

NORME
INTERNATIONALE

ISO
17636-2

Deuxième édition
2022-09

**Essais non destructifs des
assemblages soudés — Contrôle par
radiographie —**

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

*Non-destructive testing of welds — Radiographic testing —
Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors*

[ISO 17636-2:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fa562019-e6a0-4d60-be19-5f9ad56a21f1/iso-17636-2-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fa562019-e6a0-4d60-be19-5f9ad56a21f1/iso-17636-2-2022>



Numéro de référence
ISO 17636-2:2022(F)

© ISO 2022

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17636-2:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fa562019-e6a0-4d60-be19-5f9ad56a21f1/iso-17636-2-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Symboles et termes abrégés	6
5 Classification des techniques radiographiques et principes de compensation	8
5.1 Classification	8
5.2 Principes de compensation CP I, CP II ou CP III	8
5.2.1 Généralités	8
5.2.2 Principes de compensation I (CP I)	9
5.2.3 Principes de compensation II (CP II)	9
5.2.4 Principes de compensation III (CP III)	9
5.2.5 Contexte théorique	9
6 Préparatifs et exigences générales	9
6.1 Protection contre les rayonnements ionisants	9
6.2 Préparation de la surface et stade de fabrication	9
6.3 Position de la soudure sur le radiogramme	10
6.4 Identification des radiogrammes	10
6.5 Marquage	10
6.6 Recouvrement des images numériques	10
6.7 Types et positions des indicateurs de qualité d'image (IQI)	10
6.7.1 Généralités	10
6.7.2 IQI duplex à fils	10
6.7.3 IQI à simple fil ou IQI à trous et à gradins	11
6.8 Évaluation de la qualité d'image	12
6.9 Indices de qualité d'image minimums	12
6.10 Qualification du personnel	13
7 Techniques recommandées	13
7.1 Disposition de contrôle	13
7.1.1 Généralités	13
7.1.2 Exposition en simple paroi d'objets plans (voir Figure 1)	14
7.1.3 Exposition en simple paroi d'objets courbes avec la source située à l'extérieur de l'objet (voir Figures 2 à 4)	15
7.1.4 Exposition panoramique en simple paroi d'objets courbes avec la source située à l'intérieur de l'objet (voir Figures 5 à 7)	16
7.1.5 Exposition en simple paroi d'objets courbes avec la source excentrée à l'intérieur de l'objet (voir Figures 8 à 10)	17
7.1.6 Exposition en double paroi double image (DWDI) de tubes avec la technique de l'ellipse avec la source et le détecteur à l'extérieur de l'objet (voir Figure 11)	18
7.1.7 Exposition en double paroi double image (DWDI) de tubes avec la technique perpendiculaire avec la source et le détecteur à l'extérieur de l'objet (voir Figure 12)	18
7.1.8 Exposition en double paroi simple image (DWSI) d'objets courbes avec interprétation de la paroi près du détecteur (voir Figures 13 à 16)	19
7.1.9 La pénétration d'objets avec matériaux d'épaisseurs différentes (voir Figures 17 à 19)	20
7.2 Choix de la tension du tube et de la source de rayonnement	21
7.2.1 Appareils à rayons X jusqu'à 1 000 kV	21
7.2.2 Autres sources de rayonnement	22
7.3 Systèmes de détection et écrans métalliques	23
7.3.1 Rapport signal-bruit normalisé minimal (SNR _N)	23

7.3.2	Principe de compensation II	26
7.3.3	Écrans métalliques pour IP et blindage	26
7.4	Alignement du faisceau	27
7.5	Réduction du rayonnement diffusé	27
7.5.1	Filtres métalliques et collimateurs	27
7.5.2	Interception du rayonnement rétrodiffusé	27
7.6	Distance source-objet	28
7.7	Technique de grossissement géométrique	34
7.8	Étendue maximale interprétable en une seule exposition	35
7.9	Traitement	36
7.9.1	Balayage et lecture de l'images	36
7.9.2	Correction des images DDA acquises	36
7.9.3	Interpolation des pixels défectueux	36
7.9.4	Traitement d'image	37
7.10	Conditions d'observation à l'écran et stockage des radiogrammes numériques	37
8	Rapport d'essai	37
Annexe A (normative) Nombre d'expositions pour un examen acceptable d'une soudure		
 circonférentielle bout à bout		39
Annexe B (normative) Valeurs minimales de qualité d'image		44
Annexe C (normative) Détermination de la résolution spatiale de base		52
Annexe D (informative) Détermination des valeurs minimales de gris en radiographie		
 numérique		54
Annexe E (informative) Valeurs de gris — Remarques générales		59
Annexe F (informative) Prise en compte de l'indice de flou du détecteur pour f_{\min}		61
Annexe G (informative) Calcul des tensions de tube à rayons X recommandées à partir de		
 la Figure 20		64
Bibliographie		65

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 www.iso.org/avant-propos.

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

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 17636-2:2013), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- mise à jour des références normatives ;
- mise à jour des figures ;
- prise en compte en [6.6](#), [6.7](#) et [7.8](#) du contrôle manuel et automatisé avec des DDA ;
- mise à jour dans tout le document des références aux [Figures 1](#) à [19](#) ;
- en [6.7 a](#)), adjonction de l'autorisation de visibilité d'IQI inférieur à 10 mm pour les tuyaux de diamètre extérieur < 50 mm ;
- en [6.7.1](#), adjonction de l'utilisation de fils ASTM et autres IQI par accord entre les parties contractantes ;
- adjonction du [6.8](#) « Évaluation de la qualité d'image » pour la radiographie numérique ;
- en [6.9](#) et [7.2.2](#), la limite d'épaisseur inférieure pour les applications Se 75 a été supprimée ;
- en [6.8](#), [6.9](#) et [7.3.1](#), adjonction d'une clarification de l'utilisation d'IQI pour la technique DWDI ;

ISO 17636-2:2022(F)

- adjonction de l'autorisation de réduire le SNR_N , si la tension de tube est réduite ou si des détecteurs discriminants en énergie sont utilisés à < 80 % des valeurs données dans la [Figure 20](#) au [7.3.1](#) ;
- en [7.3.2](#), extension du principe de compensation II (CP II) à 3 paires de fils sans l'accord des parties contractantes ;
- simplification de l'[Annexe C](#) afin d'éviter une duplication de l'ISO 19232-5 ;
- en [D.2](#), adjonction d'une nouvelle note concernant la dégradation ;
- adjonction d'une nouvelle [Annexe F](#) ;
- adjonction d'une nouvelle [Annexe G](#) ;

Une liste de toutes les parties de la série ISO 17636 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html. Les interprétations officielles des documents élaborés par le ISO/TC 44, lorsqu'elles existent, sont disponibles depuis la page: <https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 17636-2:2022](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fa562019-e6a0-4d60-be19-5f9ad56a21f1/iso-17636-2-2022>

Essais non destructifs des assemblages soudés — Contrôle par radiographie —

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

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les techniques de radiographie numérique permettant d'obtenir des résultats satisfaisants et reproductibles. Les techniques reposent sur une pratique généralement reconnue et sur la théorie fondamentale en la matière.

Le présent document s'applique au contrôle par radiographie numérique des assemblages soudés par fusion de matériaux métalliques. Il s'applique aux assemblages de plaques et de tubes. Outre sa signification conventionnelle, le terme « tube », tel qu'il est utilisé dans le présent document, couvre d'autres corps cylindriques, tels que tuyaux, conduites forcées, réservoirs de chaudières et appareils à pression.

Le présent document 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). Il comprend un contrôle manuel et automatisé avec des DDA.

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 ([Annexe E](#)). Le présent document spécifie 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 du présent document. Le mode opératoire spécifié dans le présent document 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 (spécifiée dans l'ISO 17636-1).

Le présent document ne spécifie pas les niveaux d'acceptation des indications trouvées sur les radiogrammes numériques. L'ISO 10675 fournit des informations sur les niveaux d'acceptation pour le contrôle des soudures.

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 du présent document.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 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: Détermination de l'indice de qualité d'image à l'aide d'indicateurs à fils*

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 19232-4, *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: Détermination de l'indice de flou de l'image et de la résolution spatiale de base 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 utilisés dans les essais non destructifs*

EN 12679, *Essais non destructifs — Contrôle radiographique — Détermination de la dimension des sources de radiographie industrielle gamma*

ASTM E747, *Standard Practice for Design, Manufacture and Material Grouping Classification of Wire Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiology*

JIS Z2306, *Radiographic image quality indicators for non-destructive testing*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 5576 ainsi que les 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:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>

3.1 radiographie numérique

CR
système complet comprenant un écran photostimulable (IP) (3.2) 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 1 à l'article: Dans le cas de la radiographie numérique (3.1), un IP est utilisé au lieu d'un film. Lors de la détermination des techniques liées à la dimension de la source (3.20) ou aux géométries focales de la source, l'IP est désigné en tant que détecteur, c'est-à-dire distance source détecteur (3.21).

3.3 panneau de détecteurs numériques

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**

<écran photostimulable> variations locales de sensibilité dues à des hétérogénéités dans la couche sensible (granulation) et la surface d'un écran photostimulable

Note 1 à l'article: Après balayage de l'écran photostimulable exposé, les hétérogénéités se manifestent sous forme d'un bruit fixe superposé dans l'image numérique.

Note 2 à l'article: 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**

<panneau de détecteurs numériques> variations locales de sensibilité dues à des propriétés différentes des éléments détecteurs (pixels)

Note 1 à l'article: Après lecture de l'image du *panneau de détecteurs numériques* (DDA) (3.3) exposée non corrigée, 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 une correction d'image par logiciel (le logiciel et les lignes directrices sont fournis par le fabricant). Un mode opératoire de correction approprié réduit le bruit de structure.

Note 2 à l'article: La correction d'image est également appelée « étalonnage » dans d'autres documents.

3.6**valeur de gris****GV**

valeur numérique d'un pixel dans une image numérique

Note 1 à l'article: Ce terme est généralement interchangeable avec les termes « valeur de pixel », « réponse du détecteur », « unité de conversion analogique-numérique » et « signal du détecteur ».

Note 2 à l'article: Pour de plus amples informations, voir l'[Annexe E](#).

3.7**valeur de gris linéarisée**

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 1 à l'article: Ce terme est généralement interchangeable avec les termes « valeur de pixel linéarisée » et « signal de détecteur linéarisé ».

3.8**résolution spatiale de base du détecteur numérique**

$SR_b^{\text{détecteur}}$

la moitié de l'indice de flou de l'image mesuré dans une image numérique, qui 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 à l'article: Pour ce mesurage, l'IQI duplex à fils est positionné directement sur le *panneau de détecteurs numériques* (DDA) (3.3) ou de l'écran photostimulable.

Note 2 à l'article: Le mesurage de l'indice de flou est décrit dans l'ISO 19232-5. Voir également l'ASTM E1000 et l'ASTM E2736.

3.9**résolution spatiale de base de l'image numérique**

SR_b^{image}

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

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

Note 2 à l'article: Le mesurage de l'indice de flou est décrit dans l'ISO 19232-5. Voir également l'ASTM E1000 et l'ASTM E12736

3.10 rapport signal-bruit

SNR

rapport de la valeur moyenne des *valeurs de gris linéarisées* (3.7) et de l'écart-type des valeurs de gris linéarisées (bruit) dans une *zone d'intérêt* (3.25) donnée d'une image numérique

3.11 rapport signal-bruit normalisé

SNR_N

rapport signal-bruit (3.10) normalisé par la *résolution spatiale de base de l'image numérique*, SR_b^{image} , (3.9) ou $SR_b^{\text{détecteur}}$ et calculé à partir du rapport signal-bruit mesuré par :

$$SNR_N = SNR \cdot \frac{88,6}{SR_b^{\text{image}}}$$

Note 1 à l'article: Si le fil duplex IQI est positionné directement sur le détecteur sans l'objet examiné, SR_b^{image} est égal au $SR_b^{\text{détecteur}}$ mesuré, qui peut être utilisé à la place de SR_b^{image} .

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 1 à l'article: les niveaux du signal sont mesurés en *valeur de gris* (3.6) ou en *valeur de gris linéarisée* (3.7)

Note 2 à l'article: 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.

3.13 rapport contraste-bruit normalisé

CNR_N

rapport contraste-bruit (3.12), normalisé par la *résolution spatiale de base de l'image numérique*, SR_b^{image} , (3.9), tel que mesuré directement dans l'image numérique avec l'IQI duplex à fils sur le côté de l'objet et calculé à partir du rapport contraste-bruit mesuré, c'est-à-dire :

$$CNR_N = CNR \cdot \frac{88,6}{SR_b^{\text{image}}}$$

3.14 crénelage

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

Note 1 à l'article: Le crénelage se manifeste souvent par des dentelures ou contours brisés ou un moirage.

3.15 groupement de pixels

CKP

ensemble de *pixels défectueux* (3.29) qui n'ont pas au moins cinq pixels actifs environnants

Note 1 à l'article: Voir l'ASTM E2597 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 (3.18) par rapport à l'épaisseur nominale (3.16) 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 (3.16) 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 examiné située côté rayonnement et la couche sensible du détecteur, mesuré suivant l'axe central du faisceau de rayonnement

Note 1 à l'article: Le terme abrégé DOD peut également être utilisé.

3.20 dimension de la source

d

dimension de la source de rayonnement ou dimension du foyer émissif

Note 1 à l'article: Voir l'EN 12543 ou l'EN 12679.

3.21 distance source-détecteur

DSD

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

Note 1 à l'article: $DSD = f + b$

où

f est la distance source-objet (3.22) ;

b est la distance objet-détecteur (3.19).

3.22 distance source-objet

f

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

Note 1 à l'article: Le terme abrégé DSO peut également être utilisé.

3.23 diamètre extérieur

D_e

valeur nominale du diamètre extérieur du tube

3.24

grossissement géométrique

v

rapport de la *distance source-détecteur* (3.21), à la *distance source-objet* (3.22)

3.25

zone d'intérêt

RoI

groupe défini de pixels à partir duquel des mesures ou des statistiques, ou les deux, peuvent être obtenues

3.26

zone de la soudure à évaluer

WAE

zone à évaluer sur le radiogramme, qui contient la soudure, la *zone affectée thermiquement* (3.30) des deux côtés

3.27

surface d'intérêt

AoI

surface minimale qu'il convient d'évaluer sur le radiogramme et qui contient la soudure, la *zone affectée thermiquement* (3.30) des deux côtés et toutes les lettres en plomb, tous les repères et tous les indicateurs de qualité d'image (IQI)

3.28

image brute

images acquises par les *panneaux de détecteurs numériques* (3.3) ou les systèmes de *radiographie numérique* (3.1) après correction d'image, si une correction a été effectuée

3.29

pixels défectueux

élément détecteur (pixel) peu performant d'un *panneau de détecteurs numériques* (3.3)

Note 1 à l'article: Les pixels défectueux sont décrits dans l'ASTM E2597.

3.30

zone affectée thermiquement

ZAT

zone à proximité de la soudure affectée par le processus de chauffage et de refroidissement du soudage, qui est considérée comme les zones situées à proximité de la soudure, chacune ayant la même largeur que la passe de finition de la soudure, mais avec au moins 10 mm à prendre en compte pour l'évaluation.

4 Symboles et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les symboles et les termes abrégé données dans le [Tableau 1](#) s'appliquent.

Tableau 1 — Symboles et termes abrégés

Symbole ou terme abrégé	Définition
α	angle délimité par la moitié de la longueur circonférentielle de l'AoI au centre du tube, voir Figure 22 a)
AoI	surface d'intérêt
β	angle d'ouverture de la fenêtre de la source ou du collimateur par rapport au faisceau central
b	distance objet-détecteur
b'	distance objet-détecteur perpendiculairement à l'objet examiné

Tableau 1 (suite)

Symbole ou terme abrégé	Définition
b_{ed}	distance maximale entre la surface de l'objet la plus proche du détecteur plan et la surface de l'objet la plus éloignée du détecteur dans la zone de la soudure à évaluer (WAE) du tube, voir Figures 2 b), 8 b), 13 b), 14 b) et 22
b_{gap}	distance entre la couche sensible aux rayonnements du détecteur et la surface extérieure du tube, voir Figures 2 b) and 22
C_i	facteur de correction de f_{min} pour l'utilisation des détecteurs plans pour les objets courbes, si $b > t$
CKP	groupement de pixels
CNR	rapport contraste-bruit
CNR_N	rapport contraste-bruit normalisé
CR	radiographie numérique
d	dimension de la source, dimension du foyer émissif (voir la série des EN 12543 et l'EN 12679)
D	détecteur
D_e	diamètre extérieur
DDA	panneaux de détecteurs numériques
DSD	distance source-détecteur
DWDI	double paroi, double image
DWSI	double paroi, simple image
f	distance source-objet
f_{min}	distance minimale source-objet
f_{min}^*	distance minimale source-objet pour le contrôle d'objets courbes avec détecteurs plans
f'	distance source-objet perpendiculairement à l'objet examiné
GV	valeur de gris
IP	écran photostimulable à mémoire
IQI	indicateur de qualité d'image
r_e	rayon externe
r_i	rayon interne
RoI	zone d'intérêt
S	source de rayonnement
SNR	rapport signal-bruit
SNR_N	rapport signal-bruit normalisé
SR_b	résolution spatiale de base qui peut être SR_b^{image} ou $SR_b^{détecteur}$
$SR_b^{détecteur}$	résolution spatiale de base d'un détecteur numérique
SR_b^{image}	résolution spatiale de base d'une image numérique
t	épaisseur nominale
Δt	variation de la profondeur de pénétration
u_G	Indice de flou géométrique
u_d	indice de flou inhérent du système de détection, à l'exclusion de tout indice de flou géométrique, mesuré à partir de l'image numérique avec un fil duplex IQI adjacent au détecteur.
U_{Im}	Indice de flou de l'image, mesuré dans l'image numérique au niveau du plan de l'objet avec un fil duplex IQI
u_T	indice de flou total de l'image, y compris l'indice de flou géométrique, mesuré dans l'image numérique au niveau du plan du détecteur avec un IQI à fil duplex au niveau du plan de l'objet
v	grossissement géométrique
v_o	optimum magnification
w	épaisseur traversée

Tableau 1 (suite)

Symbole ou terme abrégé	Définition
WAE	zone de la soudure à évaluer
ZAT	zone affectée thermiquement

NOTE La distance source-détecteur (DSD) telle qu'utilisée dans la radiographie numérique (voir ISO 17636-1), équivaut à DSF.

5 Classification des techniques radiographiques et principes de compensation

5.1 Classification

Les techniques radiographiques se divisent en deux classes d'essai :

- classe d'essai A : techniques de base ;
- classe d'essai B : techniques améliorées.

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

Des techniques radiographiques offrant une sensibilité supérieure à la classe d'essai 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.

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 d'essai A ou de classe d'essai B. La visibilité doit être prouvée par l'utilisation d'IQI conformément à l'ISO 19232-1 ou l'ISO 19232-2 et l'ISO 19232-5.

Si, pour des raisons techniques ou industrielles, il est impossible de remplir l'une des conditions spécifiées pour la classe d'essai B, par exemple le type de source de rayonnement ou la distance source-objet f , il peut être convenu par les parties contractantes que la condition choisie peut être celle spécifiée pour la classe d'essai 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 d'essai A, l'éprouvette peut être considérée comme étant contrôlée en classe d'essai 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 la disposition de contrôle de 7.1.4 et 7.1.5 (Figure 5 à Figure 10).

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

5.2.1 Généralités

Trois principes de compensation (voir 5.2.2 à 5.2.4) sont appliqués dans le présent document pour la radiographie avec des détecteurs numériques afin d'obtenir une sensibilité différentielle suffisante.

L'application de ces principes 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 Principes de compensation I (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 Principes de compensation II (CP II)

Compensation pour netteté insuffisante du détecteur (la valeur de SR_b est 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). SR_b est $SR_b^{\text{détecteur}}$ pour le choix des détecteurs (IQI sur le détecteur sans l'objet) ou SR_b^{image} pour l'évaluation de la qualité d'image d'un radiogramme de production avec l'IQI sur le côté source de l'objet.

5.2.4 Principes de compensation III (CP III)

Compensation pour l'indice de 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 donnée par [Formule \(1\)](#) pour les petites tailles d'imperfection ($\Delta w \ll w$) :

$$\frac{CNR_N}{\Delta w} = c \cdot \frac{\mu_{\text{eff}} \cdot SNR}{SR_b^{\text{image}}} \quad (1)$$

où

c est une constante (0,088 6 mm) ;

μ_{eff} est le coefficient d'atténuation effectif, qui est équivalent au contraste de matériau spécifique en mm^{-1} ;

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

SR_b^{image} résolution spatiale de base d'une image numérique, en mm.

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 en matière de santé et de sécurité appropriées.

NOTE Les réglementations locales, nationales et internationales et les précautions de protection donnent des informations complémentaires.

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.