple.

### 3.16 acquisition unique par le numériseur

numérisation d'un film radiographique effectuée en un seul balayage

Le résultat est un ensemble de données qui est soumis à aucun autre type de traitement complémentaire. Un ensemble unique de paramètres du système de numérisation est utilisé pour cette acquisition.

### 3.17 film de référence normalisé

image photographique sur un film radiographique industriel contenant toutes les cibles de référence décrites dans le présent document

### 3.18 cibles

figures physiques sur le film de référence normalisé utilisées pour évaluer le numériseur

## 4 Modes opératoires d'évaluation

### 4.1 Evaluation de la courbe de transfert caractéristique, de la plage de densité, de la taille de pixel et de la sensibilité au contraste de densité

#### 4.1.1 Cible de gamme de densité

Pour le mesurage de la courbe de transfert caractéristique, de la plage de densité et de la sensibilité au contraste de densité du numériseur, il faut utiliser une cible de gamme de densité sur un radiogramme de référence (film de référence normalisé) permettant de satisfaire aux exigences suivantes :

- l'intervalle de densité optique couverte doit se situer entre  $D = 0,5$  et  $D = 4,5$  ;
- l'écart de densité optique entre deux degrés de densité adjacents doit être inférieur ou égal à  $\Delta D = 0,5$  ;
- la surface de chaque degré de densité doit être au moins égale à  $100 \text{ mm}^2$  ;
- le film utilisé doit être à grains fins (classe système C1 de l'EN 584-1) ayant subi une exposition lumineuse afin d'obtenir une granularité fine résultant en un bruit de film inférieur à  $\Delta D = 0,01$  (avec une taille de pixel de  $88,6 \mu\text{m}$ ).

#### 4.1.2 Courbe de transfert caractéristique (CTC)

Réaliser, avec un ensemble unique de paramètres du numériseur, une acquisition de la cible de gamme de densité sur le film de référence. Pour chaque degré de densité  $D_i$ , déterminer la valeur arithmétique moyenne  $\overline{gl_i}$  des valeurs numérisées  $gl_{j,i}$  pour une surface de  $(15 \times 15)$  pixels en utilisant l'équation (3) :

$$\overline{gl_i} = \frac{1}{225} \times \sum_{j=1}^{225} gl_{j,i} \quad (3)$$

La courbe de transfert caractéristique du numériseur est extraite de la table de  $D_i$  par rapport à  $\overline{gl_i}$ .

Les valeurs de densité manquantes entre les degrés de densité mesurés peuvent être interpolées en respectant les conditions suivantes :

- pour les systèmes linéaires (données numériques proportionnelles à l'intensité lumineuse) la courbe doit être logarithmique ;
- pour les systèmes logarithmiques (données numériques proportionnelles à la densité du film optique, fournie par des amplificateurs logarithmiques ou des tables de conversion numériques) la courbe doit être linéaire.

Les données numériques fournies par le numériseur et les valeurs de densité optique correspondantes doivent être notées dans un tableau et/ou un diagramme.

Les valeurs de densité discrètes exprimées par les données numériques doivent être nommées  $D(gl)$ .

En fonction de la conception du numériseur, la CTC peut être différente pour la cible de gamme de densité dans le sens du balayage et perpendiculaire à cette cible.

#### 4.1.3 Plage de densité ( $D_R$ )

La plage de densité du numériseur est déterminée par la courbe de transfert caractéristique. Elle correspond à la différence entre les densités optiques minimale et maximale pouvant être résolues par le numériseur. Les densités optiques minimale et maximale pour un ensemble de paramètres donnés du numériseur peuvent être obtenues à partir de la courbe de transfert caractéristique correspondante. Il peut cependant exister des paramètres de numériseur sélectionnant une CTC différente. La plage de densité est alors calculée à partir des valeurs de densité maximales et minimales de toutes les CTC possibles.

#### 4.1.4 Taille de pixel ( $P$ )

La taille de pixel est déterminée par l'évaluation des cibles de linéarité spatiale du film de référence normalisé. La taille de pixel  $P$  peut être calculée en divisant la distance connue de ces cibles par le nombre de pixels trouvés dans l'image numérisée. Ce calcul doit être effectué dans le sens des lignes et des colonnes de l'image.

#### 4.1.5 Sensibilité au contraste de densité ( $DD_{cs}$ )

L'évaluation de la sensibilité au contraste de densité  $DD_{cs}$  se base sur le calcul de l'écart-type  $\sigma_D$  des pixels adjacents d'une région de film avec une densité optique constante. Ce calcul doit être réalisé sur les valeurs numérisées de la densité de film optique étalon  $D(gI)$ . Pour des raisons pratiques, il a été défini que le nombre de pixels voisins serait de 225 dans tous les cas suivants. L'écart-type  $\sigma_D$  de la densité étalon  $D(gI_i)$  est calculé pour ces 225 valeurs pour un degré de densité donné en utilisant l'équation (4) :

$$s_D = \frac{1}{\sqrt{224}} \cdot \sqrt{\sum_{n=1}^{225} \left[ D(gI_n) - \frac{1}{225} \cdot \sum_{m=1}^{225} (D(gI_m)) \right]^2} \quad (4)$$

Le  $\sigma_D$  représente le bruit du numériseur pour la valeur de densité considérée. D'où, pour la sensibilité au contraste de densité (avec une échelle de 88,6  $\mu\text{m}$  de taille de pixel,  $P$  – taille réelle de pixel du numériseur), l'équation (5) :

$$DD_{cs} = 2s_D / (P / 88,6 \mu\text{m}) \quad (5)$$

Pour comparer la sensibilité au contraste de densité des numériseurs avec des tailles de pixel différentes, la valeur de  $\Delta D_{cs}$  est rapportée à un carré de 88,6  $\mu\text{m}$  de taille de pixel. Ceci correspond au 100  $\mu\text{m}$  du diamètre d'ouverture du microdensitomètre de l'EN 584-1 utilisé pour les mesurages de la granularité.

Il convient d'effectuer la détermination pratique de l'écart-type comme suit :

Une matrice carrée de 15 x 15 pixels voisins peut être évaluée pour chaque degré de densité de la cible de gamme de densité du film de référence normalisé. L'écart-type de la densité étalon  $D(gI_i)$  de cet ensemble de 225 valeurs peut être calculé comme ci-dessus, ce qui donne le bruit du numériseur pour cette valeur de densité. Cette méthode ne donne de résultats corrects que lorsque le bruit du film de la cible de gamme de densité est plus faible que le bruit de numérisation du numériseur.

NOTE Vérifier visuellement, par affichage des zones évaluées, qu'aucun grain de poussière ou griffure présents sur le film de référence normalisé ne viennent perturber l'évaluation.

## 4.2 Evaluation de la valeur maximale de fréquence spatiale, du flou du numériseur et de la fonction de transfert en modulation

### 4.2.1 Généralités

La résolution spatiale du numériseur est affectée par l'ouverture optique du système, par la réponse des composants électroniques et par le degré d'exactitude du système mécanique. L'ouverture optique donne généralement une réponse linéaire invariable dans l'espace dont l'effet total est le brouillage de l'image. Ce brouillage est indépendant de la densité. Certains instruments, comme les scanners à plat de type « flying spot » non-correctés, ont une résolution spatiale qui dépend de leur position sur le film.

### 4.2.2 Valeur maximale de fréquence spatiale ( $f_c$ )

A l'aide des cibles de contrôle en paires de lignes convergentes ou en paires de lignes parallèles (voir description en 5.1.1), il est possible de déterminer la fréquence spatiale maximale en paires de lignes par millimètre ( $\text{p/mm}$ ), lorsque toutes les lignes plus claires sont nettement séparées par des lignes plus sombres.

NOTE Avertissement : en raison des artefacts de numérisation (crênelage), il peut être difficile de distinguer la valeur maximale correcte surtout pour la cible de contrôle en paires de lignes parallèles. Un léger désalignement de l'élément de contrôle par rapport au sens du balayage peut modifier les moirés de manière considérable.