NORME INTERNATIONALE

ISO 16371-2

Première édition
2017-09

Essais non destructifs — Radiographie industrielle numérisée avec écrans photostimulables à mémoire —

Partie 2: Principes généraux de l'essai radiographique des matériaux métalliques au moyen de rayons X et gamma

Non-destructive testing — Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates —

Part 2: General principles for testing of metallic materials using X-rays and gamma rays

Numéro de référence
ISO 16371-2:2017(F)

© ISO 2017



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **v**

1 Domaine d'application **1**

2 Références normatives **1**

3 Termes et définitions **2**

4 Symboles et abréviations **5**

5 Qualification du personnel **6**

6 Classification des techniques de radiographie numérique et principes de compensation **6**
6.1 Classification 6
6.2 Principes de compensation CP I et CP II 7

7 Généralités **7**
7.1 Protection contre les rayonnements ionisants 7
7.2 Préparation de la surface et stade de fabrication 7
7.3 Identification des radiogrammes 8
7.4 Marquage 8
7.5 Recouvrement des écrans photostimulables 8
7.6 Types et emplacements des indicateurs de qualité d'image et valeurs d'indice de qualité d'image 8

8 Techniques recommandées pour la réalisation de radiogrammes numériques **9**
8.1 Montages d'essai 9
8.2 Choix de la tension du tube radiogène et de la source de rayonnement 10
8.2.1 Appareil à rayons X 10
8.2.2 Autres sources de rayonnement 11
8.3 Systèmes de radiographie numérique et écrans 12
8.3.1 Rapport signal/bruit normalisé minimal 12
8.3.2 Écrans et blindages métalliques 12
8.4 Valeurs maximales de flou et résolution spatiale de base pour la sélection du système de radiographie numérique 14
8.4.1 Sélection du système 14
8.4.2 Principe de compensation II 14
8.5 Alignement du faisceau 16
8.6 Réduction du rayonnement diffusé 16
8.6.1 Filtres métalliques et collimateurs 16
8.6.2 Interception du rayonnement rétrodiffusé 16
8.7 Distance source-objet 16
8.7.1 Exigences générales 16
8.7.2 Essais sur objets plans et sur objets courbes avec des IP flexibles 16
8.7.3 Essais sur objets courbes avec IP en cassettes 17
8.7.4 Exceptions pour les expositions panoramiques avec la source au centre du tube 17
8.8 Surface maximale en exposition simple 19
8.9 Effacement des écrans photostimulables 20
8.10 Traitement des données 20
8.10.1 Traitement des images 20
8.10.2 Moniteur, conditions de visualisation et stockage des radiogrammes numériques 20

9 Rapport d'essai **21**

Annexe A (normative) **Détermination de la résolution spatiale de base,** $RS_b^{détecteur}$ **22**

Annexe B (normative) **Détermination du RSB_N normalisé à partir du $RSB_{mesuré}$** **27**

© ISO 2017 – Tous droits réservés

Annexe C (normative) **Détermination de la valeur de gris minimale** **29**
Bibliographie **33**

 © ISO 2017 – Tous droits réservés

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le Comité technique ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, Sous-comité SC 5, *Contrôle par radiographie*, conformément à l'accord de coopération technique convenu entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 16371 se trouve sur le site Web de l'ISO.

La présente version française de l'ISO 16371-2:2017 correspond à la version anglaise publiée en 2017-09 et corrigée en 2018-05.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

Essais non destructifs — Radiographie industrielle numérisée avec écrans photostimulables à mémoire —

Partie 2: Principes généraux de l'essai radiographique des matériaux métalliques au moyen de rayons X et gamma

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les techniques fondamentales de radiographie numérique permettant d'obtenir des résultats satisfaisants et reproductibles de façon économique. Les techniques sont basées sur la théorie fondamentale en la matière et sur des mesurages d'essai. Le présent document spécifie les règles générales pour la radiographie industrielle numérisée par rayons X et gamma à des fins de détection de défauts, à l'aide d'écrans photostimulables à mémoire (IP). Il est basé sur les principes généraux de l'examen radiographique des matériaux métalliques au moyen de films, comme spécifié dans l'ISO 5579. Il est prévu que la disposition de base de la source de rayonnement, du détecteur et la géométrie correspondante soient appliquées conformément à l'ISO 5579 et aux normes de produits correspondantes telles que l'ISO 17636 pour les assemblages soudés et l'EN 12681 pour la fonderie.

Le présent document ne fixe pas les critères d'acceptation des imperfections. Les systèmes de radiographie numérique (CR) fournissent une image constituée de valeurs de gris qui peut être visualisée et évaluée uniquement à l'aide d'un ordinateur. Cette pratique décrit le mode opératoire recommandé pour la sélection du détecteur et les pratiques radiographiques. Le choix de l'ordinateur, des logiciels, de l'écran, de l'imprimante et des conditions de visualisation est important mais n'est pas le sujet principal du présent document.

Le mode opératoire spécifié par le présent document fournit les exigences et les pratiques minimales permettant l'exposition et l'acquisition des radiographies numériques avec une sensibilité pour la détection des imperfections équivalente à la radiographie avec films et telle que spécifiée dans l'ISO 5579. Certaines normes d'application, telles que l'EN 16407, peuvent requérir des conditions pratiques différentes et moins strictes.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 5579, *Essais non destructifs — Contrôle radiographique des matériaux métalliques au moyen de film et de rayons X et gamma — Règles de base*

ISO 5580, *Essais non destructifs — Négatoscopes utilisés en radiographie industrielle — Exigences minimales*

ISO 9712, *Essais non destructifs — Qualification et certification du personnel END*

ISO 16371-1:2011, *Essais non destructifs — Radiographie industrielle numérisée avec des plaques-images au phosphore — Partie 1: Classification des systems*

ISO 19232-1, *Essais non destructifs — Qualité d'image des radiogrammes — Partie 1: détermination de l'indice de qualité d'image à l'aide d'indicateurs à fils*

© ISO 2017 – Tous droits réservés

ISO 19232-2, *Essais non destructifs — Qualité d'image des radiogrammes — Partie 2: Détermination de l'indice de qualité d'image à l'aide d'indicateurs à trous et à gradins*

ISO 19232-3:2013, *Essais non destructifs — Qualité d'image des radiogrammes — Partie 3: classes de qualité d'image*

ISO 19232-5, *Essais non destructifs — Qualité d'image des radiogrammes — Partie 5: Détermination de l'indice de flou de l'image à l'aide d'indicateurs de qualité d'image duplex à fils*

EN 12543 (toutes les parties), *Essais non destructifs — Caractéristiques des foyers émissifs des tubes radiogènes industriels utilises dans les essais non destructives*

EN 12679, *Essais non destructifs — Détermination des dimensions des sources de radiographie industrielle — Méthode par radiographie*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse http://www.electropedia.org/

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse https://www.iso.org/obp

3.1
système de radiographie numérique
système CR
système complet composé d'un *écran photostimulable à mémoire* (3.2), d'un dispositif de lecture correspondant (lecteur numériseur ou lecteur) et d'un outil logiciel, qui convertit les informations de l'IP en image numérique

3.2
écran photostimulable à mémoire
écran photostimulable
IP
matériau luminescent photostimulable capable de stocker une image radiographique latente d'un matériau en cours d'examen et qui génère une luminescence proportionnelle au rayonnement absorbé quand il est stimulé par une source de lumière rouge d'une longueur d'onde appropriée

Note 1 à l'article: Pour réaliser une *radiographie numérique* (3.1), un IP est utilisé à la place d'un film. Lors de l'établissement des techniques en fonction de la dimension de la source ou des géométries focales, l'IP est appelé détecteur, c'est-à-dire distance source-détecteur (SDD).

3.3
bruit structurel de l'écran photostimulable
bruit structurel de l'IP
bruit suivant un motif fixe dû à la structure de l'IP et qui est inhérent aux défauts d'homogénéité de la couche sensible (granulation) et sur la surface d'un *écran photostimulable à mémoire* (3.2)

Note 1 à l'article: Après le balayage de l'écran photostimulable exposé, les défauts d'homogénéité apparaissent sous forme de bruit à motif fixe superposé sur l'image numérique.

Note 2 à l'article: Ce bruit limite la qualité d'image maximale possible des images numériques de radiographie numérique et peut être comparé à la granulation sur les images sur film.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

3.4
valeur de gris
VG
valeur numérique d'un pixel dans une image numérique

Note 1 à l'article: Ce terme est équivalent au terme « valeur de pixel » défini dans les normes ASTM E 2033, E 2445, E 2446 et E 2007.

3.5
valeur de gris linéarisée
VG_{lin}
valeur numérique d'un pixel qui est directement proportionnelle à la dose d'exposition du détecteur, et possédant une valeur de zéro si le détecteur n'a pas été exposé

Note 1 à l'article: Ce terme est équivalent au terme « valeur de pixel linéarisée » défini dans les normes ASTM E 2033, E 2445, E 2446 et E 2007.

3.6
résolution spatiale de base du système de radiographie numérique
$RS_b^{détecteur}$
correspond à la moitié du flou du détecteur mesuré dans une image numérique, et correspond à la taille effective du pixel, et indique le détail géométrique le plus petit qui puisse être résolu par un système CR avec un grossissement égal à un

Note 1 à l'article: Pour ce mesurage, l'IQI duplex à fils est placé directement sur l'écran photostimulable du système de radiographie numérique.

Note 2 à l'article: Le mesurage du flou est décrit dans l'ISO 19232-5; voir aussi l'ASTM E 2002.

3.7
résolution spatiale de base d'une image numérique
RS_b^{image}
correspond à la moitié du flou de l'image mesurée dans une image numérique, et correspond à la taille effective du pixel de l'image, et indique le détail géométrique le plus petit qui puisse être résolu dans une image numérique

Note 1 à l'article: Pour ce mesurage, l'IQI duplex à fils est placé directement sur l'objet (côté source).

Note 2 à l'article: Le mesurage du flou est décrit dans l'ISO 19232-5; voir aussi l'ASTM E 2002.

Note 3 à l'article: La taille effective du pixel de l'image (résolution spatiale de base de l'image numérique) dépend du pas inter-pixel, du flou géométrique, du flou du détecteur et du grossissement.

3.8
rapport signal/bruit
RSB
quotient de la valeur moyenne des *valeurs de gris linéarisées* (3.5), qui correspond à l'intensité du signal par rapport à l'écart-type des valeurs de gris linéarisées (bruit) dans une zone d'observation donnée d'une image numérique

Note 1 à l'article: Le RSB dépend de la dose de rayonnement et des propriétés du système de radiographie numérique.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

3.9
rapport signal/bruit normalisé
RSB_N
rapport signal/bruit (3.8), normalisé par la résolution spatiale de base, RS_b, qui peut être RS_b^{image} ou $RS_b^{détecteur}$, tel que mesuré directement dans l'image numérique et/ou calculé à partir du RSB mesuré, $RSB_{mesuré}$, par:

$$RSB_N = RSB_{mesuré} \cdot \frac{88{,}6\,\mu m}{RS_b}$$

3.10
rapport contraste/bruit
RCB
rapport entre la différence de niveaux moyens du signal du détecteur entre deux zones d'image et l'écart-type moyenné des niveaux du signal

Note 1 à l'article: Le rapport contraste/bruit décrit une composante de qualité d'image et dépend approximativement du produit du coefficient d'atténuation radiographique et du RSB. En plus du RCB adéquat, il est également nécessaire qu'un radiogramme numérique possède un flou ou une résolution spatiale de base adéquats pour résoudre les détails d'intérêt souhaités.

3.11
rapport contraste/bruit normalisé
RCB_N
rapport contraste/bruit (3.10), normalisé par la résolution spatiale de base, RS_b, tel que mesuré directement dans l'image numérique et/ou calculé à partir du RCB mesuré, par:

$$RCB_N = RCB \cdot \frac{88{,}6\,\mu m}{RS_b}$$

3.12
crénelage
artefacts qui apparaissent dans une image lorsque la fréquence spatiale d'entrée est supérieure à ce que le système peut reproduire en sortie

Note 1 à l'article: Le crénelage apparaît souvent sous forme de lignes avec effets « d'escalier » ou sous forme d'effets de moiré.

3.13
épaisseur nominale
t
épaisseur du matériau dans la zone à examiner

Note 1 à l'article: Les tolérances de fabrication ne doivent pas être prises en compte.

3.14
épaisseur traversée
w
épaisseur du matériau dans la direction du faisceau de rayonnement, calculée en fonction de l'*épaisseur nominale* (3.13) de toutes les parois traversées

Note 1 à l'article: Dans le cas des techniques à parois multiples, l'épaisseur traversée est calculée à partir de l'épaisseur nominale de toutes les parois traversées.

© ISO 2017 – Tous droits réservés

3.15
dimension de la source
d
dimension de la source de rayonnement ou du foyer émissif

Note 1 à l'article: Voir l'EN 12543 (sources de rayons X) ou l'EN 12679 (sources de rayons gamma). Les valeurs du fabricant peuvent être utilisées si elles sont conformes à ces normes.

3.16
distance objet-détecteur
b
distance la plus grande (maximale) entre le côté source de rayonnement de la partie radiographiée de la pièce à contrôler et la couche sensible du détecteur le long de l'axe central du faisceau de rayonnement

3.17
distance source-détecteur
SDD
distance entre la source du rayonnement et le détecteur, mesurée dans le sens du faisceau

Note 1 à l'article: SDD = *f* + *b*, où *f* est la *distance source-objet* (3.18) et *b* la *distance objet-détecteur* (3.16).

3.18
distance source-objet
f
distance entre la source du rayonnement et la face de la pièce à contrôler située du côté de la source, la plus éloignée du détecteur, mesurée le long de l'axe central du faisceau de rayonnement

3.19
grossissement géométrique
v
rapport entre la *distance source-détecteur* (3.17) et la *distance source-objet* (3.18)

4 Symboles et abréviations

Pour les besoins du présent document, les symboles et abréviations donnés au Tableau 1 s'appliquent.

Tableau 1 — Symboles et abréviations

Symbole	Définition
b	distance objet-détecteur
RCB	rapport contraste/bruit
RCB_N	rapport contraste/bruit normalisé
CR	radiographie numérique
d	dimension de la source, dimension du foyer émissif
D	détecteur (écran photostimulable)
f d	distance source-objet
VG	valeur de gris
VG_{lin}	valeur de gris linéarisée
IP	écran photostimulable à mémoire
IQI	indicateur de qualité d'image
S	source de rayonnement
SDD	distance source-détecteur
RSB	rapport signal/bruit
RSB_N	rapport signal/bruit normalisé

© ISO 2017 – Tous droits réservés