
**Essais non destructifs —
Caractérisation et vérification
de l'appareillage de contrôle par
ultrasons —**

**Partie 2:
Traducteurs**

*Non-destructive testing — Characterization and verification of
ultrasonic test equipment —*

Part 2: Probes

ISO 22232-2:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ae34c4b3-f969-404d-852c-be021052dceb/iso-22232-2-2020>



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 22232-2:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ae34c4b3-f969-404d-852c-be021052dceb/iso-22232-2-2020>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

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	1
4 Symboles	3
5 Exigences générales de conformité	4
6 Informations techniques sur les traducteurs	5
6.1 Généralités	5
6.2 Fiche technique du traducteur	5
6.3 Rapport d'essai du traducteur	6
7 Équipement de contrôle	7
7.1 Équipement électronique	7
7.2 Blocs d'essai et autre équipement	8
8 Exigences de performance des traducteurs	15
8.1 Aspects physiques	15
8.1.1 Mode opératoire	15
8.1.2 Critère d'acceptation	15
8.2 Forme, amplitude et durée des impulsions	15
8.2.1 Mode opératoire	15
8.2.2 Critère d'acceptation	17
8.3 Spectre de fréquences et bande passante	17
8.3.1 Mode opératoire	17
8.3.2 Critères d'acceptation	17
8.4 Sensibilité de la réflexion	18
8.4.1 Mode opératoire	18
8.4.2 Critère d'acceptation	18
8.5 Courbe amplitude-distance	18
8.5.1 Généralités	18
8.5.2 Mode opératoire	18
8.5.3 Critère d'acceptation	20
8.6 Paramètres du faisceau des traducteurs pour contrôle par immersion	20
8.6.1 Généralités	20
8.6.2 Profil du faisceau — Mesurages directement réalisés sur le faisceau	21
8.6.3 Profil du faisceau — Mesurages effectués avec un système de balayage automatique	28
8.7 Paramètres du faisceau pour les traducteurs droits à contact à transducteur simple	31
8.7.1 Généralités	31
8.7.2 Divergence du faisceau et lobes secondaires	31
8.7.3 Angle de bigle et décalage pour traducteurs droits	32
8.7.4 Distance focale (longueur du champ proche)	33
8.7.5 Largeur focale	34
8.7.6 Longueur de la zone focale	34
8.8 Paramètres du faisceau pour les traducteurs de faisceau d'angle à contact à transducteur simple	35
8.8.1 Généralités	35
8.8.2 Point d'émergence	35
8.8.3 Angle du faisceau et divergence du faisceau	35
8.8.4 Angle de bigle et décalage pour traducteurs de faisceau d'angle	38
8.8.5 Distance focale (longueur du champ proche)	41
8.8.6 Largeur focale	42
8.8.7 Longueur de la zone focale	42

8.9	Paramètres du faisceau pour les traducteurs droits à contact à émetteur et récepteur séparés	43
8.9.1	Généralités	43
8.9.2	Trajet de retard de la ligne de retard	43
8.9.3	Distance focale	43
8.9.4	Plage de sensibilité axiale (zone focale)	43
8.9.5	Plage de sensibilité latérale (largeur focale)	44
8.10	Paramètres du faisceau pour les traducteurs de faisceau d'angle à contact à émetteur et récepteur séparés	45
8.10.1	Généralités	45
8.10.2	Point d'émergence	45
8.10.3	Angle du faisceau et profils	45
8.10.4	Trajet de retard du sabot	46
8.10.5	Distance jusqu'à la sensibilité maximale (distance focale)	46
8.10.6	Plage de sensibilité axiale (longueur de la zone focale)	47
8.10.7	Plage de sensibilité latérale (largeur focale)	47
8.11	Diaphonie	47
8.11.1	Mode opératoire	47
8.11.2	Critère d'acceptation	47
Annexe A (informative) Calcul de la longueur du champ proche des traducteurs non focalisés		48
Annexe B (informative) Bloc d'étalonnage pour traducteurs de faisceau d'angle		51
Annexe C (informative) Détermination de la ligne de retard et des retards de sabot		55
Bibliographie		56

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

ISO 22232-2:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ae34c4b3-f969-404d-852c-be021052dceb/iso-22232-2-2020>

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 135, *Essais non destructifs*, sous-comité SC 3, *Contrôle par ultrasons*, en collaboration avec le comité technique du Comité européen de normalisation (CEN) CEN/TC 138, *Essais non destructifs*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 22232 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.

Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons —

Partie 2: Traducteurs

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les caractéristiques des traducteurs utilisés pour les contrôles non destructifs par ultrasons appartenant aux catégories suivantes, de fréquence centrale comprise entre 0,5 MHz et 15 MHz, avec ou sans focalisation:

- a) traducteurs à contact à transducteur simple ou à émetteur et récepteur séparés, générant des ondes longitudinales et/ou transversales;
- b) traducteurs pour contrôle en immersion à transducteur simple.

Lorsque des valeurs ultrasonores dépendantes du matériau sont spécifiées dans le présent document, elles sont basées sur des aciers dont la vitesse de l'onde ultrasonore est de $(5\,920 \pm 50)$ m/s pour les ondes longitudinales, et de $(3\,255 \pm 30)$ m/s pour les ondes transversales.

Le présent document exclut les essais périodiques pour les traducteurs. Les essais de routine pour la vérification des traducteurs à l'aide de modes opératoires sur site sont décrits dans l'ISO 22232-3.

Si d'autres paramètres que ceux spécifiés dans l'ISO 22232-3 doivent être vérifiés pendant la durée de vie du traducteur, suivant ce qui a été convenu entre les parties contractantes, les modes opératoires de vérification de ces paramètres supplémentaires peuvent être sélectionnés parmi celles décrites dans le présent document.

Le présent document exclut également les traducteurs par ultrasons en multiéléments; par conséquent, voir l'ISO 18563-2.

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

ISO 7963, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Spécifications relatives au bloc d'étalonnage n° 2*

ISO 22232-1, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons — Partie 1: Appareils*

ISO/IEC 17050-1, *Évaluation de la conformité — Déclaration de conformité du fournisseur — Partie 1: Exigences générales*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 5577 ainsi que les suivants s'appliquent.

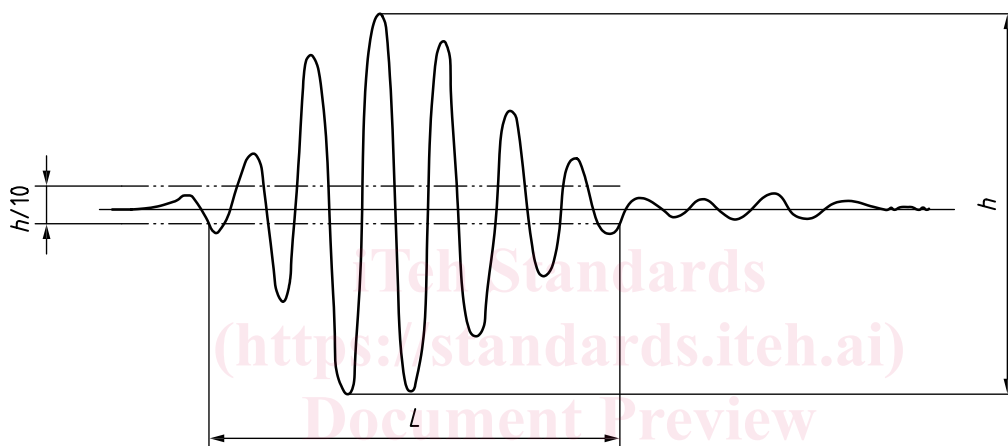
L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

3.1
plan horizontal
<traducteurs de faisceau d'angle> plan perpendiculaire au *plan vertical* (3.7) du faisceau acoustique incluant l'axe du faisceau dans le matériau

3.2
amplitude crête à crête
écart entre la plus grande amplitude positive et la plus grande amplitude négative de l'impulsion

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).



Légende

h amplitude crête à crête
 L durée d'impulsion

Figure 1 — Impulsion ultrasonore type

3.3
fiche technique du traducteur
document décrivant les spécifications techniques du fabricant concernant un même type de traducteurs, c'est-à-dire des traducteurs fabriqués en série

Note 1 à l'article: La fiche technique ne doit pas nécessairement être un certificat d'essai de performances.

Note 2 à l'article: Pour les traducteurs conçus ou fabriqués de manière individuelle, il se peut que certains paramètres ne soient pas précisément connus avant la fabrication.

3.4
rapport d'essai du traducteur
document attestant la conformité au présent document et indiquant les valeurs mesurées pour les paramètres requis d'un traducteur spécifique, y compris l'équipement et les conditions de contrôle

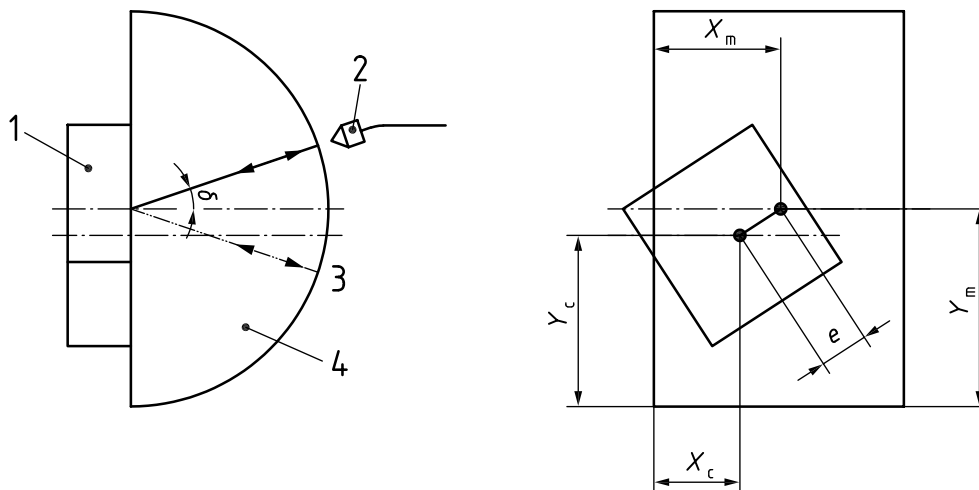
3.5
côté de référence
côté droit d'un traducteur de faisceau d'angle lorsque l'on regarde dans la direction du faisceau, sauf spécification contraire du fabricant

3.6

angle de bigle pour traducteurs droits

écart entre l'axe du faisceau et la ligne perpendiculaire à la surface de couplage au point d'incidence

Note 1 à l'article: Voir [Figure 2](#).



Légende

- 1 traducteur ultrasonore droit
- 2 récepteur EMA
- 3 point d'écho
- 4 bloc d'essai semi-cylindrique

- e décalage
- δ angle de bigle pour traducteurs droits
- X_c, Y_c coordonnées du centre du traducteur
- X_m, Y_m coordonnées du récepteur EMA
- X_c, Y_c coordonnées du centre du bloc

Figure 2 — Angle de bigle et décalage pour un traducteur droit

3.7

plan vertical

<traducteurs de faisceau d'angle> plan passant par l'axe du faisceau acoustique dans le sabot du traducteur et l'axe du faisceau de l'objet contrôlé

3.8

tolérance d'usure

usure maximale de la surface de contact du traducteur qui n'affecte pas les performances du traducteur

Note 1 à l'article: La tolérance d'usure est généralement exprimée en millimètres.

4 Symboles

Symbole	Unité	Signification
L	μs	Durée d'impulsion
h	V	Amplitude crête à crête
f_o	Hz	Fréquence centrale
f_u	Hz	Fréquence de coupure supérieure
f_l	Hz	Fréquence de coupure inférieure
Δf	Hz	Bande passante
Δf_{rel}	%	Bande passante relative
S	dB	Sensibilité de la réflexion
N_0	mm	Longueur du champ proche

Symbole	Unité	Signification
F_D	mm	Distance focale
F_L	mm	Longueur de la zone focale à -6 dB en utilisant un réflecteur ou -3 dB en utilisant un hydrophone
Z_P	mm	Point focal
W_x	mm	Largeur focale sur l'axe X
W_y	mm	Largeur focale sur l'axe Y
Ω_x	°	Angle de divergence du faisceau dans la direction de l'axe X
Ω_y	°	Angle de divergence du faisceau dans la direction de l'axe Y
X	mm	Point d'émergence du transducteur
α	°	Angle du faisceau
δ	°	Angle de bigle pour transducteurs droits

5 Exigences générales de conformité

Un transducteur ultrasonore est conforme au présent document s'il satisfait à la totalité des exigences suivantes:

- le transducteur doit être conforme à l'[Article 8](#);
- une déclaration de conformité établie selon l'ISO/IEC 17050-1 doit être disponible;
- le transducteur ultrasonore doit porter un marquage permettant d'identifier clairement le fabricant, ainsi qu'un numéro de série unique ou un numéro de référence permanent à partir duquel il est possible de tracer les informations jusqu'à la fiche technique et le rapport d'essai du transducteur;
- la fiche technique du transducteur correspondant au transducteur ultrasonore, qui définit les critères de performance conformément à l'[Article 6](#), doit être disponible;
- un rapport d'essai contenant au moins les résultats d'essai de l'[Article 6](#) doit être fourni avec le transducteur.

Le [Tableau 1](#) résume les essais à réaliser sur les transducteurs ultrasonores.

Tableau 1 — Liste des essais relatifs aux transducteurs ultrasonores

Titre de l'essai	Essais du fabricant
	Paragraphe
Aspects physiques	8.1
Forme, amplitude et durée des impulsions	8.2
Spectre de fréquences et bande passante	8.3
Sensibilité de la réflexion	8.4
Courbe amplitude-distance	8.5
Paramètres du faisceau des transducteurs pour contrôle par immersion	8.6
Profil axial – Distance focale et longueur de la zone focale	8.6.2.2
Profil transversal – Largeur focale	8.6.2.3
Profil transversal – Divergence du faisceau	8.6.2.4
Profil du faisceau obtenu par des moyens de balayage – Distance focale et longueur focale	8.6.3.2
Profil du faisceau obtenu par des moyens de balayage – Largeur focale et divergence du faisceau	8.6.3.3
Paramètres du faisceau pour les transducteurs droits à contact à transducteur simple	8.7

Tableau 1 (suite)

Titre de l'essai	Essais du fabricant
	Paragraphe
Divergence du faisceau et lobes secondaires	8.7.2
Angle de bigle et décalage pour traducteurs droits	8.7.3
Distance focale (longueur du champ proche)	8.7.4
Largeur focale	8.7.5
Longueur de la zone focale	8.7.6
Paramètres du faisceau pour les traducteurs de faisceau d'angle à contact à transducteur simple	8.8
Point d'émergence	8.8.2
Angle du faisceau et divergence du faisceau	8.8.3
Angle de bigle et décalage	8.8.4
Distance focale (longueur du champ proche)	8.8.5
Largeur focale	8.8.6
Longueur de la zone focale	8.8.7
Paramètres du faisceau pour les traducteurs droits à contact à émetteur et récepteur séparés	8.9
Trajet de retard de la ligne de retard	8.9.2
Distance focale	8.9.3
Plage de sensibilité axiale (zone focale)	8.9.4
Plage de sensibilité latérale (largeur focale)	8.9.5
Paramètres du faisceau pour les traducteurs de faisceau d'angle à contact à émetteur et récepteur séparés	8.10
Point d'émergence	8.10.2
Angle du faisceau et profils	8.10.3
Trajet de retard du sabot	8.10.4
Distance jusqu'à la sensibilité maximale (distance focale)	8.10.5
Plage de sensibilité axiale (longueur de la zone focale)	8.10.6
Plage de sensibilité latérale (largeur focale)	8.10.7
Diaphonie	8.11

6 Informations techniques sur les traducteurs

6.1 Généralités

Les conditions d'essai et l'équipement utilisé pour l'évaluation des paramètres des traducteurs doivent être répertoriés dans une liste (voir [Tableau 2](#)).

Pour les traducteurs conçus ou fabriqués de manière individuelle, il se peut que certains paramètres ne soient pas précisément connus avant la fabrication. Dans ce cas, les valeurs mesurées doivent être utilisées comme valeurs de référence.

6.2 Fiche technique du traducteur

La fiche technique du traducteur établit la liste des informations à communiquer pour tous les traducteurs couverts par le domaine d'application du présent document (voir [Tableau 2](#)).

6.3 Rapport d'essai du traducteur

Le rapport d'essai du traducteur fournit les valeurs mesurées des paramètres requis d'un traducteur spécifique, ainsi que d'autres informations de la fiche technique du traducteur (voir [Tableau 2](#)).

Le rapport d'essai du traducteur doit mentionner le numéro de série unique ou le numéro de référence permanent afin d'établir un lien unique entre le traducteur spécifique et le rapport d'essai du traducteur.

Tableau 2 — Liste des informations à fournir dans une fiche technique et un rapport d'essai d'un traducteur

Informations à fournir	Fiche technique du traducteur	Rapport d'essai du traducteur	Commentaire
Nom du fabricant	I	I	—
Type de traducteur	I	I	—
Numéro de série du traducteur	—	I	—
Dimensions du boîtier du traducteur	I	I	—
Poids du traducteur	I	I	—
Type de connecteurs	I	I	—
Interchangeabilité des connecteurs	I	I	Uniquement pour les traducteurs à émetteur et récepteur séparés
Diaphonie	I	M	Uniquement pour les traducteurs à émetteur et récepteur séparés
Matériau du transducteur	I	I	—
Forme et taille du transducteur	I	I	—
Angle de toit des transducteurs	I	I	Uniquement pour les traducteurs à émetteur et récepteur séparés
Matériau du sabot	I	I	Uniquement pour les traducteurs de faisceau d'angle
Trajet de retard du sabot	I	I	Uniquement pour les traducteurs de faisceau d'angle
Matériau de la ligne de retard	I	I	Uniquement pour les traducteurs droits
Retard de la ligne de retard	I	I	Uniquement pour les traducteurs droits
Matériau de la couche de protection	I	I	—
Tolérance d'usure	I	I	—
Forme d'impulsion	I	M	—
Spectre de fréquences	I	M	—
Fréquence centrale	I	M	—
Bande passante	I	M	—
Durée d'impulsion	I	M	—
Sensibilité de la réflexion	I	M	—
Angle du faisceau	I	M	Uniquement pour les traducteurs de faisceau d'angle
Angle de divergence	I	I	Non adapté aux traducteurs pour contrôle en immersion focalisé
Angle de bigle	I	I	—
Décalage de l'angle de bigle	I	I	—
Légende			
I informations			
M mesurage			

Tableau 2 (suite)

Informations à fournir	Fiche technique du traducteur	Rapport d'essai du traducteur	Commentaire
Point d'émergence du traducteur	I	I	Uniquement pour les traducteurs de faisceau d'angle La distance entre le point d'émergence du traducteur et l'avant du traducteur peut également être indiquée
Type de foyer	I	I	—
Distance focale ou longueur du champ proche	I	I	—
Largeur de la zone focale	I	I	Uniquement pour les traducteurs focalisés
Longueur de la zone focale	I	I	Uniquement pour les traducteurs focalisés
Plage de températures de service	I	I	—
Plage de températures de stockage	I	I	—
CAD	I	—	—
Courbe amplitude-distance disponible	I	—	—
Équipement utilisé	I	I	—
Conditions d'essai	I	I	—
Aspects physiques	—	I	—
Légende I informations M mesurage			

7 Équipement de contrôle

ISO 22232-2:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/ae34c4b3-f969-404d-852c-be021052dceb/iso-22232-2-2020>

7.1 Équipement électronique

L'appareil de contrôle par ultrasons (ou le générateur d'impulsions/le récepteur de laboratoire) utilisé pour les essais spécifiés à l'Article 8 doit être du type indiqué sur la fiche technique du traducteur, et être conforme à l'ISO 22232-1 selon le cas applicable.

Lorsque plusieurs types d'appareils de contrôle par ultrasons sont mentionnés, les essais doivent être renouvelés pour chacun des types supplémentaires désignés.

Les essais doivent être réalisés avec les câbles du traducteur et les dispositifs d'adaptation électrique spécifiés dans la fiche technique du traducteur et devant être utilisés avec le type particulier d'appareil de contrôle par ultrasons.

NOTE Les fils des traducteurs dont la longueur est supérieure à 2 m environ peuvent avoir un impact significatif sur les performances des traducteurs.

En plus de l'appareil de contrôle par ultrasons ou du générateur d'impulsions/récepteur de laboratoire, il est essentiel de disposer de l'équipement suivant pour évaluer les traducteurs conformément au présent document:

- un oscilloscope avec une bande passante minimale de 100 MHz;
- un analyseur de spectre de fréquences avec une bande passante minimale de 100 MHz, ou un oscilloscope/numériseur ou un calculateur capable d'effectuer des transformées de Fourier discrètes (TFD).

L'équipement supplémentaire suivant est facultatif:

- c) pour les traducteurs à contact uniquement:
 - 1) un traducteur électromagnétique acoustique (EMA) et un récepteur;
 - 2) un traceur pour tracer des diagrammes de directivité;
- d) pour les traducteurs pour contrôle en immersion uniquement:
 - un récepteur d'hydrophone avec un diamètre actif inférieur à deux fois la longueur d'onde ultrasonore centrale du traducteur (fréquence centrale) soumis à essai, mais non inférieur à 0,5 mm. La bande passante de l'hydrophone et de l'amplificateur doit couvrir la bande passante du traducteur en essai.

7.2 Blocs d'essai et autre équipement

Pour les traducteurs à contact à utiliser sur de l'acier au carbone, la qualité du bloc d'essai doit être conforme à celle définie dans l'ISO 7963. Pour les traducteurs à contact à utiliser sur d'autres matériaux comme l'acier inoxydable, l'aluminium, le titane ou les matières plastiques, le matériau du bloc d'essai doit être documenté dans la fiche technique du traducteur ou le rapport d'essai du traducteur, en précisant la vitesse de l'onde ultrasonore mesurée. L'atténuation acoustique des autres matériaux, en particulier des matières plastiques, doit être prise en compte.

Les blocs d'essai et l'équipement supplémentaire suivants doivent être utilisés pour réaliser l'ensemble des contrôles spécifiés, pour les traducteurs à contact.

- a) Des blocs semi-cylindriques avec différents rayons (R) compris entre 12 mm et 200 mm. Des paliers de $R\sqrt{2}$ sont recommandés. La longueur de chaque bloc doit être supérieure ou égale à son rayon, jusqu'à une longueur maximale de 100 mm. Un exemple en est donné à la [Figure 3](#).
- b) Des blocs à faces parallèles et de différentes épaisseurs comprises entre 12 mm et 200 mm. La longueur et la largeur de chaque bloc doivent être supérieures ou égales à son épaisseur, jusqu'à une longueur maximale de 100 mm.
- c) Des blocs ayant des trous de génératrice parallèles à la surface d'essai, de préférence de 3 mm ou de 1,5 mm de diamètre, comme représenté à la [Figure 4](#) ou la [Figure 5](#), respectivement. Pour les traducteurs avec des fréquences centrales allant jusqu'à 2 MHz, des trous de génératrice de 5 mm de diamètre sont recommandés. Les blocs doivent satisfaire aux exigences suivantes:
 - 1) la longueur, la hauteur et la largeur doivent être choisies pour que les côtés des blocs n'interfèrent pas avec le faisceau ultrasonore;
 - 2) les positions de profondeur des trous doivent être telles qu'au moins trois trous débouchent en dehors du champ proche;
 - 3) la position des trous doit être telle que les signaux n'interfèrent pas; par exemple, l'amplitude présente une chute d'amplitude d'au moins 26 dB entre deux trous adjacents.