
**Contrôle non destructif des assemblages
soudés — Contrôle par radiographie —**

Partie 2:

**Techniques par rayons X ou gamma à
l'aide de détecteurs numériques**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Non-destructive testing of welds — Radiographic testing —
Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors*
(standards.iteh.ai)

[ISO 17636-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-
ac426843b6e5/iso-17636-2-2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013)



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17636-2:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2013

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

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives.....	1
3 Termes et définitions	2
4 Symboles et termes.....	5
5 Classification des techniques radiographiques	6
6 Généralités	7
6.1 Protection contre les rayonnements ionisants	8
6.2 Préparation de la surface et stade de fabrication	8
6.3 Position de la soudure sur le radiogramme	8
6.4 Identification des radiogrammes	8
6.5 Marquage.....	8
6.6 Recouvrement des images numériques	8
6.7 Types et positions des indicateur de qualité d'image (IQI).....	8
6.8 Indices de qualité d'image minimums.....	10
6.9 Qualification du personnel.....	10
7 Techniques recommandées pour l'exécution des radiogrammes numériques	10
7.1 Dispositions de contrôle.....	10
7.2 Choix de la tension du tube et de la source de rayonnement.....	18
7.3 Systèmes de détection et écrans métalliques.....	20
7.4 Alignement du faisceau	24
7.5 Réduction du rayonnement diffusé	24
7.6 Distance source-objet.....	25
7.7 Technique de grossissement géométrique	28
7.8 Étendue maximale interprétable en une seule exposition	29
7.9 Traitement	29
7.10 Conditions d'observation à l'écran et stockage des radiogrammes numériques	30
8 Rapport de contrôle	31
Annexe A (normative) Nombre recommandé d'expositions permettant un examen acceptable d'une soudure circonférentielle bout à bout	33
Annexe B (normative) Indices de qualité d'image minimums.....	38
Annexe C (normative) Détermination de la résolution spatiale de base.....	44
Annexe D (normative) Détermination des valeurs minimales de gris en radiographie numérique	48
Annexe E (informative) Valeurs de gris, remarques générales.....	53
Bibliographie.....	55

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 17636-2 a été élaborée par le comité technique CEN/TC 121, *Soudage*, du Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, sous-comité SC 5, *Essais et contrôle des soudures*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette première édition, conjointement avec l'ISO 17636-1, annule et remplace l'ISO 17636:2003, dont elle constitue une révision technique.

L'ISO 17636 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par radiographie*:

- *Partie 1: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de film*
- *Partie 2: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de détecteurs numériques*

Les principales modifications sont les suivantes:

- les références normatives ont été mises à jour;
- le document a été divisé en deux parties, la présente partie de l'ISO 17636 s'appliquant au contrôle par radiographie à l'aide de détecteurs numériques;
- les appareils à rayons X jusqu'à 1 000 kV ont été inclus;
- l'Annexe C relative à la détermination de la résolution spatiale de base a été ajoutée;
- l'Annexe D relative à la détermination des valeurs minimales de gris pour la radiographie numérique (CR) a été ajoutée;
- l'Annexe E contenant des remarques générales sur les valeurs de gris a été ajoutée;
- le document a fait l'objet d'une révision rédactionnelle.

Il convient d'adresser les demandes d'interprétation officielles de l'un quelconque des aspects de la présente partie de l'ISO 17636 au secrétariat de l'ISO/TC 44/SC 5 via votre organisme national de normalisation. La liste exhaustive de ces organismes peut être trouvée à l'adresse www.iso.org.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17636-2:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013>

Introduction

La présente Norme internationale spécifie les techniques fondamentales de radiographie permettant d'obtenir des résultats satisfaisants et reproductibles de manière économique. Les techniques reposent sur une pratique généralement reconnue et sur la théorie fondamentale en la matière, à savoir le contrôle des assemblages soudés par fusion à l'aide de détecteurs radiographiques numériques.

Les détecteurs numériques produisent une image numérique en valeurs de gris qui ne peut être visualisée et évaluée qu'à l'aide d'un ordinateur. La pratique décrit le mode opératoire recommandé pour le choix des détecteurs et la pratique radiographique. Le choix de l'ordinateur, du logiciel, de l'écran, de l'imprimante et les conditions d'observation sont importants, mais ne constitue pas le centre d'intérêt de la présente partie de l'ISO 17636.

Le mode opératoire spécifié dans la présente partie de l'ISO 17636 fournit les exigences minimales et la pratique permettant l'exposition et l'acquisition des radiogrammes numériques avec une sensibilité de détection des imperfections équivalente à celle de la radiographie à l'aide de film, spécifiée dans l'ISO 17636-1.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 17636-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013>

Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par radiographie —

Partie 2: Techniques par rayons X ou gamma à l'aide de détecteurs numériques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 17636 spécifie les techniques fondamentales de radiographie numérique permettant d'obtenir des résultats satisfaisants et reproductibles de manière économique. Les techniques reposent sur une pratique généralement reconnue et sur la théorie fondamentale en la matière.

La présente partie de l'ISO 17636 s'applique au contrôle par radiographie numérique des assemblages soudés par fusion de matériaux métalliques. Elle s'applique aux assemblages de plaques et de tubes. Outre sa signification conventionnelle, le terme «tube», tel qu'il est utilisé dans la présente Norme internationale, couvre d'autres corps cylindriques, tels que tuyaux, conduites forcées, réservoirs de chaudières et appareils à pression.

La présente partie de l'ISO 17636 spécifie les exigences relatives au contrôle par radiographie numérique à rayons X et gamma des assemblages soudés de tubes métalliques pour la détection des imperfections, soit par radiographie numérique (CR), soit par radiographie avec des panneaux de détecteurs numériques (DDA).

Les détecteurs numériques produisent une image numérique en valeurs de gris (GV) qui ne peut être visualisée et évaluée qu'à l'aide d'un ordinateur. La présente partie de l'ISO 17636 décrit le mode opératoire recommandé pour le choix des détecteurs et la pratique radiographique. Le choix de l'ordinateur, du logiciel, de l'écran, de l'imprimante et des conditions d'observation est important, mais ne constitue pas le centre d'intérêt de la présente partie de l'ISO 17636. Le mode opératoire spécifié dans la présente partie de l'ISO 17636 fournit les exigences minimales pour la pratique radiographique permettant l'exposition et l'acquisition des radiogrammes numériques avec une sensibilité de détection des imperfections équivalente à celle de la radiographie à l'aide de film, telle que spécifiée dans l'ISO 17636-1.

La présente partie de l'ISO 17636 ne spécifie pas les niveaux d'acceptation des indications trouvées sur les radiogrammes numériques.

Si les parties contractantes appliquent des critères d'essai moins rigoureux, il se peut que la qualité obtenue soit nettement inférieure à celle atteinte par l'application stricte de la présente partie de l'ISO 17636.

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 s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 5576, *Essais non destructifs — Radiologie industrielle aux rayons X et gamma — Vocabulaire*

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 systèmes*

ISO 19232-1, *Essais non destructifs — Qualité d'image des radiogrammes — Partie 1: Indicateurs de qualité d'image (à fils) — Détermination de l'indice de qualité d'image*

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

ISO 19232-4, *Essais non destructifs — Qualité d'image des radiogrammes — Partie 4: Évaluation expérimentale des indices de qualité d'image et des tables de qualité d'image*

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

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

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 donnés dans l'ISO 5576 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 radiographie numérique

CR
système d'écrans photostimulables à mémoire
système complet comprenant un écran photostimulable (IP) et un dispositif de lecture correspondant (numériseur ou lecteur) qui convertit l'information de l'IP en image numérique

3.2 écran photostimulable à mémoire IP

matériau luminescent photostimulable capable de stocker une image radiographique latente d'un matériau examiné et qui, lorsqu'il est stimulé par une source de lumière rouge de longueur d'onde appropriée, génère une luminescence proportionnelle au rayonnement absorbé

NOTE Dans le cas de la radiographie numérique, un IP est utilisé au lieu d'un film. Lors de la détermination des techniques liées aux géométries focales de la source, l'IP est désigné en tant que détecteur (c'est-à-dire distance source-détecteur ou SDD).

3.3 système à panneaux de détecteurs numériques système DDA

dispositif électronique convertissant un rayonnement ionisant ou pénétrant en un réseau discret de signaux analogiques qui sont ensuite numérisés et transférés vers un ordinateur en vue de leur affichage sous forme d'une image numérique correspondant au diagramme d'énergie radiologique reçu par la zone d'entrée du dispositif

3.4 bruit de structure d'un écran photostimulable bruit de structure d'un IP

bruit de structure dû à des hétérogénéités dans la couche sensible (granulation) et la surface d'un écran photostimulable

NOTE 1 Après balayage de la plaque-image exposée, les hétérogénéités se manifestent sous forme d'un bruit fixe superposé dans l'image numérique.

NOTE 2 Ce bruit limite la qualité maximale d'image pouvant être atteinte par les images numériques de la CR et peut être comparé à la granulation des images sur film.

3.5

bruit de structure d'un panneau de détecteurs numériques

bruit de structure d'un DDA

bruit de structure dû à des propriétés différentes des éléments détecteurs (pixels)

NOTE Après lecture du DDA exposé non étalonné, les hétérogénéités du DDA se manifestent sous forme d'un bruit fixe superposé dans l'image numérique. En conséquence, tous les DDA demandent après lecture un étalonnage par logiciel (le logiciel et les lignes directrices sont fournis par le fabricant). Un mode opératoire d'étalonnage approprié réduit le bruit de structure.

3.6

valeur de gris

GV

valeur numérique d'un pixel dans une image numérique

NOTE Ce terme est généralement interchangeable avec les termes valeur de pixel, réponse du détecteur, unité de conversion analogique-numérique et signal du détecteur.

3.7

valeur de gris linéarisée

GV_{lin}

valeur numérique d'un pixel qui est directement proportionnelle à la dose d'exposition du détecteur ayant une valeur zéro lorsque le détecteur n'a pas été exposé

NOTE Ce terme est généralement interchangeable avec les termes valeur de pixel linéarisée et signal de détecteur linéarisé.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013>

3.8

résolution spatiale de base du détecteur numérique

$SR_b^{détecteur}$

correspond à la moitié de l'indice de flou de l'image mesuré dans une image numérique et correspond à la taille de pixel effective; elle indique le plus petit détail géométrique discernable avec un détecteur numérique avec un grossissement égal à un

NOTE 1 Pour ce mesurage, l'IQI duplex à fils est positionné directement sur le panneau de détecteurs numériques ou la plaque-image.

NOTE 2 Le mesurage de l'indice de flou est décrit dans l'ISO 19232-5; voir également l'ASTM E2736^[13] et l'ASTM E1000^[8].

3.9

résolution spatiale de base de l'image numérique

SR_b^{image}

correspond à la moitié de l'indice de flou de l'image mesuré dans une image numérique et correspond à la taille de pixel effective; elle indique le plus petit détail géométrique discernable dans une image numérique

NOTE 1 Pour ce mesurage, l'IQI duplex à fils est positionné directement sur l'objet.

NOTE 2 Le mesurage de l'indice de flou est décrit dans l'ISO 19232-5; voir également l'ASTM E2736^[13] et l'ASTM E1000^[8].

3.10
rapport signal-bruit
SNR

rapport de la valeur moyenne des valeurs de gris linéarisées et de l'écart-type des valeurs de gris linéarisées (bruit) dans une zone d'intérêt donnée d'une image numérique

3.11
rapport signal-bruit normalisé
SNR_N

rapport signal-bruit, SNR, normalisé par la résolution spatiale de base, SR_b, tel que mesuré directement dans l'image numérique et/ou calculé à partir du SNR mesuré, SNR_{mesuré}, par

$$\text{SNR}_N = \text{SNR}_{\text{mesuré}} \frac{88,6 \mu\text{m}}{\text{SR}_b}$$

3.12
rapport contraste-bruit
CNR

rapport de la différence des niveaux moyens du signal entre deux zones de l'image par l'écart-type moyenné des niveaux du signal

NOTE Le rapport contraste-bruit décrit une composante de la qualité d'image et dépend approximativement du produit du coefficient d'atténuation radiographique et du SNR. Outre un CNR approprié, il est également nécessaire qu'un radiogramme numérique présente un indice de flou ou une résolution spatiale de base approprié(e) pour discerner les éléments d'intérêt souhaités.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.13
rapport contraste-bruit normalisé
CNR_N

rapport contraste-bruit, CNR, normalisé par la résolution spatiale de base SR_b, tel que mesuré directement dans l'image numérique et/ou calculé à partir du CNR par

$$\text{CNR}_N = \text{CNR} \times \frac{88,6 \mu\text{m}}{\text{SR}_b}$$

3.14
crénelage

artéfacts qui apparaissent dans une image lorsque la fréquence spatiale d'entrée dépasse la capacité de reproduction de sortie

NOTE Le crénelage se manifeste souvent par des dentelures ou contours brisés ou un moirage.

3.15
groupement de pixels
CKP

ensemble de pixels défectueux qui n'ont pas au moins cinq pixels actifs environnants

NOTE Voir l'ASTM E2597^[11] pour de plus amples informations sur les pixels défectueux et les CKP.

3.16
épaisseur nominale

t
épaisseur du métal de base, uniquement lorsque les tolérances de fabrication n'ont pas à être prises en compte

3.17**variation de la profondeur de pénétration** Δt

variation de l'épaisseur traversée par rapport à l'épaisseur nominale due à l'angle du faisceau

3.18**épaisseur traversée** w

épaisseur du matériau dans la direction du faisceau de rayonnement, calculée en fonction de l'épaisseur nominale de toutes les parois traversées

3.19**distance objet-détecteur** b

plus grande distance (maximale) entre la face de la partie radiographiée de l'objet située côté rayonnement et la couche sensible du détecteur suivant l'axe central du faisceau de rayonnement

3.20**dimension de la source** d

dimension de la source de rayonnement ou dimension du foyer émissif

NOTE Voir EN 12679 ou EN 12543.

3.21**distance source-détecteur****SDD**

distance entre la source du rayonnement et le détecteur, mesurée dans la direction du faisceau

NOTE SDD = $f + b$

où

 f distance source-objet b distance objet-détecteur

Iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 17636-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013)

[ac426843b6e5/iso-17636-2-2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b560721b-2c26-4d32-827f-ac426843b6e5/iso-17636-2-2013)

3.22**distance source-objet** f

distance entre la source du rayonnement et la face de l'objet contrôlé située du côté de la source, la plus éloignée du détecteur, mesurée suivant l'axe central du faisceau de rayonnement

3.23**diamètre extérieur** D_e

diamètre extérieur nominal du tube

3.24**grossissement géométrique** v rapport de la distance source-détecteur, SDD, à la distance source-objet, f **4 Symboles et termes abrégés**

Pour les besoins du présent document, les symboles et termes abrégés donnés dans le Tableau 1 s'appliquent.

Tableau 1 — Symboles et termes abrégés

Symbole ou terme abrégé	Terme
b	distance objet-détecteur
b'	distance objet-détecteur perpendiculairement à l'objet
d	dimension de la source, dimension du foyer émissif
D_e	diamètre extérieur
f	distance source-objet
f'	distance source-objet perpendiculairement à l'objet
t	épaisseur nominale
Δt	variation de la profondeur de pénétration
u_G	indice de flou géométrique
u_i	indice de flou intrinsèque du système de détection, excluant tout indice de flou géométrique, mesuré à partir de l'image numérique avec un IQI duplex à fils adjacent au détecteur
u_{im}	indice de flou requis de l'image, mesuré dans l'image numérique dans le plan de l'objet avec un IQI duplex à fils
u_T	indice de flou total de l'image, y compris le flou géométrique, mesuré à partir de l'image numérique avec un IQI duplex à fils adjacent au détecteur
v	grossissement géométrique
w	épaisseur traversée
CKP	groupement de pixels
CNR	rapport contraste-bruit
CNR_N	rapport contraste-bruit normalisé
CR	radiographie numérique
D	détecteur
DDA	panneau de détecteurs numériques
IP	écran photostimulable
IQI	indicateur de qualité d'image
S	source de rayonnement
SDD	distance source-détecteur
SNR	rapport signal-bruit
SNR_N	rapport signal-bruit normalisé
SR_b	résolution spatiale de base, telle que déterminée avec un IQI duplex à fils adjacent au détecteur
$SR_b^{\text{détecteur}}$	résolution spatiale de base du détecteur numérique
SR_b^{image}	résolution spatiale de base, telle que déterminée avec un IQI duplex à fils sur le côté source de l'objet

5 Classification des techniques radiographiques et principes de compensation

5.1 Classification

Les techniques radiographiques se divisent en deux classes:

- Classe A: techniques de base;
- Classe B: techniques améliorées.

Les techniques de classe B sont utilisées lorsque celles de classe A s'avèrent insuffisamment sensibles.

De meilleures techniques que celles de la classe B sont possibles et peuvent être convenues entre les parties contractantes par spécification de tous les paramètres d'essai appropriés.

Le choix d'une technique de radiographie numérique doit être convenu entre les parties contractantes.

Néanmoins, la visibilité des imperfections en utilisant la radiographie à l'aide de film ou la radiographie numérique est équivalente, que l'on utilise des techniques de classe A ou B. La visibilité doit être prouvée par l'utilisation d'IQI conformément à l'ISO 19232-1, l'ISO 19232-2 ou l'ISO 19232-5.

Si, pour des raisons techniques, il est impossible de remplir l'une des conditions spécifiées pour la classe B, par exemple le type de source de rayonnement ou la distance source-objet f , il peut être convenu entre les parties contractantes que la condition choisie peut être celle spécifiée pour la classe A. La perte de sensibilité doit être compensée par une augmentation de la valeur minimale de gris et du SNR_N pour la radiographie numérique ou du SNR_N pour la technique DDA (augmentation recommandée du SNR_N avec un facteur $> 1,4$). Du fait de la meilleure sensibilité par rapport à la classe A, l'éprouvette peut être considérée comme étant contrôlée en classe B si la sensibilité correcte de l'IQI est atteinte. Cela n'est pas applicable si la réduction spéciale de SDD définie en 7.6 est utilisée pour les dispositions de contrôle de 7.1.4 et 7.1.5.

5.2 Principes de compensation CP I, CP II ou CP III

5.2.1 Généralités. Trois règles (voir 5.2.2 à 5.2.4) sont appliquées dans la présente partie de l'ISO 17636 pour la radiographie avec des détecteurs numériques afin d'obtenir une sensibilité différentielle suffisante.

L'application de ces règles exige un rapport contraste-bruit minimal, CNR_N , normalisé à la résolution spatiale de base du détecteur numérique par différence d'épaisseur de matériau Δw . Si le rapport contraste-bruit minimal normalisé requis (CNR_N par Δw) ne peut pas être obtenu en raison d'une valeur insuffisante de l'un des paramètres suivants, cela doit être compensé par une augmentation dans le rapport signal-bruit, SNR.

5.2.2 CP I: Compensation pour contraste réduit (par exemple par augmentation de la tension) par augmentation du SNR (par exemple par augmentation de la tension du tube ou du temps d'exposition).

5.2.3 CP II: Compensation pour netteté insuffisante du détecteur (la valeur du SR_b plus grande que spécifié) par augmentation du SNR (augmentation dans l'IQI à simple fil ou de la valeur des trous et gradins pour chaque valeur manquante de paires de fils duplex).

5.2.4 CP III: Compensation pour flou local accru par interpolation en raison d'une mauvaise correction de pixel pour les DDA, par augmentation du SNR.

5.2.5 Contexte théorique. Ces principes de compensation sont basés sur l'approximation suivante pour les petites tailles d'imperfection ($\Delta w \ll w$):

$$\frac{\text{CNR}_N}{\Delta w} = c \frac{\mu_{\text{eff}} \text{SNR}}{\text{SR}_b}$$

où

c est une constante;

μ_{eff} est le coefficient d'atténuation effectif, qui est équivalent au contraste de matériau spécifique;

CNR_N est le CNR normalisé, tel que mesuré dans l'image numérique.

6 Préparatifs et exigences générales

6.1 Protection contre les rayonnements ionisants

AVERTISSEMENT — L'exposition d'une partie quelconque du corps humain aux rayons X ou aux rayons gamma peut être extrêmement préjudiciable à la santé. Toute utilisation d'appareils à rayons X ou de sources radioactives doit être soumise aux dispositions légales appropriées.

Les règles locales, nationales ou internationales de protection contre les rayonnements ionisants doivent être scrupuleusement suivies.

6.2 Préparation de la surface et stade de fabrication

En général, une préparation de la surface n'est pas nécessaire, mais lorsque des imperfections superficielles ou des revêtements peuvent créer des difficultés pour la détection des défauts, la surface doit être légèrement meulée ou débarrassée de son revêtement.

Sauf spécification contraire, le contrôle par radiographie numérique doit avoir lieu après le dernier stade de fabrication, par exemple après meulage ou traitement thermique.

6.3 Position de la soudure sur le radiogramme

Lorsque le radiogramme numérique ne montre pas la soudure, des repères de haute densité doivent être placés de part et d'autre de la soudure.

6.4 Identification des radiogrammes

Des symboles doivent être apposés sur chaque partie de l'objet radiographié numériquement. Les images de ces symboles doivent apparaître sur les radiogrammes numériques, si possible en dehors de la zone d'intérêt, et doivent permettre d'identifier celle-ci sans ambiguïté.

6.5 Marquage

Des marques permanentes doivent être apposées sur l'objet à contrôler afin de retrouver précisément la position de chaque radiogramme numérique (point zéro, direction, identification, mesure).

Lorsque la nature du matériau et/ou les conditions de service ne permettent pas le marquage permanent, les positions doivent être reportées sur des schémas précis ou photographies.

6.6 Recouvrement des images numériques

Lorsque la radiographie numérique d'une zone donnée nécessite deux détecteurs (plaques-images) distincts ou plus, ceux-ci doivent présenter un recouvrement suffisant afin de s'assurer que la zone d'intérêt est totalement radiographiée. Ceci doit être vérifié à l'aide d'un repère à haute densité placé sur la surface de l'objet et qui doit apparaître sur chaque image numérique. Si les radiogrammes sont enregistrés successivement, le repère à haute densité doit être visible sur chacun des radiogrammes.

6.7 Types et positions des indicateur de qualité d'image

La qualité d'image doit être vérifiée à l'aide d'indicateurs de qualité d'image (IQI) conformes à l'ISO 19232-5 et l'ISO 19232-1 ou à l'ISO 19232-2.

Suivant le mode opératoire exposé dans l'Annexe C, une image de référence est requise pour la vérification de la résolution spatiale de base du système de détecteurs numériques. La résolution spatiale de base ou l'indice de l'indicateur duplex à fils doit être déterminé afin de vérifier si le matériel du système satisfait aux exigences spécifiées, comme une fonction de l'épaisseur traversée de matériau dans le Tableau B.13 ou B.14. Dans ce cas, l'IQI duplex à fils doit être positionné directement sur le détecteur numérique. L'utilisation de l'IQI

duplex à fils (ISO 19232-5) pour les radiogrammes de production n'est pas obligatoire. Les exigences pour l'utilisation de l'IQI duplex à fils, en complément d'un IQI à simple fil pour les radiogrammes de production peut faire partie de l'accord entre les parties contractantes. Pour une utilisation sur les radiogrammes de production, l'IQI duplex à fils doit être positionné sur l'objet. La résolution spatiale de base mesurée de l'image numérique (SR_b^{image}) (voir Annexe C) ne doit pas excéder les valeurs maximales spécifiées comme une fonction de l'épaisseur traversée de matériau (Tableau B.13 ou B.14). Pour le contrôle des images simples, l'épaisseur simple paroi est considérée comme étant l'épaisseur du matériau traversé. Pour le contrôle des images doubles des épaisseurs double paroi (voir Figures 11 ou 12), avec le fil duplex sur le côté source du tube, l'épaisseur du matériau traversé est considérée comme étant le diamètre du tube pour la détermination de la résolution spatiale de base (SR_b^{image}) requise des Tableaux B.13 et B.14. La résolution spatiale de base du détecteur ($SR_b^{\text{détecteur}}$) pour le contrôle des images doubles des épaisseurs double paroi doit correspondre aux valeurs des Tableaux B.13 et B.14 choisies sur la base de deux fois l'épaisseur nominale de la paroi comme étant l'épaisseur du matériau traversé.

Si la technique de grossissement géométrique (voir 7.7) est utilisée avec $v > 1,2$, alors l'IQI duplex à fils (ISO 19232-5) doit être utilisé sur tous les radiogrammes de production.

L'IQI duplex à fils doit être incliné de quelques degrés (2° à 5°) par rapport aux rangées ou colonnes numériques de l'image numérique. Si l'IQI est placé à 45° par rapport aux lignes ou rangées numériques, l'indice d'IQI obtenu doit être réduit de un.

La sensibilité différentielle des images numériques doit être vérifiée à l'aide d'IQI, selon l'application spécifique telle qu'indiquée dans les Tableaux B.1 à B.12 (voir également l'ISO 19232-1 ou l'ISO 19232-2).

Les IQI à simple fil ou à trous et à gradins utilisés doivent être placés de préférence côté source de l'objet, au centre de la zone examinée, sur le métal de base adjacent à la soudure. L'IQI doit être en contact étroit avec la surface de l'objet. Il doit être situé dans une zone d'épaisseur uniforme caractérisée par une valeur (moyenne) de gris uniforme dans l'image numérique.

Selon le type d'IQI utilisé, les cas a) et b) doivent être envisagés.

- a) Dans le cas où un IQI à simple fil est utilisé, les fils doivent être orientés perpendiculairement à la soudure et sa position doit être telle qu'au moins 10 mm de longueur de fils apparaissent sur une partie ayant une valeur de gris ou un SNR_N uniforme, ce qui correspond normalement au métal de base adjacent à la soudure. Pour les expositions conformes à 7.1.6 et 7.1.7, l'IQI peut être placé avec les fils perpendiculaires à l'axe du tube et il convient qu'ils n'apparaissent pas en projection sur l'image de la soudure.
- b) Dans le cas où un IQI à trous et à gradins est utilisé, il doit être placé de telle manière que le numéro du trou requis se trouve à proximité de la soudure.

Pour les expositions conformes à 7.1.6 et 7.1.7, le type d'IQI utilisé peut être placé soit côté source, soit côté détecteur. Si les IQI ne peuvent pas être placés conformément aux conditions ci-dessus, ils sont placés côté détecteur et la qualité d'image doit être déterminée au moins une fois par comparaison avec un IQI placé côté source et un IQI placé côté détecteur dans les mêmes conditions. Si des filtres sont utilisés devant le détecteur, l'IQI doit être placé devant le filtre.

Dans le cas d'expositions en double paroi, lorsque l'IQI est placé côté détecteur, l'essai ci-dessus n'est pas nécessaire. Dans ce cas, se référer aux tables de correspondance (Tableaux B.9 à B.14).

Lorsque les IQI sont placés côté détecteur, la lettre «F» doit être placée à proximité de l'IQI, et cette situation doit être notée dans le rapport d'essai.

Les numéros d'identification et la lettre en plomb «F», si utilisée, ne doivent pas être dans la zone d'intérêt, sauf lorsque la configuration géométrique le rend impossible.