
**Essais non destructifs — Contrôle par
ultrasons — Caractérisation et
dimensionnement des discontinuités**

*Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Characterization and
sizing of discontinuities*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16827:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-
7ea9347f538f/iso-16827-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012)



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 16827:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées 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 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

Version française parue en 2013

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives.....	1
3 Principes de caractérisation des discontinuités.....	1
3.1 Généralités	1
3.2 Exigences relatives à l'état de surface.....	2
4 Contrôles par réflexion	2
4.1 Généralités	2
4.2 Localisation de la discontinuité.....	2
4.3 Orientation de la discontinuité.....	3
4.4 Évaluation des indications multiples	3
4.5 Forme de la discontinuité.....	3
4.5.1 Classification simple.....	3
4.5.2 Classification détaillée de la forme	4
4.6 Hauteur maximale de l'écho d'une indication	4
4.7 Dimension d'une discontinuité.....	4
4.7.1 Généralités	4
4.7.2 Techniques fondées sur la hauteur maximale de l'écho.....	4
4.7.3 Techniques de dimensionnement par déplacement du transducteur	5
4.7.4 Choix des techniques de dimensionnement.....	6
4.7.5 Techniques de dimensionnement avec faisceaux ultrasonores focalisés	6
4.7.6 Utilisation d'algorithmes mathématiques pour le dimensionnement	6
4.7.7 Techniques de dimensionnement spéciales	7
5 Contrôle par transmission.....	7
5.1 Généralités	7
5.2 Localisation de la discontinuité.....	8
5.3 Évaluation des discontinuités multiples.....	8
5.4 Réduction de l'amplitude du signal.....	8
5.5 Dimensionnement d'une discontinuité	9
Annexe A (normative) Analyse des indications multiples.....	12
A.1 Caractérisation latérale.....	12
A.2 Caractérisation transversale (dans le sens de l'épaisseur).....	12
A.3 Technique du masque.....	12
Annexe B (normative) Techniques pour la classification des formes de discontinuités	14
B.1 Classification élémentaire	14
B.1.1 Généralités	14
B.1.2 Technique de reconstruction	14
B.1.3 Technique de l'écho enveloppe	14
B.2 Classification détaillée.....	14
B.2.1 Généralités	14
B.2.2 Technique du schéma dynamique d'écho	15
B.2.3 Réflectivité directionnelle.....	17
B.3 Combinaison de données.....	17
Annexe C (informative) Technique de dimensionnement fondée sur la hauteur maximale de l'écho.....	25
C.1 Technique des diamètres de réflectivité (AVG).....	25
C.1.1 Principe	25
C.1.2 Applications et limites	25
C.2 Technique de la courbe de correction amplitude/distance (CAD)	25
C.2.1 Principe	25

C.2.2	Applications et limites.....	26
Annexe D	(normative) Techniques de dimensionnement par déplacement du traducteur.....	27
D.1	Techniques à niveau d'amplitude à seuil	27
D.1.1	Principe.....	27
D.1.2	Applications et limites.....	27
D.2	Technique de la chute de 6 dB par rapport au niveau maximal	27
D.2.1	Principe.....	27
D.2.2	Applications et limites.....	28
D.3	Technique de la chute de 12 ou 20 dB par rapport au niveau maximal	28
D.3.1	Principe.....	28
D.3.2	Applications et limites.....	28
D.4	Technique de la chute au niveau de bruit	28
D.4.1	Principe.....	28
D.4.2	Applications et limites.....	29
D.5	Technique de localisation des extrémités avec chute de 6 dB.....	29
D.5.1	Principe.....	29
D.5.2	Applications et limites.....	29
D.6	Technique de localisation des extrémités par rapport à l'axe du faisceau	29
D.6.1	Principe.....	29
D.6.2	Applications et limites.....	30
D.7	Technique de localisation des extrémités avec chute de 20 dB.....	30
D.7.1	Principe.....	30
D.7.2	Applications et limites.....	30
Annexe E	(normative) Technique de dimensionnement par itération.....	39
E.1	Domaine d'application.....	39
E.2	Essai sous incidence normale	39
E.2.1	Principe.....	39
E.2.2	Réglage du gain	39
E.2.3	Mode opératoire.....	39
E.3	Essai sous incidence oblique.....	40
Annexe F	(normative) Algorithmes mathématiques pour l'estimation de la dimension réelle d'une discontinuité.....	44
F.1	Discontinuités planes étendues.....	44
F.2	Petites discontinuités planes	45
F.3	Discontinuités planes dans une pièce cylindrique	47
Annexe G	(informative) Exemples de techniques de dimensionnement spéciales	49
G.1	Techniques de diffraction des extrémités.....	49
G.2	Technique de focalisation à ouverture synthétique (SAFT).....	50

ITeCh STANDARD PREVIEW
 (standards.itech.ai)
 ISO 16827:2012
<https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ca95471d568/iso-16827-2012>

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 16827 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, sous-comité SC 3, *Essais aux ultrasons*.

(standards.iteh.ai)

[ISO 16827:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012>

Introduction

La présente Norme internationale est fondée sur l'EN 583-5:2000+A1:2003, *Essais non destructifs — Contrôle ultrasonore — Partie 5: Caractérisation et dimensionnement des discontinuités*.

Les Normes internationales suivantes sont liées.

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 16823, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Technique par transmission*

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

ISO 16827, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Caractérisation et dimensionnement des discontinuités*

ISO 16828, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Technique de diffraction du temps de vol (TOFD) utilisée comme méthode de détection et de dimensionnement des discontinuités*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16827:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012>

Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Caractérisation et dimensionnement des discontinuités

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les principes généraux et les techniques pour la caractérisation et le dimensionnement des discontinuités détectées au préalable afin de les évaluer correctement par rapport aux critères d'acceptation applicables. Elle s'applique, en termes génériques, aux discontinuités des matériaux et applications couvertes par l'ISO 16810.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables à 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 16810:2012, *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 16823, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Technique par transmission*

ISO 16828, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Technique de diffraction du temps de vol (TOFD) utilisée comme méthode de détection et de dimensionnement des discontinuités*

ISO 23279, *Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Caractérisation et dimensionnement des discontinuités*

3 Principes de caractérisation des discontinuités

3.1 Généralités

La caractérisation d'une discontinuité comprend la détermination des paramètres nécessaires à son évaluation en regard des critères d'acceptation connus.

La caractérisation d'une discontinuité peut comprendre:

- a) la détermination des paramètres ultrasonores de base (hauteur de l'écho, temps de vol);
- b) la détermination de sa forme générale et de son orientation;
- c) le dimensionnement, qui peut être obtenu à partir:
 - i) soit du mesurage d'une ou de plusieurs dimensions (ou surface/volume), dans les limites des méthodes;
 - ii) soit du mesurage d'un paramètre convenu (par exemple la hauteur d'écho), lorsqu'il est considéré comme représentatif de sa dimension physique;

- d) la localisation, par exemple à proximité de la surface ou d'autres discontinuités;
- e) la détermination de tout autre paramètre ou caractéristique pouvant être nécessaire à une évaluation complète;
- f) l'estimation de la nature métallurgique probable (fissure ou inclusion, par exemple), là où elle est rendue possible par une connaissance métallurgique appropriée de la pièce et de son historique de fabrication.

Lorsque le contrôle d'une pièce effectué conformément aux principes de l'ISO 16810 fournit des données sur la discontinuité en nombre suffisant pour permettre son évaluation par rapport aux critères d'acceptation applicables, une caractérisation plus approfondie n'est pas nécessaire.

Les techniques utilisées pour la caractérisation doivent être spécifiées conjointement aux critères d'acceptation applicables.

3.2 Exigences relatives à l'état de surface

L'état de surface et le profil de forme de la zone balayée doivent permettre le dimensionnement des discontinuités avec la précision recherchée. En général, plus la surface est lisse et plane, plus les résultats sont précis.

À des fins plus pratiques, une rugosité de surface $Ra = 6,3 \mu\text{m}$ pour les surfaces usinées et de $12,5 \mu\text{m}$ pour les surfaces grenillées est recommandée. Il convient que l'écart maximal entre le transducteur et la surface ne soit pas supérieur à $0,5 \text{ mm}$.

Il est recommandé que les exigences d'état de surface mentionnées ci-dessus soient limitées aux zones à dimensionner; elles ne sont généralement pas nécessaires pour la détection des discontinuités.

La méthode de préparation de la surface ne doit pas conduire à une surface qui induise un niveau de bruit élevé.

[ISO 16827:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-7ea9347f538f/iso-16827-2012>

4 Contrôles par réflexion

4.1 Généralités

Les principaux paramètres/caractéristiques ultrasonores d'une discontinuité les plus couramment utilisés pour l'évaluation par les contrôles par réflexion sont décrits de 4.2 à 4.7 inclus.

Les paramètres/caractéristiques à déterminer doivent être définis dans la norme d'application appropriée, ou dans tout document contractuel correspondant, et doivent satisfaire les exigences de l'ISO 16810:2012, 10.1.

4.2 Localisation de la discontinuité

La localisation d'une discontinuité est définie comme la détermination de sa position dans une pièce par rapport à un système convenu de coordonnées de référence.

Elle doit être déterminée à l'aide d'une ou plusieurs informations telles que le point d'émergence et l'angle du faisceau du transducteur, le mesurage de la position du transducteur et la longueur du trajet ultrasonore pour laquelle la hauteur maximale d'écho est observée.

Selon la géométrie de la pièce à examiner et le type de discontinuité, il peut être nécessaire de confirmer la localisation de la discontinuité selon une autre direction, ou avec un autre angle de transducteur, afin de s'assurer que l'écho n'est pas dû, par exemple, à un changement de mode de l'onde acoustique causé par une caractéristique géométrique propre à la pièce considérée.

4.3 Orientation de la discontinuité

L'orientation d'une discontinuité est définie comme la direction ou le plan dans lequel se trouvent son ou ses axes principaux par rapport à un système de référence donné sur la pièce.

L'orientation peut être déterminée par une reconstruction géométrique analogue à celle décrite pour la localisation, à la différence que le nombre d'angles de faisceau et/ou de directions de balayage généralement nécessaires est supérieur à celui requis pour une simple localisation.

L'orientation peut également être déterminée à partir de l'observation de la direction de balayage à laquelle est obtenue la hauteur d'écho maximale.

Dans plusieurs applications, la détermination précise de l'orientation des discontinuités dans l'espace n'est pas requise. Seule l'est la détermination de la projection de la discontinuité sur un ou plusieurs plans et/ou sections préétablis de la pièce.

4.4 Évaluation des indications multiples

La méthode de différenciation entre les discontinuités isolées et groupées peut être fondée sur une évaluation qualitative ou sur des critères quantitatifs.

La détermination qualitative consiste à s'assurer, par observation de la variation des indications ultrasonores, que ces indications correspondent ou non à une ou plusieurs discontinuités isolées. La Figure 1 montre un exemple type de signaux provenant de discontinuités groupées dans une pièce forgée ou moulée.

Lorsque les critères d'acceptation sont exprimés en termes de dimensions maximales admissibles, des mesurages quantitatifs préliminaires doivent être effectués afin de déterminer si chaque discontinuité isolée doit être évaluée de manière individuelle, ou si des règles préétablies régissant l'évaluation du groupe de discontinuités dans son ensemble doivent être appliquées.

Ces règles peuvent être fondées sur la concentration des discontinuités isolées dans le groupe, exprimées en termes de leurs longueurs, surfaces ou volumes cumulés par rapport à la longueur globale, à la surface globale ou au volume global du groupe. Les règles peuvent également spécifier la distance minimale entre les discontinuités isolées, souvent par rapport aux dimensions des discontinuités contiguës.

Lorsqu'une caractérisation plus précise d'un groupe d'indications est demandée, il est possible de tenter de déterminer si les échos proviennent soit d'une série de discontinuités rapprochées mais séparées, soit d'une discontinuité continue ayant un certain nombre de facettes réfléchissantes, en utilisant les techniques décrites en Annexe A.

4.5 Forme de la discontinuité

4.5.1 Classification simple

Il existe un nombre limité de formes-types de réflecteur pouvant être identifiées par ultrasons. Dans de nombreux cas, l'évaluation par rapport aux critères d'acceptation applicables ne requiert qu'une classification relativement simple, décrite en B.1. Selon ce principe, la discontinuité est classée soit comme:

- 1) ponctuelle, c'est-à-dire n'ayant aucune étendue significative/mesurable dans une quelconque direction;
- 2) allongée, c'est-à-dire ayant une étendue significative/mesurable dans une seule direction;
- 3) complexe, c'est-à-dire ayant une étendue significative/mesurable dans plusieurs directions.

Lorsque requis, cette classification peut être subdivisée en:

- a) plane, c'est-à-dire ayant une étendue significative uniquement dans 2 directions; et
- b) tridimensionnelle, c'est-à-dire ayant une étendue significative dans 3 directions.

En fonction des exigences de la norme d'acceptation:

- a) soit des critères d'acceptation propres peuvent s'appliquer à chacune des classifications ci-dessus;
- b) soit la discontinuité, indépendamment de sa configuration ponctuelle, allongée ou complexe, est projetée sur une ou plusieurs coupes pré-établies, et chaque projection est traitée de façon conservatrice comme une discontinuité plane assimilée à une fissure.

La classification simple est normalement limitée à l'utilisation des traducteurs et techniques spécifiés dans le mode opératoire de contrôle. D'autres traducteurs ou techniques ne doivent être utilisés qu'après accord.

4.5.2 Classification détaillée de la forme

Afin d'identifier correctement les types de discontinuité spécifiés dans les critères d'acceptation, ou de procéder à une évaluation correcte d'aptitude à l'emploi, il peut être nécessaire d'évaluer plus en détail la forme de la discontinuité.

Les principes directeurs des méthodes qui peuvent être utilisées pour une classification plus détaillée, sont décrits en B.2. Ces principes peuvent nécessiter l'utilisation de traducteurs et de directions de balayage complémentaires à ceux spécifiés dans le mode opératoire de contrôle pour la détection des discontinuités, ainsi que l'utilisation des techniques spéciales décrites dans les Annexes E, F et G.

La classification de la forme de discontinuité sera limitée à la détermination des formes de discontinuités nécessaires à l'évaluation correcte d'une discontinuité par rapport aux critères d'acceptation ou à d'autres exigences. Il convient de démontrer la validité de cette classification pour l'application spécifique, par exemple matériaux et configuration de la pièce à examiner, mode opératoire de contrôle, type d'instrumentation et de traducteurs.

4.6 Hauteur maximale de l'écho d'une indication

La hauteur maximale de l'écho d'une discontinuité dépend de ses dimensions, forme et orientation. Elle est mesurée par rapport à un niveau de référence donné, selon les méthodes décrites dans l'ISO 16811.

Selon l'application et les critères d'acceptation, la hauteur maximale de l'écho peut être:

- a) comparée directement à un niveau de référence qui constitue la norme d'acceptation;
- b) utilisée pour déterminer la dimension équivalente d'une discontinuité par comparaison avec l'écho provenant d'un réflecteur de référence à une distance équivalente de trajet ultrasonore dans le matériau contrôlé, ou dans un bloc de référence ayant les mêmes propriétés acoustiques, tel que décrit en 4.7.2;
- c) utilisée dans les techniques de dimensionnement par déplacement du traducteur, fondées sur une chute spécifiée du maximum de l'écho (par exemple 6 dB), tel que décrit en 4.7.3.

4.7 Dimension d'une discontinuité

4.7.1 Généralités

Le dimensionnement d'une discontinuité consiste à déterminer une ou plusieurs dimensions/surfaces projetées de la discontinuité selon des directions et/ou coupes pré-établies.

Une brève description de ces techniques est fournie dans l'Annexe F et des informations complémentaires sont données dans l'ISO 16811.

4.7.2 Techniques fondées sur la hauteur maximale de l'écho

Ces techniques sont fondées sur la comparaison de la hauteur maximale d'écho d'une discontinuité avec la hauteur de l'écho d'un réflecteur de référence pour un trajet ultrasonore équivalent.

Elles ne sont significatives que lorsque:

- a) la forme et l'orientation de la discontinuité sont favorables à la réflexion, d'où le besoin de mesurer la hauteur d'écho selon plusieurs directions ou angles, à moins que la forme et l'orientation ne soient déjà connues; et
- b) les dimensions de la discontinuité, perpendiculairement à l'axe du faisceau, sont inférieures à la largeur du faisceau dans l'une quelconque des deux directions;
- c) la forme-type et l'orientation de la cible de référence sont similaires à celles de la discontinuité à évaluer.

La cible de référence peut être soit un réflecteur en forme de disque (trou à fond plat, par exemple) ou un réflecteur allongé (trou percé latéralement ou entaille, par exemple).

Les discontinuités soumises au dimensionnement peuvent être classées comme suit:

- i) discontinuités dont la surface réfléchissante a des dimensions inférieures à la largeur de faisceau dans toutes les directions;
- ii) discontinuités dont la surface réfléchissante présente une forme étroite, allongée, c'est-à-dire ayant une longueur supérieure à la largeur du faisceau et une direction transversale inférieure à la largeur du faisceau.

Pour les discontinuités citées en i) ci-dessus, la surface de la discontinuité, projetée sur une section normale à l'axe du faisceau ultrasonore, est supposée égale à la surface d'un réflecteur en forme de disque, perpendiculaire à l'axe du faisceau, produisant un écho maximal de même hauteur avec la même distance de trajet ultrasonore.

Pour les discontinuités correspondant au point ii) ci-dessus, les réflecteurs de référence sont habituellement de forme allongée, transversaux par rapport à l'axe du faisceau ultrasonore, et présentant une forme transversale spécifiée. Ces réflecteurs peuvent être des entailles à profils rectangulaires, en U ou en V, ou des trous cylindriques, etc.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5a43fc3e-fa10-4ad6-abc8-444233>

4.7.3 Techniques de dimensionnement par déplacement du traducteur

Lors de l'utilisation d'un traducteur de faisceau d'angle, les dimensions habituellement déterminées sont:

- i) la dimension, l , dans une direction parallèle au balayage latéral, déterminée par le déplacement latéral du traducteur (voir Figure 2);
- ii) la dimension, h , dans une direction perpendiculaire au balayage transversal, déterminée par le déplacement transversal du traducteur (voir Figure 2).

En cas d'utilisation d'un traducteur droit, les dimensions généralement déterminées sont l_1 et l_2 , dans des directions parallèles au plan de la surface balayée, par un déplacement du traducteur suivant des axes perpendiculaires (voir Figure 3).

Les techniques sont classées en trois catégories, comme suit:

- 1) techniques d'amplitude à seuil où les extrémités d'une discontinuité doivent correspondre aux positions tracées pour lesquelles la hauteur d'écho décroît en dessous d'un niveau d'évaluation convenu;
- 2) techniques où les bords de la discontinuité doivent correspondre aux positions tracées pour lesquelles la hauteur d'écho maximale en toute position le long de la discontinuité a chuté d'un nombre convenu de dB. Les bords de la discontinuité peuvent être relevés le long de l'axe du faisceau ou d'un bord du faisceau prédéterminé;
- 3) techniques visant à positionner les échos individuels des extrémités de la discontinuité, ou des facettes réfléchissantes immédiatement adjacentes à ces extrémités.

Les principales techniques de dimensionnement fondées sur le déplacement du traducteur sont décrites dans l'Annexe D.

4.7.4 Choix des techniques de dimensionnement

Le choix de la technique de dimensionnement dépend de l'application spécifique et du type de produit, ainsi que de la dimension et de la nature de la discontinuité.

Les règles générales suivantes s'appliquent:

- a) les techniques de la hauteur maximale de l'écho (voir 4.7.2) ne peuvent être appliquées que lorsque la dimension à mesurer est inférieure à la largeur à - 6 dB du faisceau du transducteur;
- b) les techniques d'amplitude à seuil [voir 4.7.3 1)] peuvent être appliquées aux discontinuités de toute dimension, mais dans la mesure où la dimension mesurée est une valeur arbitraire dépendant de l'amplitude particulière choisie, il convient de n'utiliser ces techniques que lorsqu'elles sont spécifiquement appelées par la norme d'acceptation;
- c) les techniques fondées sur le déplacement du transducteur pour une chute, d'un nombre de décibels spécifié, par rapport à la hauteur maximale de l'écho de la discontinuité particulière [voir 4.7.3 2)] ne peuvent être appliquées que lorsque la dimension mesurée est supérieure à la largeur du faisceau pour une même valeur de chute de dB. Si cette condition n'est pas remplie, la dimension de la discontinuité doit être supposée égale à la largeur du faisceau utilisé;
- d) les techniques fondées sur le positionnement des bords individuels d'une discontinuité [voir 4.7.3 3)] ne peuvent être appliquées que lorsque l'indication ultrasonore de la discontinuité présente au moins deux maxima d'écho distincts;
- e) lorsque la dimension à déterminer est mesurée avec plus d'une des techniques mentionnées en 4.7.3 ci-dessus, la valeur mesurée par la technique dont la fiabilité et la précision peuvent être démontrées comme étant les plus élevées, doit être admise comme correcte.

Sinon, la valeur mesurée la plus élevée doit être retenue.

4.7.5 Techniques de dimensionnement avec faisceaux ultrasonores focalisés

Lorsque des transducteurs focalisés sont utilisés pour le dimensionnement, les techniques décrites en 4.7.2 et 4.7.3 peuvent également être utilisées, à condition que la discontinuité soit située dans la tache focale du faisceau. En général, les règles données en 4.7.4 s'appliquent également aux transducteurs focalisés.

Lorsqu'une précision accrue du dimensionnement est requise, une autre technique fondée sur la construction d'une série de représentations de type C de la discontinuité, peut être utilisée.

Ces représentations sont relevées par pas de 6 dB, par un processus itératif de chutes progressives, en commençant par un relevé initial correspondant à la chute de 6 dB de l'écho maximal de la discontinuité, jusqu'à l'étape où l'évolution du relevé correspondant à une chute de 6 dB est égale, ou inférieure, à la demi-largeur à -6 dB du faisceau ultrasonore.

En principe, cette technique itérative peut être utilisée avec des faisceaux ultrasonores focalisés ou non, mais lorsqu'une précision élevée est requise, l'emploi de faisceaux focalisés est plus approprié. L'Annexe E décrit cette technique en détail.

4.7.6 Utilisation d'algorithmes mathématiques pour le dimensionnement

Le but principal des techniques de dimensionnement décrites en 4.7.2 et 4.7.3 est de comparer la dimension mesurée avec des niveaux d'acceptation exprimés en termes de dimensions (ou surfaces/volumes) maximales admissibles. Lorsqu'une précision plus élevée est requise afin de procéder à une meilleure estimation de la dimension réelle d'une discontinuité, mais que seules les données des techniques décrites en 4.7.2 et 4.7.3 sont disponibles, les algorithmes mathématiques peuvent fournir une aide appréciable.

L'Annexe F décrit en détail les algorithmes qui peuvent être utilisés pour l'estimation de la dimension réelle des discontinuités supérieures ou inférieures au diamètre du faisceau ultrasonore.

4.7.7 Techniques de dimensionnement spéciales

Les techniques de dimensionnement spéciales viennent en complément de celles décrites de 4.7.2 à 4.7.6 et peuvent être utilisées dans des applications particulières pour lesquelles des niveaux supérieurs de fiabilité et de précision sont exigés.

Lorsque requis, la fiabilité et la précision d'une technique spéciale, appliquée afin de satisfaire aux critères d'acceptation spécifiés, doivent être démontrées pour la même configuration et le même type de matériau en utilisant le même mode opératoire de contrôle et les mêmes types d'instrumentation et de transducteurs.

La liste suivante des techniques spéciales n'est pas exhaustive en raison de leur grande variété et de leur développement continu. Les techniques décrites sont les plus couramment appliquées et leur utilisation est suffisamment bien établie.

a) Techniques de diffraction des extrémités

Ces techniques peuvent être utilisées pour confirmer le caractère plan d'une discontinuité (lorsque tel est le cas) et pour le dimensionnement transversal («h» de la Figure 2) d'une discontinuité plane. Elles sont fondées sur la détection et la localisation des échos diffractés par les bords des discontinuités.

b) Techniques de conversion de mode

Lorsqu'elles sont applicables, ces techniques peuvent être utilisées pour la détection et la caractérisation des discontinuités de nature plane. Lorsque le plan de la discontinuité forme un angle approprié par rapport au faisceau incident, ces techniques utilisent la conversion de mode pour générer un faisceau ultrasonore additionnel réfléchi, d'angle et de vitesse différents. Dans certains cas, ces techniques peuvent également être utilisées pour le dimensionnement, mais requièrent l'utilisation de blocs de référence particuliers représentatifs de la pièce à contrôler, et contenant des réflecteurs plans de dimensions différentes.

c) Autres techniques spéciales

Les autres exemples de techniques ultrasonores de dimensionnement des discontinuités à caractère tridimensionnel ou plan sont:

- l'holographie acoustique;
- la tomographie acoustique;
- les techniques utilisant des faisceaux à angle variable;
- les techniques de focalisation à ouverture synthétique (SAFT);
- la reconstruction de représentations sectorielles de type B.

Le paragraphe G.2 décrit les principes et les caractéristiques principales des techniques SAFT.

5 Contrôle par transmission

5.1 Généralités

Les principes généraux et les exigences du contrôle par transmission sont donnés dans l'ISO 16823.

Les articles suivants décrivent certains des paramètres ultrasonores et des caractéristiques des signaux transmis pouvant être utilisés, seuls ou combinés, pour évaluer une discontinuité à l'aide de cette technique.

5.2 Localisation de la discontinuité

Lors de l'utilisation d'un traducteur droit, la position d'une discontinuité est définie comme la position à la surface de la pièce pour laquelle la réduction maximale de l'amplitude du signal transmis est observée, en référence à un système de coordonnées bidimensionnel.

S'il est possible de diriger les faisceaux ultrasonores dans deux directions différentes à travers la surface contrôlée, par exemple en utilisant des paires de traducteurs d'angle tel qu'illustré à la Figure 4, la localisation tridirectionnelle de la discontinuité peut être déterminée.

5.3 Évaluation des discontinuités multiples

Il convient tout d'abord de déterminer qualitativement le caractère continu ou non d'une discontinuité en observant la variation de l'amplitude du signal, à mesure que le traducteur balaie la discontinuité.

Si l'amplitude du signal demeure relativement constante, la discontinuité peut être classée comme continue et évaluée comme telle, en regard des critères d'acceptation.

A l'inverse, si l'amplitude du signal présente des maxima et des minima marqués, la discontinuité peut être classée comme morcelée. Dans ce cas, il est nécessaire de déterminer de manière quantitative si la concentration de discontinuités distinctes dans la zone affectée est suffisamment élevée pour appliquer les limites de dimension/surface imposées par les critères d'acceptation.

La concentration des discontinuités dans la zone affectée peut être exprimée, par exemple, en termes de rapport entre:

- a) les dimensions (ou la surface) des discontinuités isolées et la distance qui les sépare;
- b) la longueur totale des discontinuités et une longueur totale donnée; et
- c) la surface totale des discontinuités isolées et une surface totale donnée.

5.4 Réduction de l'amplitude du signal

Ce paramètre est pris en compte lorsque l'amplitude du signal tombe en dessous du niveau d'évaluation spécifié.

En cas de perte complète du signal, il convient de déterminer les limites de la zone balayée sur laquelle cette perte a eu lieu.

Lorsque la perte du signal n'est que partielle, il convient de déterminer la position de la zone balayée correspondant à la réduction maximale d'amplitude, avec la valeur en dB de la réduction comparée au signal obtenu dans la zone exempte de discontinuités.

Lorsque la surface de la zone balayée, affectée par la réduction de signal, est inférieure à la section efficace du faisceau ultrasonore, la dimension de la discontinuité normale au faisceau peut être estimée par comparaison à la réduction d'amplitude due à un réflecteur de référence connu, (par exemple, un trou à fond plat dans un échantillon représentatif du matériau sain (voir 5.5 a)).

Si une réduction partielle relativement constante de l'amplitude du signal est observée sur une zone bien supérieure à la surface du faisceau ultrasonore, il est possible que la discontinuité prenne la forme, par exemple, d'un groupement de plusieurs petites inclusions, d'une zone à structure de grain anormale, d'une couche de matériau semi-transparent aux ultrasons, ou d'une discontinuité importante sous une contrainte de compression élevée.

5.5 Dimensionnement d'une discontinuité

Le dimensionnement d'une discontinuité consiste à déterminer une ou plusieurs dimensions (ou la surface) de la projection de la discontinuité sur la surface balayée. En particulier, les dimensions (ou surfaces) ainsi déterminées sont comparées aux normes d'acceptation applicables, lorsque ces normes sont exprimées en termes de dimensions (ou surfaces) maximales admissibles, afin d'évaluer l'acceptabilité ou non de la discontinuité.

Les techniques de dimensionnement peuvent être classées essentiellement selon les deux catégories suivantes:

- a) les techniques fondées sur la comparaison entre la réduction maximale d'amplitude du signal transmis et la réduction maximale d'amplitude d'un réflecteur équivalent. L'adoption de ces techniques de dimensionnement est limitée au cas où la dimension (ou la surface) de la surface de la zone balayée correspondant à la réduction d'amplitude du signal sous le niveau d'évaluation est inférieure à la dimension (ou surface) du traducteur projetée sur la surface balayée.

Dans ce cas, la réduction maximale d'amplitude du signal par rapport à l'amplitude du signal dans une zone exempte de discontinuités, est déterminée avec le réflecteur, en général un trou à fond plat perpendiculaire à l'axe de propagation du faisceau, situé à une profondeur donnée (par exemple une demi-épaisseur), produisant la même réduction maximale de l'amplitude du signal transmis.

La dimension (ou surface) de la discontinuité, projetée sur un plan perpendiculaire à l'axe du faisceau ultrasonore, est supposée être identique à la dimension (ou surface) du trou à fond plat.

- b) les techniques fondées sur la réduction d'amplitude du signal associée au déplacement du traducteur. Ces techniques consistent à déterminer la zone sur la surface balayée correspondant soit à la perte du signal transmis, soit à sa réduction d'amplitude supérieure ou égale à une valeur donnée (le plus fréquemment 6 dB) par rapport à l'amplitude du signal dans une zone exempte de discontinuités.

Des valeurs autres que 6 dB peuvent être utilisées lorsque spécifiées dans des documents de référence, en particulier pour l'évaluation de discontinuités partiellement transparentes aux ultrasons.

L'étendue de la zone ainsi déterminée est supposée être l'étendue de la projection de la discontinuité sur la surface balayée.

Dans la mesure où la technique de transmission est la plus fréquemment utilisée pour la détection de discontinuités importantes, lorsque la précision de dimensionnement requise est relativement faible, les techniques décrites en b) ci-dessus conviennent à la plupart des applications. Dans ce contexte, les données collectées par les techniques décrites en a) ci-dessus, constituent une référence pouvant être utilisée afin de garantir la reproductibilité du contrôle, plutôt que de constituer la base du dimensionnement direct des discontinuités.