

---

---

**Contrôle non destructif des assemblages  
soudés — Contrôle par ultrasons —  
Utilisation de la technique multi-  
éléments automatisés**

*Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Use of  
automated phased array technology*

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

[ISO 13588:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bdc1c2ad-977c-4f8f-a54a-2468a0476020/iso-13588-2012)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bdc1c2ad-977c-4f8f-a54a-  
2468a0476020/iso-13588-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bdc1c2ad-977c-4f8f-a54a-2468a0476020/iso-13588-2012)



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

ISO 13588:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bdc1c2ad-977c-4f8f-a54a-2468a0476020/iso-13588-2012>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2012

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

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	2
4 <b>Niveaux de contrôle</b> .....	2
5 <b>Informations exigées avant le contrôle</b> .....	4
5.1 <b>Points à définir avant l'élaboration d'un mode opératoire</b> .....	4
5.2 <b>Informations spécifiques exigées par l'opérateur avant le contrôle</b> .....	5
5.3 <b>Mode opératoire de contrôle écrit</b> .....	5
6 <b>Exigences relatives au personnel et à l'appareillage</b> .....	6
6.1 <b>Qualification du personnel</b> .....	6
6.2 <b>Appareillage</b> .....	6
7 <b>Préparation avant contrôle</b> .....	6
7.1 <b>Volume à contrôler</b> .....	6
7.2 <b>Vérification de la configuration de contrôle</b> .....	7
7.3 <b>Réglage du pas de balayage</b> .....	7
7.4 <b>Considérations d'ordre géométrique</b> .....	7
7.5 <b>Préparation des surfaces balayées</b> .....	7
7.6 <b>Température</b> .....	7
7.7 <b>Couplant</b> .....	8
8 <b>Contrôle du métal de base</b> .....	8
9 <b>Réglages de la gamme d'épaisseur et de la sensibilité</b> .....	8
9.1 <b>Réglages</b> .....	8
9.2 <b>Vérification des réglages</b> .....	9
9.3 <b>Blocs de référence</b> .....	9
10 <b>Vérifications de l'appareillage</b> .....	10
11 <b>Qualification du mode opératoire</b> .....	10
12 <b>Contrôle des assemblages soudés</b> .....	10
13 <b>Stockage des données</b> .....	11
14 <b>Interprétation et analyse des données du multi-éléments</b> .....	11
14.1 <b>Généralités</b> .....	11
14.2 <b>Évaluation de la qualité des données du multi-éléments</b> .....	11
14.3 <b>Identification des indications pertinentes</b> .....	12
14.4 <b>Classification des indications pertinentes</b> .....	12
14.5 <b>Détermination de la position et de la longueur d'une indication</b> .....	12
14.6 <b>Évaluation des indications</b> .....	12
14.7 <b>Évaluation par rapport aux critères d'acceptation</b> .....	13
15 <b>Rapport de contrôle</b> .....	13
<b>Annexe A (informative) Blocs de référence et réflecteurs de référence types</b> .....	15
<b>Bibliographie</b> .....	20

## 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 13588 a été élaborée par le 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).

Il convient d'adresser les demandes d'interprétation officielles de l'un quelconque des aspects de la présente Norme internationale 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](http://www.iso.org).

**(standards.iteh.ai)**

ISO 13588:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bdc1c2ad-977c-4f8f-a54a-2468a0476020/iso-13588-2012>

# Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Utilisation de la technique multi-éléments automatisés

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie l'application de la technique multi-éléments pour le contrôle par ultrasons semi-automatisé ou entièrement automatisé des assemblages soudés par fusion de matériaux métalliques d'une épaisseur minimale de 6 mm. Elle s'applique à des assemblages soudés à pleine pénétration de géométrie simple sur plaques, tubes et récipients, dans lesquels le métal de base et le métal fondu sont tous les deux constitués d'acier au carbone faiblement allié.

Lorsque les paramètres ultrasonores dépendant du matériau sont spécifiés dans la présente Norme internationale, ils sont basés sur les aciers dans lesquels la vitesse de propagation des ondes ultrasonores est égale à  $(5\,920 \pm 50)$  m/s pour les ondes longitudinales et  $(3\,255 \pm 30)$  m/s pour les ondes transversales. Il est nécessaire de prendre en compte cette condition lors de l'examen de matériaux ayant des vitesses de propagation différentes.

La présente Norme internationale fournit des lignes directrices sur les possibilités et les limitations spécifiques de la technique multi-éléments pour la détection, la localisation, le dimensionnement et la caractérisation des discontinuités dans les assemblages soudés par fusion. La technique multi-éléments peut être utilisée de manière autonome ou en combinaison avec d'autres méthodes ou techniques de contrôle non-destructif, aussi bien pour le contrôle de fabrication avant service que pour le contrôle en cours de service.

La présente Norme internationale spécifie quatre niveaux de contrôle, chacun correspondant à une probabilité différente de détection des imperfections.

La présente Norme internationale permet l'évaluation des indications à des fins d'acceptation en se basant sur l'amplitude (taille équivalente du réflecteur) et la longueur ou sur la hauteur et la longueur.

La présente Norme internationale ne comporte pas de niveaux d'acceptation pour les discontinuités.

La présente Norme internationale ne s'applique pas:

- aux soudures de métaux à gros grain et de métaux austénitiques;
- pour le contrôle automatisé des soudures pendant la production de produits en aciers couvert par l'ISO 10893-8<sup>[3]</sup>, l'ISO 10893-11<sup>[4]</sup> et par l'ISO 3183<sup>[1]</sup>.

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

ISO 10863, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Utilisation de la technique de diffraction des temps de vol (méthode TOFD)*

ISO 17635, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Règles générales pour les matériaux métalliques*

ISO 17640, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Techniques, niveaux d'essai et évaluation*

EN 473, *Essais non destructifs — Qualification et certification du personnel END — Principes généraux*

EN 1330-4, *Essais non destructifs — Terminologie — Partie 4: Termes utilisés pour les essais par ultrasons*

EN 16392-1, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle multi-éléments par ultrasons — Partie 1: Instruments*

EN 16392-2, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle multi-éléments par ultrasons — Partie 2: Traducteurs*

EN 16392-3, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle multi-éléments par ultrasons — Partie 3: Appareillage complet*

EN 16018, *Essais non-destructifs — Terminologie — Termes utilisés pour le contrôle par ultrasons en multi éléments*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'EN 1330-4 et l'EN 16018 ainsi que les suivants s'appliquent.

**3.1 configuration multi-éléments**  
agencement de traducteurs défini par les caractéristiques des traducteurs (par exemple la fréquence, les dimensions de l'élément traducteur, l'angle de faisceau, le type d'onde), la position des traducteurs et le nombre de traducteurs

**3.2 image multi-éléments**  
affichage en une ou deux dimensions, construit à partir des informations recueillies lors du fonctionnement en multi-éléments

**3.3 position du traducteur**  
**PT**  
distance entre la face avant du sabot et la ligne médiane de la soudure

**3.4 indication multi-éléments**  
motif ou perturbation, dans l'image multi-éléments, qui peut requérir une évaluation ultérieure

**3.5 balayage désorienté**  
balayage réalisé avec un angle de rotation

NOTE Le balayage désorienté peut être obtenu électroniquement ou par action sur l'orientation du traducteur.

**3.6 pas de balayage**  
distance entre deux points de collecte de données successifs dans la direction du balayage (mécaniquement ou électroniquement)

### 4 Niveaux de contrôle

Les exigences de qualité des assemblages soudés portent principalement sur le matériau, le procédé de soudage et les conditions de service. Pour prendre en compte toutes ces exigences, la présente Norme internationale spécifie quatre niveaux de contrôle (A, B, C et D).

Depuis le niveau de contrôle A jusqu'au niveau de contrôle C, la probabilité de détection augmente avec les efforts consacrés aux contrôles, par exemple des incidences plus nombreuses, des combinaisons de techniques.

Pour des applications spéciales, un niveau de contrôle supplémentaire D, basé sur un mode opératoire de contrôle écrit qui doit tenir compte des exigences générales de la présente Norme internationale, peut être convenu. Cela inclut les contrôles de métaux autres que les aciers ferritiques, les contrôles sur des soudures

à pénétration partielle, les contrôles avec des équipements automatisés, les contrôles à des températures d'objet situées en dehors de la plage indiquée.

Les niveaux de contrôle sont généralement liés aux niveaux de qualité (par exemple l'ISO 5817<sup>[2]</sup>). Le niveau de contrôle approprié peut être spécifié par des normes relatives au contrôle des soudures (par exemple l'ISO 17635), par des normes de produit ou par d'autres documents. Lorsque l'ISO 17635 est spécifiée, les niveaux de contrôle recommandés sont ceux indiqués dans le Tableau 1.

**Tableau 1 — Niveaux de contrôle recommandés**

Niveau de contrôle	Niveau de qualité dans l'ISO 5817 <sup>[2]</sup>
A	C, D
B	B
C	par accord
D	application spéciale

Le Tableau 2 indique les exigences minimales et, pour tous les cas, la configuration de contrôle doit être vérifiée avec un bloc de référence, tel que spécifié en 7.2. Dans le cas où le balayage est effectué d'un côté (à l'exception du TOFD), la demi-distance projetée et la distance entière doivent être utilisées et stockées; si le balayage est effectué des deux côtés, la moitié de la surface projetée suffit.

Si l'évaluation des indications est uniquement fondée sur l'amplitude, l'écart par rapport à la normale à la soudure ne doit pas dépasser 6°.

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 13588:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bdc1c2ad-977c-4f8f-a54a-2468a0476020/iso-13588-2012>

Tableau 2 — Description des niveaux de contrôle

Mode	Niveaux de contrôle			Exemples de croquis
	A	B	C	
	Blocs de référence (voir Annexe A)			
	Bloc A	Bloc B	Bloc C	
<b>Configuration de contrôle</b>				
Angles fixes à position fixe du traducteur par rapport à la soudure (balayage linéaire) <sup>a</sup>	Deux côtés	Inadéquat, comme technique seule	Deux côtés	
Angles fixes avec balayage ligne à ligne <sup>a</sup>	Un côté	Un côté	Un côté	
Balayage E à position fixe du traducteur par rapport à la soudure (balayage linéaire) <sup>a</sup>	Un côté	Deux côtés avec deux angles <sup>c</sup>	Deux côtés	
Balayage S à position fixe du traducteur par rapport à la soudure (balayage linéaire) <sup>a</sup>	Un côté	Deux côtés ou deux positions de traducteur	Deux côtés ou deux positions de traducteur	
Balayage S ligne à ligne	Non recommandé		Un côté	
TOFD généré en multi-élément <sup>a</sup>	Non recommandé, contrôle du TOFD conformément à l'ISO 10863		Une configuration	
Balayage en oblique <sup>b</sup>	Si requis par une spécification			

<sup>a</sup> Pour le niveau de contrôle C, au moins deux configurations de contrôle différentes de ce tableau doivent être combinées, au moins l'une d'elles devant être un balayage S ou une TOFD.

<sup>b</sup> Si la détection des discontinuités transversales est requise par une spécification, une configuration de contrôle supplémentaire appropriée doit être appliquée. Des traducteurs obliques ou des faisceaux infléchis électroniquement peuvent être utilisés.

<sup>c</sup> Au moins 10° de différence.

## 5 Informations exigées avant le contrôle

### 5.1 Points à définir avant l'élaboration d'un mode opératoire

Des informations relatives aux points suivants sont exigées:

- a) but et étendue du contrôle;
- b) niveaux de contrôle;

- c) critères d'acceptation;
- d) spécification des blocs de référence;
- e) étape de fabrication ou étape opérationnelle à laquelle le contrôle doit être effectué;
- f) détails concernant le soudage et informations sur la taille de la zone affectée thermiquement;
- g) exigences relatives aux conditions d'accessibilité, à l'état de surface et à la température;
- h) qualification du personnel;
- i) exigences relatives au rapport.

## 5.2 Informations spécifiques exigées par l'opérateur avant le contrôle

Avant de procéder à toute opération de contrôle sur un assemblage soudé, l'opérateur doit avoir accès à toutes les informations spécifiées en 5.1 ainsi qu'aux informations supplémentaires suivantes:

- a) mode opératoire de contrôle écrit;
- b) type(s) de métal de base et forme du produit (c'est-à-dire moulé, forgé, laminé);
- c) préparation et dimensions du joint;
- d) instructions de soudage ou informations pertinentes relatives au procédé de soudage;
- e) période d'inspection concernant tout traitement thermique après soudage;
- f) résultats des essais et contrôles effectués sur le métal de base avant et/ou après soudage.

## 5.3 Mode opératoire de contrôle écrit

ISO 13588:2012  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bdc1c2ad-977c-4f8f-a54a-4c4c4c4c4c4c>

Pour tous les niveaux de contrôle, un mode opératoire de contrôle écrit est exigé.

Un mode opératoire doit être rédigé et doit au moins comprendre les informations suivantes:

- a) but et étendue du contrôle;
- b) techniques de contrôle;
- c) niveaux de contrôle;
- d) exigences relatives à la qualification/formation du personnel;
- e) exigences relatives à l'appareillage (comprenant, sans toutefois s'y limiter, la fréquence, la vitesse d'échantillonnage, le pas entre éléments, la taille des éléments);
- f) blocs de référence et/ou de contrôle;
- g) réglage de l'appareillage;
- h) conditions d'accessibilité et état de surface;
- i) contrôles du métal de base;
- j) évaluation des indications;
- k) niveaux d'acceptation et/ou seuils d'enregistrement;
- l) exigences relatives au rapport;
- m) questions liées à l'environnement et à la sécurité.

Le mode opératoire doit inclure une stratégie de contrôle documentée ou un plan de balayage indiquant la position des traducteurs, le déplacement et la couverture des éléments qui fournit une méthode normalisée et reproductible de contrôle des assemblages soudés. Le plan de balayage doit également contenir les angles de faisceau ultrasonore utilisés, les directions de faisceau par rapport à la ligne médiane de la soudure et le volume contrôlé pour chaque soudure.

## 6 Exigences relatives au personnel et à l'appareillage

### 6.1 Qualification du personnel

Le personnel effectuant des contrôles non destructifs conformément à la présente Norme internationale doit être qualifié conformément à l'EN 473, l'ISO 9712 ou à une norme équivalente dans le secteur industriel correspondant.

Outre une connaissance générale du contrôle par ultrasons des assemblages soudés, les opérateurs doivent également être familiarisés et avoir une expérience pratique dans l'utilisation de la technologie multi-éléments. Il convient que le personnel suive une formation spécifique et passe un examen sur des pièces représentatives. Il convient de documenter cette formation et les résultats d'examen. Si ce n'est pas le cas, il convient d'effectuer une formation spécifique et un examen avec les mode opératoires de contrôle par ultrasons finalisés et le matériel de contrôle par ultrasons choisi, sur des échantillons représentatifs contenant des réflecteurs naturels ou artificiels similaires à ceux attendus. Il convient de documenter cette formation et les résultats d'examen.

### 6.2 Appareillage

**6.2.1 Généralités.** Le CEN/TR 15134<sup>[6]</sup> donne des informations utiles pour le choix des composants (matériels et logiciels) du système.

**6.2.2 Appareillage de contrôle par ultrasons et affichage.** Il convient que l'appareillage de contrôle par ultrasons utilisé pour le contrôle multi-éléments soit conforme aux exigences de l'EN 16392-1, l'EN 16392-2 et l'EN 16392-3, le cas échéant.

L'appareillage doit être capable de sélectionner une partie appropriée de la base de temps au cours de laquelle les représentations de type A sont numérisées.

Il est recommandé d'utiliser une vitesse d'échantillonnage pour la représentation de type A au moins égale à six fois la fréquence nominale du traducteur.

**6.2.3 Traducteurs ultrasonores.** Des modes d'ondes longitudinales et d'ondes transversales peuvent être utilisés.

L'adaptation des traducteurs à des surfaces balayées courbes doit être réalisée conformément à l'ISO 17640. Lorsque des traducteurs adaptés sont utilisés, l'influence du faisceau ultrasonore doit être prise en compte.

**6.2.4 Mécanismes de balayage.** Afin d'obtenir des images (des données recueillies) cohérentes, des mécanismes de guidage et un (des) encodeur(s) doivent être utilisés.

## 7 Préparation avant contrôle

### 7.1 Volume à contrôler

Le but du contrôle doit être défini par une spécification. Sur cette base, le volume à contrôler doit être déterminé.

Pour les contrôles réalisés au stade de la fabrication, le volume de contrôle doit inclure la soudure et le métal de base sur la plus grande des deux zones suivantes: au moins 10 mm de chaque côté de la soudure (5 mm pour les soudures par soudage laser et par faisceau d'électrons), ou bien la largeur de la zone affectée thermiquement (sur la base des informations fournies par le fabricant).

Il convient qu'un plan de balayage soit fourni. Il convient que le plan de balayage montre la couverture du faisceau, l'épaisseur de la soudure et la géométrie de la soudure.

S'assurer que le(s) faisceau(x) ultrasonore(s) couvre(nt) le volume à tester.

## 7.2 Vérification de la configuration de contrôle

La capacité de la configuration de contrôle doit être vérifiée en utilisant des blocs de référence.

## 7.3 Réglage du pas de balayage

Le réglage du pas de balayage le long de la soudure est fonction de l'épaisseur de paroi à contrôler. Pour des épaisseurs allant jusqu'à 10 mm, le pas de balayage ne doit pas être supérieur à 1 mm. Pour des épaisseurs comprises entre 10 mm et 150 mm, le pas de balayage ne doit pas être supérieur à 2 mm. Au-delà de 150 mm, un pas de balayage de 3 mm est recommandé.

Le réglage du pas de balayage perpendiculairement à la soudure doit, le cas échéant, être choisi afin d'assurer la couverture du volume à contrôler.

Lorsqu'une technique TOFD est utilisée, le pas de balayage doit être conforme à l'ISO 10863.

## 7.4 Considérations d'ordre géométrique

Il convient d'accorder un soin particulier à l'examen des soudures de géométrie complexe, par exemple des soudures assemblant des matériaux d'épaisseurs différentes, des soudures pour assemblages d'angle ou des soudures de piquages. Il convient de planifier soigneusement ces contrôles qui exigent une connaissance approfondie en matière de propagation du son et qui doivent toujours être réalisés à un niveau de contrôle D.

Pour le(s) plan(s) de balayage de niveau D, un (des) bloc(s) de référence représentatif(s) et une démonstration des performances sont obligatoires (voir Annexe A).

NOTE Dans certains cas, le nombre de blocs de référence peut être réduit en utilisant des programmes de simulation.

## 7.5 Préparation des surfaces balayées

Les surfaces doivent être propres sur une surface suffisamment grande pour permettre de couvrir entièrement le volume à contrôler.

Les surfaces balayées doivent être régulières et exemptes de tout élément étranger susceptible d'interférer avec le couplage du transducteur (par exemple rouille, débris de calamine, projections de soudure, entailles, saignées). L'ondulation de la surface de contrôle ne doit pas laisser un jeu supérieur à 0,5 mm entre le transducteur et la surface de contrôle. Au besoin, ces exigences doivent être satisfaites par arasage de la surface balayée.

Les surfaces balayées peuvent être supposées satisfaisantes si la rugosité de surface,  $R_a$ , n'est pas supérieure à 6,3  $\mu\text{m}$  pour les surfaces usinées, ou n'est pas supérieure à 12,5  $\mu\text{m}$  pour les surfaces grenillées.

Lorsqu'un revêtement, une peinture, un placage, etc. est présent et qu'il n'est pas à éliminer, un niveau de contrôle D est applicable.

## 7.6 Température

Lorsque des transducteurs et des couplants spéciaux pour multi-éléments haute température ne sont pas utilisés, la température de surface de l'objet contrôlé doit se situer dans l'intervalle de 0 °C à 50 °C.

Dans le cas de températures se situant en dehors de cet intervalle, l'aptitude à l'emploi de l'appareillage doit être vérifiée.