
**Essais non destructifs des
assemblages soudés — Contrôle par
ultrasons — Techniques, niveaux
d'essai et évaluation**

*Non-destructive testing of welds — Ultrasonic testing — Techniques,
testing levels, and assessment*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 17640:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ddfd78c7-8ae9-4898-880a-28714527d71b/iso-17640-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ddfd78c7-8ae9-4898-880a-28714527d71b/iso-17640-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 17640:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ddfd78c7-8ae9-4898-880a-28714527d71b/iso-17640-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

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
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Symboles	2
5 General	3
6 Informations requises avant le contrôle	3
6.1 Points à spécifier.....	3
6.2 Informations spécifiques requises avant le contrôle.....	4
6.3 Procédure de contrôle écrite.....	4
7 Exigences relatives au personnel et au matériel	4
7.1 Qualification du personnel.....	4
7.2 Matériel d'essai.....	5
7.3 Paramètres des transducteurs.....	5
7.3.1 Fréquence d'essai.....	5
7.3.2 Angles d'incidence.....	5
7.3.3 Taille du transducteur.....	5
7.3.4 Adaptation des transducteurs aux surfaces de balayage incurvées.....	6
7.3.5 Milieu de couplage.....	6
8 Volume à contrôler	6
9 Préparation des surfaces de balayage	6
10 Contrôle du métal de base	7
11 Réglage de la base de temps et de la sensibilité	8
11.1 Généralités.....	8
11.2 Référence pour le réglage de la sensibilité.....	8
11.3 Niveaux d'évaluation.....	9
11.4 Correction de transfert.....	9
11.5 Rapport signal-bruit.....	9
12 Niveaux de contrôle	10
13 Techniques de contrôle	10
13.1 Généralités.....	10
13.2 Exploration manuelle.....	10
13.3 Recherche des défauts perpendiculaires à la surface.....	10
13.4 Localisation des discontinuités.....	10
13.5 Évaluation des indications.....	11
13.5.1 Généralités.....	11
13.5.2 Amplitude maximale de l'écho.....	11
13.5.3 Longueur de la discontinuité.....	11
13.5.4 Hauteur de la discontinuité.....	11
13.5.5 Caractérisation des discontinuités.....	11
14 Rapport de contrôle	11
Annexe A (normative) Niveaux de contrôle pour différents types d'assemblages soudés	13
Bibliographie	27

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*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document au Secrétariat de l'ISO/TC 44/SC 5 par le biais de 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, lorsqu'elles existent sont disponibles depuis la page: <https://committee.iso.org/sites/tc44/home/interpretation.html>.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 17640:2017), qui a fait l'objet d'une révision technique. La principale modification par rapport à l'édition précédente concerne la correction de la [Figure A.4](#) a) et b).

Essais non destructifs des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Techniques, niveaux d'essai et évaluation

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des techniques de contrôle manuel par ultrasons des assemblages en matériaux métalliques soudés par fusion, d'épaisseur égale ou supérieure à 8 mm, présentant une atténuation relativement faible des ultrasons (en particulier celle due à la diffusion) à des températures d'objet comprises entre 0 °C et 60 °C. Elle vise particulièrement les assemblages soudés à pleine pénétration dont le métal de base et la soudure sont ferritiques.

Lorsque les valeurs des caractéristiques ultrasonores dépendantes des matériaux sont précisées dans le présent document, elles concernent des aciers dans lesquels la vitesse des ondes ultrasonores est égale à $(5\,920 \pm 50)$ m/s pour les ondes longitudinales et à $(3\,255 \pm 30)$ m/s pour les ondes transversales.

Le présent document spécifie quatre niveaux de contrôle, chacun correspondant à une probabilité différente de détection des défauts. Un guide du choix des niveaux de contrôle A, B et C est donné dans l'[Annexe A](#).

Le présent document spécifie que les exigences relatives au niveau de contrôle D, qui est prévu pour des applications spéciales, sont conformes aux exigences générales. Le niveau de contrôle D ne peut être utilisé que lorsqu'il est défini par une spécification. 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, et les contrôles à des températures d'objet situées hors de la plage 0 °C à 60 °C.

Le présent document peut être utilisé pour l'évaluation des discontinuités, aux fins d'acceptation, par l'une des techniques suivantes:

- a) évaluation fondée principalement sur la longueur et l'amplitude d'écho de la discontinuité;
- b) évaluation fondée sur la caractérisation et le dimensionnement de la discontinuité par des techniques de déplacement du traducteur.

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 5577, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Vocabulaire*

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

ISO 11666, *Essais non destructifs des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Niveaux d'acceptation*

ISO 16810, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Principes généraux*

ISO 16811, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Réglage de la sensibilité et de la base de temps*

ISO 16826, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Contrôle des discontinuités perpendiculaires à la surface*

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

ISO 23279, *Essais non destructifs des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Caractérisation des discontinuités dans les assemblages soudés*

EN 12668 (toutes les parties), *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 5577 et l'ISO 17635 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 <http://www.electropedia.org/>

4 Symboles

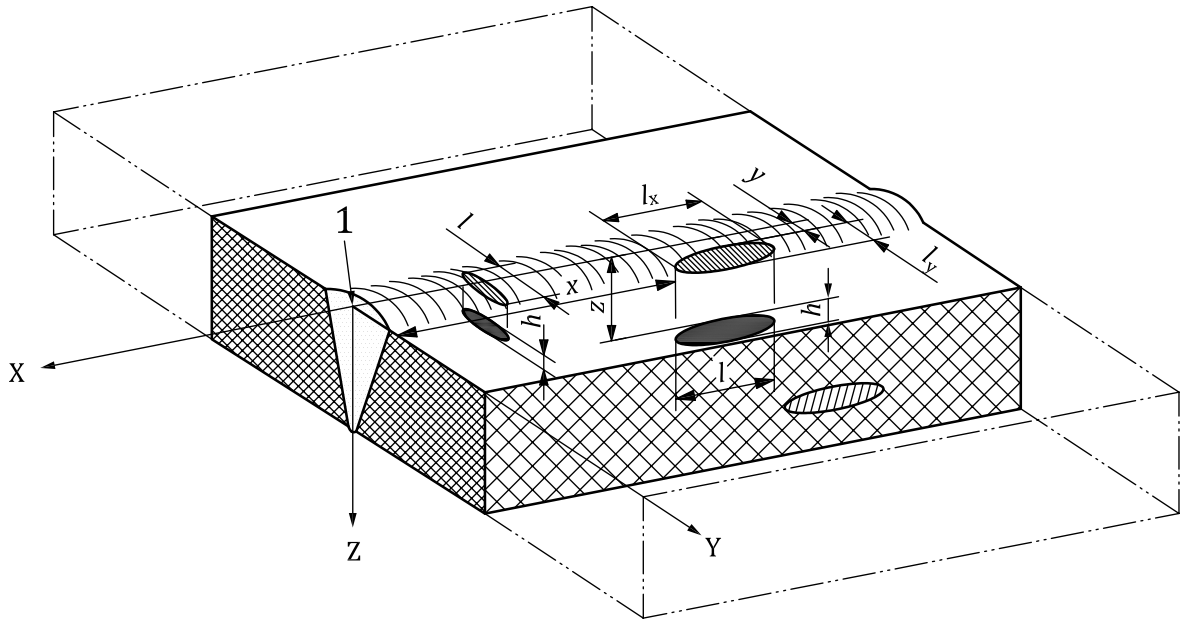
Les symboles du [Tableau 1](#) s'appliquent.

Tableau 1 — Symboles, définitions et unités

Symbole	Définition	Unité
AL	niveau d'acceptation	—
D_{DSR}	diamètre du réflecteur en forme de disque (trou à fond plat)	mm
h	hauteur de la discontinuité dans la direction de la profondeur	mm
l	longueur de la discontinuité	mm
l_x	longueur projetée de la discontinuité dans la direction x	mm
l_y	longueur projetée de la discontinuité dans la direction y	mm
p	distance projetée entière	mm
t	épaisseur du métal de base (partie la plus mince) ^a	mm
x	position de la discontinuité dans la direction longitudinale	mm
y	position de la discontinuité dans la direction transversale	mm
z	position de la discontinuité dans la direction de la profondeur	mm

^a Si les pièces à assembler n'ont pas la même épaisseur, l'épaisseur la plus petite doit être prise en compte.

Les indications doivent être considérées comme provenant de discontinuités soit longitudinales soit transversales, selon l'orientation de leur plus grande dimension par rapport à l'axe de la soudure, x , conformément à la [Figure 1](#).



Légende

1 origine

Figure 1 — Systèmes de coordonnées pour définir la position des discontinuités

5 General

L'objet du présent document est de décrire des techniques générales de contrôle par ultrasons des soudures, avec des critères normalisés, pour les assemblages soudés les plus couramment utilisés, à des températures d'objet dans l'intervalle 0 °C à 60 °C. Les exigences spécifiques énoncées dans le présent document se rapportent au matériel d'essai, à la préparation, au contrôle lui-même et au rapport de contrôle. Les paramètres spécifiés, en particulier ceux relatifs aux transducteurs, sont compatibles avec les exigences de l'ISO 11666 et de l'ISO 23279.

Si les pièces à assembler n'ont pas la même épaisseur, l'épaisseur la plus petite doit être prise en compte.

Les techniques utilisées doivent être spécifiées.

6 Informations requises avant le contrôle

6.1 Points à spécifier

Ils comprennent:

- la méthode d'établissement du niveau de référence;
- la méthode à utiliser pour l'évaluation des discontinuités;
- les niveaux d'acceptation;
- le niveau de contrôle;
- le ou les stades de fabrication ou de mise en œuvre auxquels le contrôle doit être effectué;
- la qualification du personnel;
- l'étendue du contrôle pour les discontinuités transversales;

- h) les exigences relatives à un contrôle tandem supplémentaire (conformément à l'ISO 16826);
- i) le contrôle du métal de base avant et/ou après soudage;
- j) l'exigence, ou non, d'une procédure de contrôle écrite;
- k) les exigences relatives aux procédures de contrôle écrites.

6.2 Informations spécifiques requises avant le contrôle

Avant que tout contrôle d'un assemblage soudé puisse commencer, l'opérateur doit disposer des éléments essentiels suivants:

- a) la procédure de contrôle écrite, si nécessaire (voir 6.3);
- b) le ou les types de métaux de base et la forme du produit (c'est-à-dire moulé, forgé ou laminé);
- c) le stade de fabrication ou de mise en œuvre auquel va avoir lieu le contrôle, y compris le traitement thermique éventuel;
- d) la durée et l'étendue de tout traitement thermique après soudage;
- e) la préparation et les dimensions des joints;
- f) les exigences d'état de surface;
- g) le mode opératoire de soudage ou les enseignements pertinents concernant le procédé de soudage;
- h) les exigences relatives au rapport; **(standards.iteh.ai)**
- i) les niveaux d'acceptation;
- j) l'étendue des contrôles, y compris au besoin, les exigences relatives au contrôle des discontinuités transversales; ISO 17640:2018
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/siv/dk/7667-6ac7-4878-660a-28714527d71b/iso-17640-2018
- k) le niveau de contrôle;
- l) le niveau de qualification du personnel;
- m) les procédures relatives aux actions correctives si le contrôle révèle des discontinuités inacceptables.

6.3 Procédure de contrôle écrite

Les définitions et exigences figurant dans le présent document répondent normalement au besoin d'une procédure de contrôle écrite.

Si ce n'est pas le cas, ou si les techniques décrites dans le présent document ne sont pas applicables à l'assemblage soudé à contrôler, d'autres procédures écrites doivent être utilisées si requises par spécification.

7 Exigences relatives au personnel et au matériel

7.1 Qualification du personnel

Le personnel effectuant des contrôles non destructifs conformément au présent document doit être qualifié et certifié à un niveau approprié pour le contrôle par ultrasons conformément à l'ISO 9712, ou à une norme équivalente dans le secteur industriel correspondant.

Outre une connaissance générale du contrôle par ultrasons des soudures, le personnel doit également être familiarisé avec les problèmes de contrôle spécifiquement liés aux types d'assemblages soudés à contrôler.

7.2 Matériel d'essai

Tout matériel utilisé pour le contrôle des soudures, conformément au présent document, doit satisfaire aux exigences de l'EN 12668 (toutes les parties).

7.3 Paramètres des transducteurs

7.3.1 Fréquence d'essai

La fréquence doit être comprise entre 2 MHz et 5 MHz, et doit être choisie pour prendre en compte les propriétés de l'objet contrôlé et être conforme aux niveaux d'acceptation spécifiés, par exemple ceux de l'ISO 11666.

Si nécessaire, des fréquences supérieures peuvent être utilisées pour améliorer la résolution de l'intervalle quand on utilise des normes de niveaux d'acceptation basées sur la caractérisation des discontinuités, par exemple l'ISO 23279.

Des fréquences plus basses peuvent être utilisées pour des contrôles effectués avec de grands trajets ultrasonores et/ou lorsque le matériau a des caractéristiques d'atténuation élevées.

7.3.2 Angles d'incidence

Lorsque le contrôle est effectué avec des ondes transversales suivant une technique exigeant que le faisceau ultrasonore soit réfléchi par une surface opposée, prendre soin de s'assurer que l'angle d'incidence du faisceau sur la surface réfléchissante, opposée est compris entre 35° et 70°. Lorsque plusieurs angles du faisceau sont utilisés, au moins l'un des transducteurs de faisceau d'angle utilisés doit satisfaire à cette exigence. L'un des angles du faisceau doit garantir que les faces à souder par fusion sont contrôlées sous incidence normale, ou aussi voisine que possible de la normale. Lorsque l'utilisation d'au moins deux angles du faisceau est spécifiée, la différence entre les angles de faisceau nominaux doit être supérieure ou égale à 10°.

L'angle d'incidence du transducteur et l'angle formé sur la surface réfléchissante, si elle est incurvée, peuvent être déterminés en représentant une vue en coupe de la soudure ou conformément aux techniques données dans l'ISO 16811. Si les angles d'incidence ne peuvent pas être déterminés comme spécifié dans le présent document, le rapport de contrôle doit comporter une description complète des explorations effectuées et l'étendue des zones non contrôlées, avec une explication des difficultés rencontrées.

7.3.3 Taille du transducteur

La taille du transducteur doit être choisie en fonction du trajet des ultrasons devant être utilisé et de la fréquence.

Plus le transducteur est petit, plus la longueur et la largeur du champ proche sont réduites, et plus la diffusion du faisceau dans le champ lointain est élevée à une fréquence donnée.

Des transducteurs de petites dimensions comportant des transducteurs de 6 mm à 12 mm de diamètre (ou des transducteurs rectangulaires de surface équivalente) sont donc plus utiles pour les contrôles employant de courts trajets ultrasonores. Pour des trajets ultrasonores plus longs, c'est-à-dire supérieurs à 100 mm pour des transducteurs droits uniques et supérieurs à 200 mm pour des transducteurs d'angle, une taille de transducteur comprise entre 12 mm et 24 mm est plus adaptée.

7.3.4 Adaptation des traducteurs aux surfaces de balayage incurvées

Le jeu, g , entre la surface examinée et le traducteur ne doit pas dépasser 0,5 mm.

Pour les traducteurs plats sur des surfaces cylindriques ou sphériques, cette exigence peut être vérifiée à l'aide de la [Formule \(1\)](#):

$$g = a^2 / 4D \quad (1)$$

où

a est la dimension, en millimètres, du traducteur dans le sens de la courbure;

D est le diamètre, en millimètres, de l'objet contrôlé.

Si par le calcul à partir de la [Formule \(1\)](#) on obtient une largeur de g supérieure à 0,5 mm, le traducteur doit être adapté à la surface; la sensibilité et la base de temps doivent être réglées en conséquence.

Pour les surfaces sphériques ou de forme complexe, la [Formule \(1\)](#) doit être appliquée à la fois dans le sens de la longueur et de la largeur du traducteur (différences possibles dans la courbure et/ou dans les dimensions du traducteur).

7.3.5 Milieu de couplage

Le milieu de couplage doit être conforme à l'ISO 16810. Le milieu de couplage utilisé pour le réglage de la sensibilité et de la base de temps doit être le même que celui utilisé lors de l'essai.

8 Volume à contrôler

Le volume à contrôler (voir [Figure 2](#)) est défini par la zone incluant la soudure et le métal de base et la largeur de la zone affectée thermiquement de chaque côté de la soudure ou au moins 10 mm si la largeur de la zone affectée thermiquement n'est pas connue.

Dans tous les cas, le balayage doit couvrir la totalité du volume à contrôler. Si tous les éléments du volume ne peuvent pas être contrôlés dans au moins une direction de balayage ou si les angles d'incidence sur la surface opposée ne respectent pas les exigences de [7.3.2](#), d'autres techniques de contrôle par ultrasons, ou des contrôles par ultrasons supplémentaires ou d'autres techniques de contrôles non destructifs doivent être convenus. Cela peut, dans certains cas, nécessiter l'élimination de la surépaisseur de la soudure.

Des techniques supplémentaires peuvent nécessiter un contrôle avec traducteur de faisceau d'angle à émetteur et récepteur séparés, traducteur à ondes rampantes, d'autres techniques ultrasonores, ou d'autres méthodes appropriées, par exemple le ressuage, la magnétoscopie ou la radiographie. Lors du choix de techniques différentes ou complémentaires, il est recommandé de prendre en compte le type de soudure et l'orientation probable de tout défaut à détecter.

9 Préparation des surfaces de balayage

Les surfaces de balayage doivent être assez larges pour permettre de couvrir totalement le volume à contrôler (voir [Figure 2](#)). En variante, la largeur des surfaces à contrôler peut être plus petite s'il est possible de couvrir la totalité du volume à contrôler équivalent, en effectuant un balayage à partir à la fois de la surface inférieure et de la surface supérieure de la soudure.

Les surfaces de balayage doivent être planes et exemptes de matières étrangères (par exemple rouille, calamine, projections de soudure, entailles, rainures) à même de perturber le couplage du traducteur. L'ondulation de la surface de contrôle ne doit pas laisser un jeu supérieur à 0,5 mm entre le traducteur et cette surface. Au besoin, ces exigences peuvent être satisfaites par arasage. Des variations locales du profil de la surface, par exemple le long du bord de la soudure, qui conduisent à un jeu au-dessous du

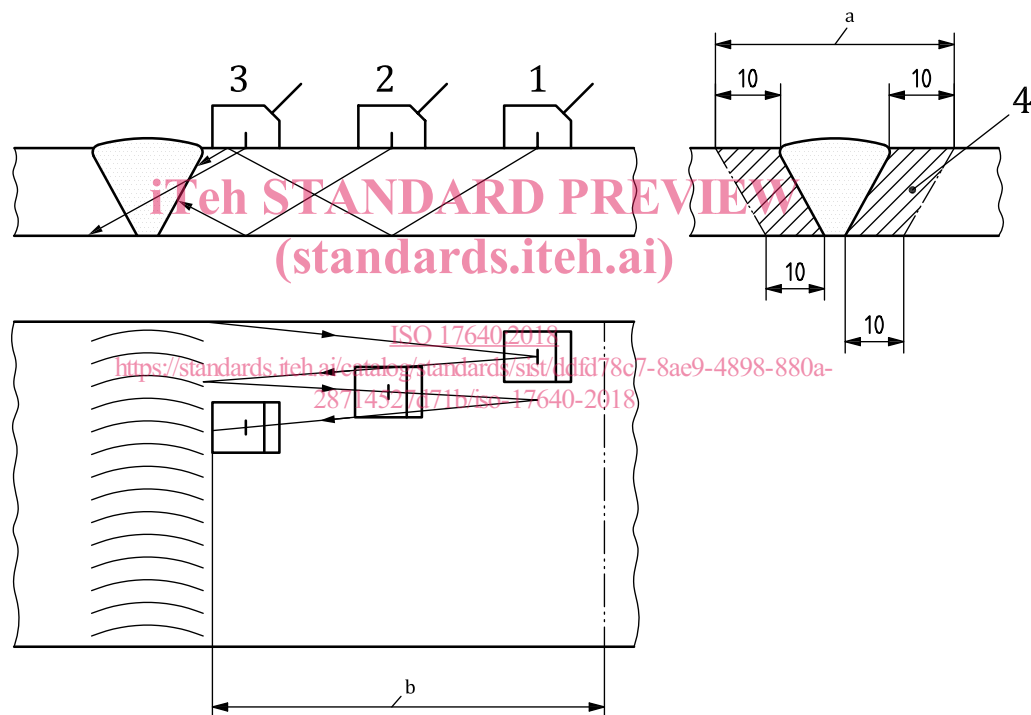
traducteur mesurant jusqu'à 1 mm, ne peuvent être autorisées que si au moins un angle supplémentaire du faisceau est utilisé pour le côté dégradé de la soudure. Ce balayage supplémentaire est nécessaire pour compenser le balayage incomplet de la soudure dû à un jeu de cette dimension.

Les zones de balayage et les surfaces sur lesquelles se réfléchit le faisceau ultrasonore doivent permettre un couplage et une réflexion sans perturbation.

10 Contrôle du métal de base

Le métal de base dans la zone de balayage (voir Figure 2) doit être contrôlé avec des traducteurs droits avant ou après soudage, à moins qu'on ne puisse démontrer (par exemple avec des contrôles antérieurs effectués pendant le procédé de fabrication) que le contrôle de la soudure avec des faisceaux d'angle n'est pas influencé par la présence de défauts ou par une atténuation élevée.

Lorsque des défauts sont détectés, leur incidence sur le contrôle par traducteur d'angle du faisceau proposé doit être évaluée; si nécessaire, les techniques correspondantes doivent être ajustées en conséquence. Si des défauts compromettent sérieusement le contrôle par ultrasons, d'autres techniques de contrôle (par exemple la radiographie) doivent être considérées.



Légende

- 1 position 1, en prenant en compte la largeur de la zone affectée thermiquement
- 2 position 2
- 3 position 3
- 4 zone affectée thermiquement
- a Largeur du volume à contrôler.
- b Largeur de la zone de balayage, ne comprenant pas la largeur de la soudure, du fait de la surépaisseur de la soudure.

Figure 2 — Exemple de volume à contrôler à couvrir lors du balayage pour la détection des discontinuités longitudinales

11 Réglage de la base de temps et de la sensibilité

11.1 Généralités

Un réglage de la base de temps et de sensibilité doit intervenir avant chaque contrôle conformément au présent document et à l'ISO 16811, en tenant compte de l'incidence de la température. L'écart de température pendant le réglage de la base de temps et de la sensibilité et durant le contrôle doit être de ± 15 °C.

Une vérification des réglages doit être effectuée au moins toutes les 4 h et en fin de contrôle. Cette vérification doit également être faite à chaque modification d'un paramètre du système ou quand on soupçonne des modifications des réglages équivalents correspondants.

Si des écarts supérieurs à 2 dB, ou 1 % de la base de temps sont découverts en cours de vérification, les corrections indiquées dans le [Tableau 2](#) doivent être effectuées.

Tableau 2 — Corrections portant sur la sensibilité et la base de temps

Sensibilité		
1	Écarts ≤ 2 dB	Aucune action requise.
2	2 dB < écarts ≤ 4 dB	Le réglage doit être corrigé avant poursuite du contrôle.
3	Réduction de la sensibilité > 4 dB	Le réglage doit être corrigé et tous les contrôles effectués sur la période précédente avec le même matériel doivent être repris.
4	Augmentation de la sensibilité > 4 dB	Le réglage doit être corrigé et toutes les indications enregistrées doivent être soumises à un nouveau contrôle.
Base de temps		
1	Écarts < 1 % de la base de temps	Aucune action requise.
2	1 % de la base de temps < écarts ≤ 2 % de la base de temps	Le réglage doit être corrigé avant poursuite du contrôle.
3	Écarts > 2 % de la base de temps	Le réglage doit être corrigé et tous les contrôles effectués sur la période précédente avec le même matériel doivent être repris.

11.2 Référence pour le réglage de la sensibilité

L'une des techniques suivantes doit être utilisée pour déterminer la référence.

Ces techniques peuvent ne pas donner des résultats d'essai identiques.

Des résultats d'essai différents peuvent résulter de l'utilisation de techniques différentes pour le réglage de la sensibilité.

- Technique 1: la référence est une courbe amplitude-distance (CAD) pour des trous de 3 mm de diamètre percés sur le côté.
- Technique 2: les niveaux de référence pour les ondes transversales et longitudinales utilisant un système de diamètres de réflectivité (DGS) basé sur le diamètre des réflecteurs en forme de disque (D_{DSR}) sont indiqués aux [Tableaux 3](#) et [4](#) respectivement.
- Technique 3: l'entaille de référence doit être une entaille rectangulaire de 1 mm de largeur et 1 mm de profondeur. Cette technique ne s'applique qu'à la gamme d'épaisseurs $8 \text{ mm} \leq t < 15 \text{ mm}$ et qu'aux angles de faisceau $\geq 70^\circ$.
- Technique 4: pour la technique tandem, la référence est un réflecteurs en forme de disque (trou à fond plat) de 6 mm de diamètre (pour toutes les épaisseurs), perpendiculaire à la surface de balayage. Cette technique ne s'applique qu'à un angle de faisceau de 45° et qu'à une épaisseur $t \geq 40 \text{ mm}$.