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

*Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Time-of-flight diffraction
technique as a method for detection and sizing of discontinuities*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16828:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-
bfe083aecb3a/iso-16828-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012)



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 16828:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012>



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 Termes, définitions, symboles et abréviations	2
3.1 Termes et définitions	2
3.2 Abréviations	2
3.3 Symboles.....	3
4 Généralités	4
4.1 Principe de la technique	4
4.2 Exigences relatives à l'état de surface et au couplant	5
4.3 Types de matériaux et de procédés	5
5 Qualification du personnel	5
6 Exigences relatives à l'équipement.....	5
6.1 Équipement ultrasonore et représentation.....	5
6.2 Traducteurs ultrasonores.....	6
6.3 Mécanismes de balayage.....	7
7 Mode opératoire de réglage de l'équipement.....	8
7.1 Généralités	8
7.2 Choix et écartement des traducteurs.....	9
7.2.1 Choix des traducteurs.....	9
7.2.2 Écartement des traducteurs.....	9
7.3 Réglage de la fenêtre temporelle	9
7.4 Réglage de la sensibilité.....	10
7.5 Réglage de la résolution de balayage	10
7.6 Réglage de la vitesse de balayage	10
7.7 Vérification des performances du système	10
8 Interprétation et analyse des données.....	10
8.1 Analyse de base des discontinuités.....	10
8.1.1 Généralités	10
8.1.2 Caractérisation des discontinuités.....	11
8.1.3 Estimation de la position d'une discontinuité.....	11
8.1.4 Estimation de la longueur d'une discontinuité	12
8.1.5 Estimation de la profondeur et de la hauteur d'une discontinuité.....	12
8.2 Analyse détaillée des discontinuités.....	13
8.2.1 Généralités	13
8.2.2 Balayages supplémentaires	13
8.2.3 Algorithmes supplémentaires	14
9 Détection et dimensionnement pour les pièces à géométrie complexe.....	15
10 Limites de la technique.....	15
10.1 Généralités	15
10.2 Précision et résolution.....	15
10.2.1 Généralités	15
10.2.2 Erreurs de position latérale.....	15
10.2.3 Erreurs de mesurage du temps	16
10.2.4 Erreurs sur la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore	16
10.2.5 Erreurs de distance entre les centres des traducteurs	16
10.2.6 Résolution spatiale.....	16
10.3 Zones mortes	17

11	Examen TOFD sans enregistrement de données.....	17
12	Mode opératoire d'essai.....	17
13	Rapport d'essai.....	17
	Annexe A (normative) Blocs de référence.....	18
	Bibliographie.....	19

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 16828:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012>

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 16828 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, sous-comité SC 3, *Essais aux ultrasons*.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16828:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012>

Introduction

La présente Norme internationale est fondée sur l'EN 583-6:2008, *Essais non destructifs — Contrôle ultrasonore — Partie 6: Technique de diffraction du temps de vol utilisée comme méthode de détection et de 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*

ITIH STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

[ISO 16828:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012>

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

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les principes généraux pour l'application de la technique de diffraction du temps de vol (TOFD) pour la détection et le dimensionnement des discontinuités dans les composants en acier au carbone faiblement allié. Elle peut également être employée pour d'autres types de matériaux, à condition que l'application de la technique TOFD tienne compte de la géométrie, des propriétés acoustiques des matériaux et de la sensibilité de l'examen.

Bien qu'elle soit applicable, en termes génériques, aux discontinuités des matériaux et applications couvertes par l'ISO 16810, elle contient des références aux applications sur les soudures. Cette approche a été choisie pour des raisons de clarté en termes de position des traducteurs ultrasonores et de direction de balayage.

Sauf indications contraires dans les documents de référence, les exigences minimales de la présente Norme internationale sont applicables.

Sauf dispositions contraires explicites, la présente Norme internationale s'applique aux classes de produits suivantes, telles que définies dans l'ISO 16811:

- classe 1: sans restriction;
- classes 2 et 3: les restrictions spécifiées s'appliquent.

NOTE 1 Voir l'Article 9.

L'examen des produits de classes 4 et 5 requiert des modes opératoires particuliers, qui sont également traités.

NOTE 2 Voir l'Article 9.

NOTE 3 Les techniques d'utilisation de la méthode TOFD pour l'examen des soudures sont décrites dans l'ISO 10863.

NOTE 4 Les critères d'acceptation associés sont donnés dans l'ISO 15626.

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

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*

EN 12668-1, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons — Partie 1: Appareils*

EN 12668-2, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons — Partie 2: Traducteurs*

EN 12668-3, *Essais non destructifs — Caractérisation et vérification de l'appareillage de contrôle par ultrasons — Partie 3: Équipement complet*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1.1

zone morte sous la surface de balayage

zone dans laquelle les signaux peuvent ne pas être mis en évidence en raison de l'écho d'interface (onde latérale)

3.1.2

zone morte induite par l'écho de fond

zone morte dans laquelle les signaux peuvent ne pas être mis en évidence en raison de l'écho de fond

3.1.3

représentation de type A

visualisation de l'amplitude du signal ultrasonore en fonction du temps

3.1.4

représentation de type B

visualisation du temps de vol du signal ultrasonore en fonction du déplacement du traducteur

3.1.5

balayage non parallèle

balayage perpendiculaire à la direction du faisceau ultrasonore (voir Figure 4)

3.1.6

balayage parallèle

balayage parallèle à la direction du faisceau ultrasonore (voir Figure 5)

3.2 Abréviations

— TOFD (Time of Flight Diffraction): Diffraction du temps de vol

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aecb3a/iso-16828-2012>

3.3 Symboles

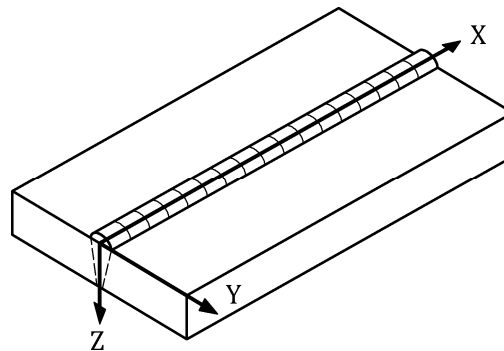


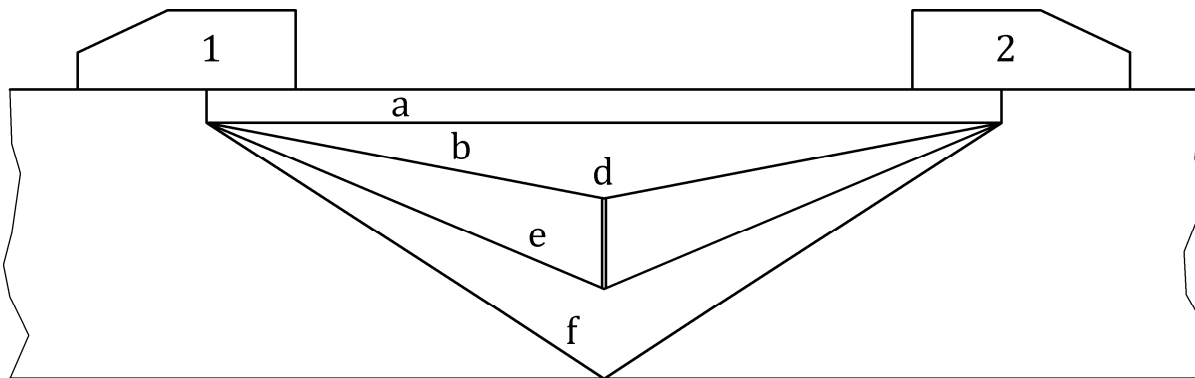
Figure 1 — Définition des coordonnées

x	coordonnée parallèle à la surface de balayage et à une ligne de référence prédéterminée. En cas de contrôle de soudures, il convient que cette ligne de référence coïncide avec la soudure. L'origine des axes peut être définie selon la méthode la plus adaptée à la pièce à examiner (voir Figure 1);
Δx	longueur de la discontinuité;
y	coordonnée parallèle à la surface de balayage et perpendiculaire à la ligne de référence prédéterminée (voir Figure 1);
δy	erreur de mesure de la position latérale;
z	coordonnée perpendiculaire à la surface de balayage (voir Figure 1);
Δz	hauteur de la discontinuité;
d	profondeur du bord de la discontinuité sous la surface de balayage;
δd	erreur de mesure de la profondeur;
D_{ds}	zone morte sous la surface de balayage;
D_{dw}	zone morte induite par l'écho de fond;
c	vitesse de propagation de l'onde ultrasonore;
δc	erreur sur la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore;
R	résolution spatiale;
t	temps de vol de l'émetteur au récepteur;
Δt	différence de temps de vol entre l'onde latérale et un second signal ultrasonore;
δt	erreur de mesure du temps de vol;
t_d	temps de vol à une profondeur d ;
t_p	durée de l'impulsion ultrasonore mesurée à 10 % de l'amplitude crête;
t_w	temps de vol de l'écho de fond;
s	moitié de la distance entre les points d'émergence des deux transducteurs ultrasonores;
δs	erreur de mesure de la moitié de l'écartement entre les transducteurs;
W	épaisseur de paroi.

4 Généralités

4.1 Principe de la technique

La technique TOFD repose sur l'interaction d'ondes ultrasonores avec les bords des discontinuités. Cette interaction provoque l'émission d'ondes diffractées omnidirectionnelles. La détection des ondes diffractées permet d'établir la présence d'une discontinuité. Le temps de vol des signaux enregistrés est une mesure de la hauteur de la discontinuité, ce qui permet de la dimensionner. Les dimensions de la discontinuité sont toujours déterminées par le temps de vol des signaux diffractés. L'amplitude du signal n'est pas utilisée pour le dimensionnement.



Légende

- | | | | |
|---|----------------|---|----------------|
| 1 | Émetteur | d | Discontinuité |
| 2 | Récepteur | e | Bord inférieur |
| a | Onde latérale | f | Écho de fond |
| b | Bord supérieur | | |

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.itech.ai)
ISO 16828:2012
<https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/abc12a94-76dc-43e8-89f0-bfe083aech3a/iso-16828-2012>

Figure 2 — Configuration TOFD type

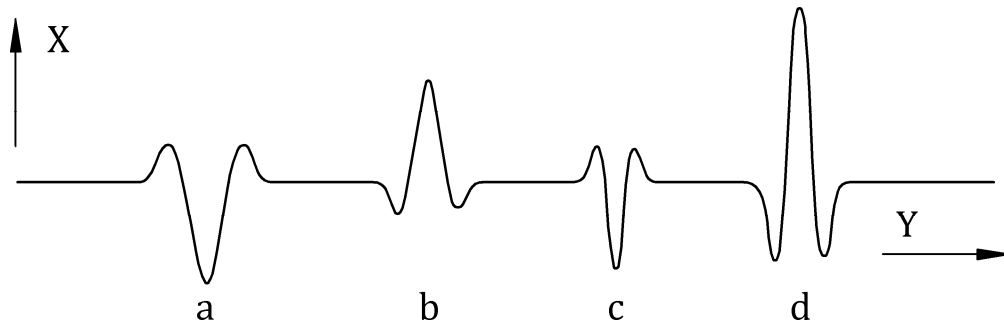
La configuration type pour la technique TOFD se compose d'un émetteur et d'un récepteur ultrasonores séparés (voir Figure 2). En règle générale, des transducteurs à ondes de compression et à faisceau de grande ouverture sont utilisés car la diffraction des ondes ultrasonores dépend très faiblement de l'orientation du bord de la discontinuité. Ceci permet d'examiner un certain volume en un seul balayage. Toutefois, des restrictions s'appliquent à la dimension du volume pouvant être examiné au cours d'un seul balayage (voir 7.2).

Le premier signal reçu par le récepteur après émission d'une impulsion ultrasonore est généralement l'onde latérale qui se propage juste sous la surface de la pièce à examiner.

En l'absence de discontinuité, le second signal reçu par le récepteur est l'écho de fond.

Ces deux signaux servent généralement de référence. Si la conversion de mode n'est pas prise en compte, tout signal généré par des discontinuités du matériau devrait apparaître entre l'onde latérale et l'écho de fond car ces deux éléments correspondent respectivement aux trajets le plus court et le plus long entre l'émetteur et le récepteur. Pour les mêmes raisons, le signal diffracté généré par le bord supérieur d'une discontinuité est situé en amont du signal généré par le bord inférieur de la discontinuité. La Figure 3 présente un schéma type de ces indications (représentation de type A). La différence entre les temps de vol des deux signaux diffractés permet de déduire la hauteur de la discontinuité (voir 8.1.5). Il faut noter l'inversion de phase entre l'onde latérale et l'écho de fond, ainsi qu'entre les échos des bords supérieur et inférieur de la discontinuité.

Lorsque les deux surfaces de la pièce à examiner sont accessibles et que la pièce présente des discontinuités sur toute son épaisseur, le fait de balayer les deux surfaces améliore la précision générale, en particulier pour les discontinuités situées près des surfaces.



Légende

X	Amplitude	b	Bord supérieur
Y	Temps	c	Bord inférieur
a	Onde latérale	d	Écho de fond

Figure 3 — Schéma d'une représentation de type A d'une discontinuité interne

4.2 Exigences relatives à l'état de surface et au couplant

Il faut s'assurer que l'état de surface répond au moins aux exigences de l'ISO 16810. Dans la mesure où les signaux diffractés peuvent être de faible amplitude, la dégradation de la qualité du signal due à un mauvais état de surface risque d'influencer fortement la fiabilité de l'examen.

Différents milieux de couplage peuvent être utilisés mais leur type doit être compatible avec les matériaux à contrôler, par exemple de l'eau pouvant contenir un additif (agent mouillant, antigel, anticorrosion), une pâte de contact, de l'huile, de la graisse, une pâte de cellulose à base d'eau, etc.

Les caractéristiques du milieu de couplage doivent rester constantes pendant toute la durée de l'examen. Le milieu de couplage doit être adapté à la plage de température d'utilisation.

4.3 Types de matériaux et de procédés

En raison de la faiblesse relative de l'amplitude des signaux utilisés avec la technique TOFD, cette méthode peut être employée couramment pour les matériaux dont les niveaux d'atténuation et de dispersion sont relativement faibles pour les ondes ultrasonores. En règle générale, il est possible d'utiliser cette technique sur des composants en acier au carbone non allié ou faiblement allié, et leurs soudures, mais également sur des aciers austénitiques et des alliages d'aluminium à grains fins.

Toutefois, les matériaux à gros grains et les matériaux à anisotropie significative, tels que la fonte, les matériaux austénitiques soudés et les alliages à haute teneur en nickel, nécessitent une validation et un traitement supplémentaires des données.

Par accord mutuel, une pièce représentative contenant des discontinuités artificielles et/ou naturelles peut être utilisée pour confirmer l'aptitude à l'examen. Il ne faut pas oublier que les caractéristiques de diffraction des défauts artificiels peuvent être nettement différentes de celles des défauts réels.

5 Qualification du personnel

Le personnel réalisant les examens à l'aide de la technique TOFD doit être, au minimum, qualifié selon l'ISO 9712, avoir reçu une formation supplémentaire et passé un examen portant sur l'utilisation de la technique TOFD sur les classes de produits à soumettre à l'examen, conformément à des dispositions écrites.

6 Exigences relatives à l'équipement

6.1 Équipement ultrasonore et représentation

L'équipement ultrasonore utilisé pour la technique TOFD doit au moins répondre aux exigences de l'EN 12668-1, l'EN 12668-2 et l'EN 12668-3.