
**Contrôle non destructif 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 17640:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f22f55b-8a14-4a39-bc83-697018b973fc/iso-17640-2010)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f22f55b-8a14-4a39-bc83-697018b973fc/iso-17640-2010>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 17640:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f22f55b-8a14-4a39-bc83-697018b973fc/iso-17640-2010)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f22f55b-8a14-4a39-bc83-697018b973fc/iso-17640-2010>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2010

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
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Symboles et définitions	2
4 Principe	2
5 Informations requises avant le contrôle	3
5.1 Points à spécifier	3
5.2 Informations spécifiques requises avant le contrôle	3
5.3 Procédure de contrôle écrite	4
6 Exigences relatives au personnel et au matériel	4
6.1 Qualification du personnel	4
6.2 Matériel	4
6.3 Paramètres des palpeurs	4
7 Volume à contrôler	5
8 Préparation des zones de balayage	6
9 Contrôle du métal de base	6
10 Réglage de l'étendue et de la sensibilité	7
10.1 Généralités	7
10.2 Référence pour le réglage de la sensibilité	8
10.3 Niveaux d'évaluation	9
10.4 Correction de transfert	9
10.5 Rapport signal-bruit	9
11 Niveaux de contrôle	9
12 Techniques de contrôle	10
12.1 Généralités	10
12.2 Exploration manuelle	10
12.3 Recherche des défauts perpendiculaires à la surface	10
12.4 Localisation des indications	10
12.5 Évaluation des indications	11
13 Rapport de contrôle	12
Annexe A (normative) Niveaux de contrôle pour différents types d'assemblages soudés	14

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 17640 a été élaborée par le comité technique CEN/TC 121, *Soudage*, sous-comité SC 5, *Contrôle des soudures*, 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 deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 17640:2005), qui a fait l'objet d'une révision technique.

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.

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

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale 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 la présente Norme internationale, 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.

La présente Norme internationale 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.

La présente Norme internationale 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.

La présente Norme internationale peut être utilisée pour l'évaluation des indications, aux fins d'acceptation, par l'une des techniques suivantes:

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

Les techniques utilisées doivent être spécifiées.

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 5817, *Soudage — Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages soudés par fusion (soudage par faisceau exclu) — Niveaux de qualité par rapport aux défauts*

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

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

ISO 23279, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Caractérisation des indications dans les assemblages soudés*

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

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

EN 583-1, *Essais non destructifs — Contrôle ultrasonore — Partie 1: Principes généraux*

EN 583-2, *Essais non destructifs — Contrôle ultrasonore — Partie 2: Réglage de la sensibilité et de la base de temps*

EN 583-4, *Essais non destructifs — Contrôle ultrasonore — Partie 4: Contrôle des discontinuités perpendiculaires à la surface*

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

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

3 Symboles et définitions

3.1 Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans l'EN 1330-4 et l'ISO 17635 s'appliquent.

3.2 Pour les symboles, leurs définitions et les unités, voir le Tableau 1.

Les indications doivent être considérées comme longitudinales ou transversales, selon l'orientation de leur plus grande dimension par rapport à l'axe de la soudure, conformément à la Figure 2.

Tableau 1 — Symboles, définitions et unités

Symbole	Définition	Unité
D_{DSR}	diamètre du réflecteur en forme de disque	mm
h	hauteur de l'indication dans la direction de la profondeur	mm
l	longueur de l'indication	mm
l_x	longueur projetée de l'indication dans la direction x	mm
l_y	longueur projetée de l'indication dans la direction y	mm
p	distance projetée entière	mm
t	épaisseur du métal de base (partie la plus mince)	mm
x	position de l'indication dans la direction longitudinale	mm
y	position de l'indication dans la direction transversale	mm
z	position de l'indication en profondeur	mm

4 Principe

L'objet de la présente Norme internationale est de décrire des techniques générales de contrôle par ultrasons de 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 la présente

Norme internationale se rapportent au matériel, à la préparation, au contrôle lui-même et au rapport de contrôle. Les paramètres spécifiés, en particulier ceux relatifs aux palpeurs, sont compatibles avec les exigences de l'ISO 11666 et de l'ISO 23279.

5 Informations requises avant le contrôle

5.1 Points à spécifier

Ils comprennent:

- a) la méthode d'établissement du niveau de référence;
- b) la méthode à utiliser pour l'évaluation des indications;
- c) les niveaux d'acceptation;
- d) le niveau de contrôle;
- e) le ou les stades de fabrication ou de mise en œuvre auxquels le contrôle doit être effectué;
- f) la qualification du personnel;
- g) l'étendue du contrôle pour les indications transversales;
- h) les exigences relatives à un contrôle tandem supplémentaire (voir l'EN 583-4);
- 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.

5.2 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 5.3);
- b) le ou les types de métaux de base et la forme du produit (c'est-à-dire moulé, forgé ou laminé);
- c) la 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 renseignements pertinents concernant le procédé de soudage;
- h) les exigences relatives au rapport;
- i) les niveaux d'acceptation;

- j) l'étendue des contrôles y compris, au besoin, les exigences relatives au contrôle des indications transversales;
- k) le niveau de contrôle;
- l) le niveau de qualification du personnel;
- m) les procédures relatives aux actions correctives si le contrôle révèle des défauts inacceptables.

5.3 Procédure de contrôle écrite

Les définitions et exigences figurant dans la présente Norme internationale répondent normalement au besoin d'une procédure de contrôle écrite.

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

6 Exigences relatives au personnel et au matériel

6.1 Qualification du personnel

Le personnel effectuant des contrôles non destructifs conformément à la présente Norme internationale doit être qualifié et certifié à un niveau approprié pour le contrôle par ultrasons conformément à l'ISO 9712 ou à l'EN 473, 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.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f22f55b-8a14-4a39-bc83-697018b973fc/iso-17640-2010>

6.2 Matériel

Tout matériel utilisé pour le contrôle des soudures, conformément à la présente Norme internationale, doit satisfaire aux exigences de l'EN 12668 (toutes les parties).

6.3 Paramètres des palpeurs

6.3.1 Fréquence d'essai

La fréquence doit être comprise entre 2 MHz et 5 MHz, et doit être choisie en fonction des niveaux d'acceptation spécifiés.

Lors du contrôle initial, la fréquence doit être aussi basse que possible, dans l'intervalle ci-dessus, lorsque l'évaluation est effectuée conformément aux niveaux d'acceptation fondés sur la longueur et l'amplitude, par exemple 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 indications, par exemple l'ISO 23279.

Des fréquences d'environ 1 MHz peuvent être utilisées pour des contrôles effectués avec de grands trajets ultrasonores dans un matériau ayant des caractéristiques d'atténuation supérieures à la moyenne.

6.3.2 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 d'incidence sont utilisés, au moins l'un des palpeurs d'angle utilisés doit satisfaire à cette exigence. L'un des

angles d'incidence 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 d'incidence est prescrite, la différence entre les angles de faisceau nominaux doit être supérieure ou égale à 10°.

L'angle d'incidence du palpeur 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'EN 583-2. Si les angles d'incidence ne peuvent pas être déterminés comme spécifié dans la présente Norme internationale, 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.

6.3.3 Taille de l'élément

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

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

6.3.4 Adaptation des palpeurs aux zones de balayage incurvées

Le jeu, g , entre la surface examinée et la semelle du palpeur ne doit pas dépasser 0,5 mm.

Sur les surfaces cylindriques ou sphériques, cette exigence peut être vérifiée à l'aide de l'Équation (1):

$$g = \frac{a^2}{D} \quad (1)$$

ISO 17640:2010
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f22f55b-8a14-4a39-bc83-697018b973fc/iso-17640-2010>

où

a est la dimension, en millimètres, du sabot du palpeur dans le sens du contrôle;

D est le diamètre, en millimètres, de la pièce.

Si par ce calcul on obtient une largeur de g supérieure à 0,5 mm, le sabot du palpeur doit être adapté à la surface; la sensibilité et l'étendue doivent être réglées en conséquence.

6.3.5 Milieu de couplage

Le milieu de couplage doit être conforme à l'EN 583-1. Le milieu de couplage utilisé pour le réglage de la sensibilité et de l'étendue doit être le même que celui utilisé lors de l'essai.

7 Volume à contrôler

Le volume à contrôler (voir Figure 1) est défini par la zone incluant 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, ou bien la largeur de la zone affectée thermiquement.

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 6.3.2, d'autres techniques de contrôle par ultrasons, 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 palpeur d'angle à élément double, palpeur à ondes de Lamb, 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.

8 Préparation des zones de balayage

Les zones de balayage doivent être assez larges pour permettre de couvrir totalement le volume à contrôler (voir Figure 1). 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.

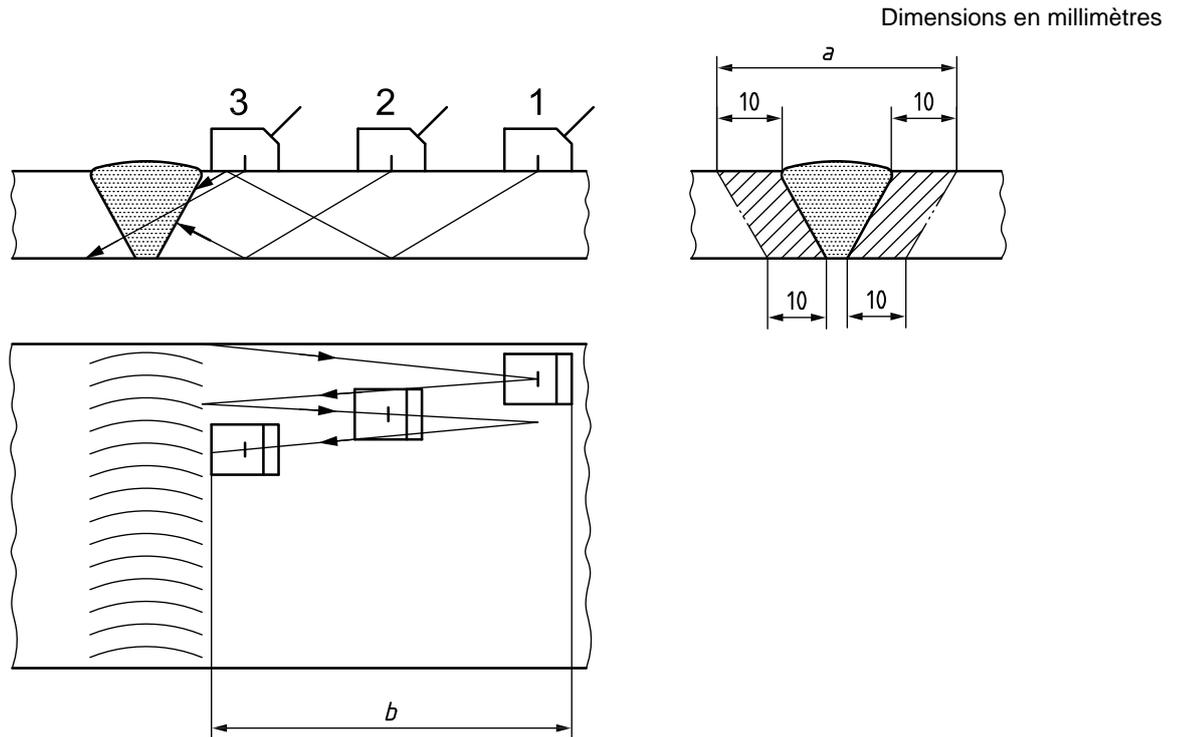
Les zones de balayage doivent être planes et exemptes de matières étrangères (par exemple rouille, calamine, projections de soudure, entailles, rainures) à même de perturber le couplage du palpeur. L'ondulation de la surface de contrôle ne doit pas laisser un jeu supérieur à 0,5 mm entre le palpeur et 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 palpeur mesurant jusqu'à 1 mm, ne peuvent être autorisées que si au moins un angle d'incidence supplémentaire 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.

9 Contrôle du métal de base

Le métal de base dans la zone de balayage (voir Figure 1) doit être contrôlé avec des palpeurs 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 palpeurs 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 palpeur d'angle 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
- 2 position 2
- 3 position 3

a largeur du volume à contrôler

b largeur de la zone de balayage

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17640:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f22f55b-8a14-4a39-bc83-697018b973fc/iso-17640-2010>

Figure 1 — Exemple de volume à contrôler à couvrir lors du balayage pour la détection des indications longitudinales

10 Réglage de l'étendue et de la sensibilité

10.1 Généralités

Un réglage d'étendue et de sensibilité doit intervenir avant chaque contrôle conformément à la présente Norme internationale et à l'EN 583-2, en tenant compte de l'incidence de la température. L'écart de température pendant le réglage de l'étendue 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 sont découverts en cours de vérification, les corrections indiquées dans le Tableau 2 doivent être effectuées.

Tableau 2 — Corrections portant sur la sensibilité et l'étendue

Sensibilité		
1	Écarts ≤ 4 dB	Le réglage doit être corrigé avant poursuite du contrôle.
2	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.
3	Augmentation de la sensibilité > 4 dB	Le réglage doit être corrigé et toutes les indications enregistrées doivent être soumises à un nouveau contrôle.
Étendue		
1	Écarts ≤ 2 % de l'étendue	Le réglage doit être corrigé avant poursuite du contrôle.
2	Écarts > 2 % de l'étendue	Le réglage doit être corrigé et tous les contrôles effectués sur la période précédente avec le même matériel doivent être repris.

10.2 Référence pour le réglage de la sensibilité

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

- a) Technique 1: la référence est une courbe amplitude-distance (CAD) pour des trous de 3 mm de diamètre percés sur le côté.
- b) Technique 2: les niveaux de référence pour les ondes transversales et longitudinales utilisant un système de diamètres de réflectivité (DGS) basé sur le diamètre du réflecteur en forme de disque (DSR) sont indiqués aux Tableaux 3 et 4 respectivement. [ISO 17640:2010](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f22f55b-8a14-4a39-bc83-11e7-7777/iso-17640-2010)
- c) 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 mm ≤ t < 15 mm et qu'aux angles de faisceau ≥ 70°.
- d) Technique 4: pour la technique tandem, la référence est un trou à fond plat de 6 mm de diamètre (pour toutes les épaisseurs), perpendiculaire à la zone de balayage. Cette technique ne s'applique qu'à un angle de faisceau de 45° et à une épaisseur t ≥ 15 mm.

La longueur des trous percés sur le côté et des entailles doit être supérieure à la largeur du faisceau ultrasonore mesurée à -20 dB.

Tableau 3 — Niveaux de référence pour les niveaux d'acceptation 2 et 3 pour la technique 2 utilisant un palpeur d'angle en ondes transversales

Fréquence nominale du palpeur MHz	Épaisseur du matériau de base, t					
	8 mm ≤ t < 15 mm		15 mm ≤ t < 40 mm		40 mm ≤ t < 100 mm	
	AL 2	AL 3	AL 2	AL 3	AL 2	AL 3
1,5 à 2,5	—	—	D _{DSR} = 2,5 mm	D _{DSR} = 2,5 mm	D _{DSR} = 3,0 mm	D _{DSR} = 3,0 mm
3,0 à 5,0	D _{DSR} = 1,5 mm	D _{DSR} = 1,5 mm	D _{DSR} = 2,0 mm	D _{DSR} = 2,0 mm	D _{DSR} = 3,0 mm	D _{DSR} = 3,0 mm

D_{DSR} est le diamètre du réflecteur en forme de disque.