
Essais non destructifs — Mesurage de l'épaisseur par ultrasons

Non-destructive testing — Ultrasonic thickness measurement

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

ISO 16809:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/c83a7f4b-390c-4283-93e8-3df7c0a5053b/iso-16809-2017>



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

ISO 16809:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/c83a7f4b-390c-4283-93e8-3df7c0a5053b/iso-16809-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Modes de mesure	1
5 Exigences générales	3
5.1 Appareils	3
5.2 Traducteurs	3
5.3 Couplant	3
5.4 Blocs de référence	3
5.5 Pièces à contrôler	3
5.6 Qualification du personnel	4
6 Mise en œuvre du procédé	4
6.1 État de surface et préparation de la surface	4
6.2 Technique	4
6.2.1 Généralités	4
6.2.2 Mesurage en cours de fabrication	5
6.2.3 Mesurage de l'épaisseur résiduelle en cours de fonctionnement	6
6.3 Choix du traducteur	6
6.4 Choix de l'appareil	7
6.5 Matériaux différents du matériau de référence	7
6.6 Conditions particulières de mesurage	7
6.6.1 Généralités	7
6.6.2 Mesurages à des températures au-dessous de 0 °C	7
6.6.3 Mesurages à des températures élevées	7
6.6.4 Atmosphères dangereuses	7
7 Réglage de l'appareil	8
7.1 Généralités	8
7.2 Méthodes de réglage	8
7.2.1 Généralités	8
7.2.2 Mesureurs d'épaisseur numériques	8
7.2.3 Appareil à représentation de type A	9
7.3 Vérifications des réglages	10
8 Influence sur l'exactitude	10
8.1 Conditions de fonctionnement	10
8.1.1 État de surface	10
8.1.2 Température de surface	11
8.1.3 Revêtement métallique	11
8.1.4 Revêtement non métallique	12
8.1.5 Géométrie	13
8.2 Appareillage	13
8.2.1 Résolution	13
8.2.2 Gamme	13
8.3 Évaluation de l'exactitude	14
8.3.1 Généralités	14
8.3.2 Paramètres déterminants	14
8.3.3 Méthode de calcul	14
9 Influence des matériaux	14
9.1 Généralités	14
9.2 Non-homogénéité	15
9.3 Anisotropie	15

9.4	Atténuation	15
9.5	État de surface	15
9.5.1	Généralités	15
9.5.2	Surface de contact	15
9.5.3	Surface réfléchissante	16
9.5.4	Corrosion ou érosion	16
10	Rapport d'essai	17
10.1	Généralités	17
10.2	Informations générales	17
10.3	Données du contrôle	17
Annexe A (informative) Corrosion des récipients et tuyauteries		19
Annexe B (informative) Réglages de l'appareil		25
Annexe C (informative) Paramètres déterminant l'exactitude		28
Annexe D (informative) Sélection de la technique de mesurage		34
Bibliographie		39

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

ISO 16809:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/c83a7f4b-390c-4283-93e8-3df7c0a5053b/iso-16809-2017>

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 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. 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 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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/foreword.html.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, sous-comité SC 3, *Contrôle par ultrasons*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 16809:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- améliorations rédactionnelles;
- harmonisation de la terminologie avec la dernière édition de l'ISO 5577;
- correction des [Formules \(5\)](#) et [\(6\)](#).

Essais non destructifs — Mesurage de l'épaisseur par ultrasons

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les principes pour le mesurage de l'épaisseur par ultrasons de matériaux métalliques et non métalliques par contact direct, exclusivement basés sur la mesure du temps de vol d'impulsions ultrasonores.

2 Références normatives

Les documents suivants sont référencés dans le texte de sorte qu'une partie ou la totalité de leur contenu constitue les 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*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 5577 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 (OBP): disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

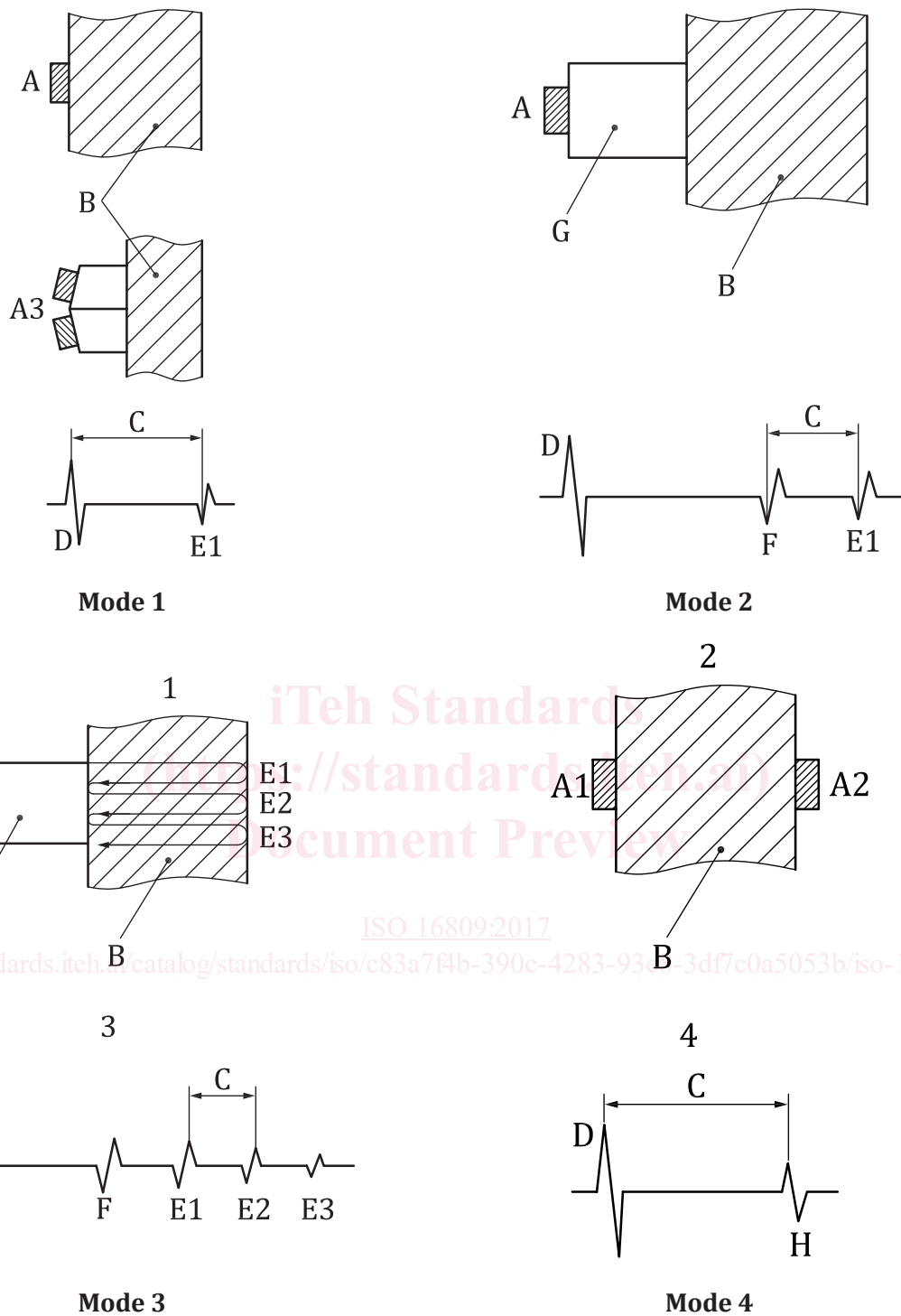
4 Modes de mesure

L'épaisseur d'une pièce ou d'une structure est déterminée en mesurant de façon exacte le temps que met une impulsion ultrasonore courte, émise par un transducteur, pour traverser l'épaisseur du matériau une, deux ou plusieurs fois.

L'épaisseur du matériau est calculée en multipliant la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore connue du matériau par le temps de parcours, puis en divisant par le nombre de fois que l'impulsion parcourt la paroi du matériau.

Ce principe peut être mis en œuvre en appliquant l'un des modes suivants, voir la [Figure 1](#).

- 1) **Mode 1:** Mesurer le temps de parcours entre une impulsion d'excitation initiale et le premier écho de retour, moins une correction zéro pour tenir compte de l'épaisseur de la plaque d'usure du traducteur et de la couche du couplant (mode de l'écho unique).
- 2) **Mode 2:** Mesurer le temps de parcours depuis la fin d'une ligne de retard jusqu'au premier écho de fond (mode ligne de retard de l'écho unique).
- 3) **Mode 3:** Mesurer le temps de parcours entre échos de fond successifs (mode d'échos multiples).
- 4) **Mode 4:** Mesurer le temps de parcours pour une impulsion allant de l'émetteur à un récepteur en contact avec le fond (mode en transmission).



Légende

A	traducteur de transmission/réception	D	signal d'émission
A1	traducteur de transmission	E1 à E3	échocs de fond
A2	traducteur de réception	F	écho d'interface
A3	traducteur à émetteur et récepteur séparés	G	ligne de retard
B	pièce à contrôler	H	impulsion reçue
C	temps de parcours		

Figure 1 — Modes de mesure

5 Exigences générales

5.1 Appareils

Le mesurage de l'épaisseur peut être réalisé à l'aide des types d'appareils suivants:

- a) appareils dédiés de mesure de l'épaisseur par ultrasons avec affichage numérique de la valeur mesurée;
- b) appareils dédiés de mesure de l'épaisseur par ultrasons avec affichage numérique de la valeur et à représentation de type A (visualisation en forme d'onde);
- c) appareils conçus en premier lieu pour la détection de discontinuités avec représentation de signaux de type A. Ce type d'appareils peut aussi comporter un affichage numérique des valeurs de l'épaisseur.

Voir en [6.4](#).

5.2 Traducteurs

Les types de traducteurs suivants doivent être utilisés; ceux-ci sont généralement des traducteurs d'ondes longitudinales:

- traducteurs à émetteur et récepteur séparés;
- traducteurs à transducteur simple.

Voir en [6.3](#).

5.3 Couplant

Le contact acoustique entre le traducteur (les traducteurs) et le matériau doit être assuré, normalement par l'application d'un fluide ou d'un gel.

Le couplant ne doit pas avoir d'effet préjudiciable sur la pièce à contrôler ou l'appareillage ni présenter de risque pour la santé de l'opérateur.

Voir en [6.6](#) pour le couplant à utiliser dans des conditions particulières de mesurage.

Pour assurer un couplage adéquat, il convient de choisir un couplant qui convienne bien à l'état de surface et aux irrégularités de la surface.

5.4 Blocs de référence

Le système de mesure doit être étalonné sur un ou plusieurs échantillons ou blocs de référence représentatifs de la pièce à mesurer, c'est-à-dire dont les dimensions, le matériau et la structure sont comparables. Il convient que l'épaisseur des blocs de référence ou des gradins de ce bloc couvre la gamme des épaisseurs à mesurer. L'épaisseur ou la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore des blocs de référence doit être connue.

5.5 Pièces à contrôler

La pièce à mesurer doit permettre la propagation d'ondes ultrasonores.

Chaque zone individuelle à mesurer doit être directement accessible.

La surface de la zone à mesurer doit être exempte de saleté, graisse, poussière, calamine, flux et projection de soudure, huile ou autres corps étrangers susceptibles de gêner le contrôle.

Si la surface est revêtue, le revêtement doit avoir une bonne adhérence au matériau. Dans le cas contraire, le revêtement doit être retiré.

Lors d'un mesurage à travers un revêtement, il est nécessaire de connaître son épaisseur et la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore, sauf si l'on utilise le mode 3.

Pour plus de détails, voir [l'Article 8](#).

5.6 Qualification du personnel

Un opérateur effectuant des mesurages de l'épaisseur par ultrasons selon le présent document doit connaître les principes fondamentaux de la physique des ultrasons, avoir une compréhension approfondie du mesurage de l'épaisseur par ultrasons et avoir suivi une formation dans ce domaine. En outre, l'opérateur doit connaître le produit et le matériau à contrôler.

Il est présumé que le contrôle de l'épaisseur par ultrasons est effectué par un personnel qualifié et compétent. Afin de démontrer cette qualification, il est recommandé que le personnel soit certifié conformément à l'ISO 9712 ou équivalent.

NOTE Pour les équipements sous pression des catégories III et IV, conformément à la Directive 97/23/CE, Annexe I, 3.1.3, le personnel doit avoir été approuvé par une entité tierce partie reconnue par un État membre.

6 Mise en œuvre du procédé

6.1 État de surface et préparation de la surface

L'emploi de la méthode par réflexion implique que l'impulsion ultrasonore doit traverser au minimum deux fois la surface de contact entre la pièce à contrôler et le traducteur: au moment où elle pénètre dans la pièce et au moment où elle en sort.

Par conséquent, il est préférable que la zone de contact soit propre et lisse et qu'elle soit de dimension au moins égale à deux fois le diamètre du traducteur. Un contact insuffisant entraîne une perte d'énergie, une distorsion des signaux et du parcours ultrasonore.

Pour permettre une propagation des ondes ultrasonores, toutes les parties non attachées et les revêtements non adhérents doivent être éliminés à la brosse ou à la meule.

Les couches solidaires telles que les revêtements de couleur, placage, émaillage, peuvent rester en place, mais il existe peu de mesureurs d'épaisseur équipés de programmes permettant d'exclure ces couches de la mesure réalisée.

Très souvent, le mesurage de l'épaisseur porte sur des surfaces corrodées, par exemple des réservoirs de stockage et des tuyauteries. Afin d'augmenter l'exactitude de mesure, il convient de meuler la surface de contact sur une surface égale à au moins deux fois le diamètre du traducteur. Il est recommandé que cette surface soit exempte de produits corrosifs.

Il convient de veiller à ne pas réduire l'épaisseur en dessous de la valeur minimale acceptable.

6.2 Technique

6.2.1 Généralités

Le mesurage de l'épaisseur par ultrasons est une opération qui peut concerner deux applications distinctes:

- le mesurage en cours de fabrication;
- le mesurage de l'épaisseur résiduelle en cours de fonctionnement.

Chaque domaine présente des conditions particulières qui lui sont propres, faisant appel à des techniques de mesure particulières.

En fonction du matériau, de la géométrie et de l'épaisseur à mesurer selon l'exactitude requise, le mode de mesure le plus pertinent et l'appareillage correspondant doivent être choisis comme suit (l'[Annexe D](#) donne des recommandations):

- a) selon l'épaisseur et le matériau, des fréquences comprises entre 100 kHz, avec la technique en transmission sur des matériaux très atténuateurs, et 50 MHz sur des tôles fines peuvent être utilisées;
- b) si des transducteurs à émetteur et récepteur séparés sont utilisés, la compensation pour une erreur de parcours en V doit être appliquée;
- c) sur des pièces incurvées, le diamètre de la zone de contact du transducteur doit être sensiblement plus petit que le diamètre de la pièce à contrôler.

L'exactitude de la mesure de l'épaisseur dépend de l'exactitude avec laquelle le temps de vol peut être mesuré, du mode de mesure du temps (passage par zéro, flanc à flanc, crête à crête), du mode choisi (avec échos multiples, mode 3, l'exactitude est plus élevée qu'avec les modes 1 et 2) et des fréquences qui peuvent être utilisées (avec des fréquences plus élevées, l'exactitude est plus grande qu'avec des fréquences moins élevées car la mesure du temps est plus exacte).

Il est souvent demandé de mesurer l'épaisseur par ultrasons sur une partie de la surface d'un composant. Dans ce cas, il convient d'accorder une attention particulière à l'espacement entre les différents points de mesure. Cet espacement doit être régulier et l'utilisation d'un maillage est recommandée. La dimension du maillage doit être choisie de façon à fournir un équilibre entre le degré de confiance requis et l'objet du contrôle.

Le mesurage de l'épaisseur par ultrasons consiste à mesurer le temps de vol et à calculer l'épaisseur, en supposant une vitesse de propagation constante de l'onde ultrasonore (voir [l'Article 7](#)). Si la vitesse n'est pas constante dans le parcours qu'a effectué l'impulsion ultrasonore, l'exactitude de la mesure peut être gravement altérée.

ISO 16809:2017

<https://standards.iteh.ai/> <https://standards.iteh.ai/standards/ISO/ISO-16809-2017/ISO-16809-2017-FR.html>

6.2.2 Mesurage en cours de fabrication

6.2.2.1 Modes 1, 2 et 3

Lorsqu'on utilise le mode à échos, les diagrammes représentés aux [Figures D.1](#) et [D.2](#) aident à choisir la meilleure technique et le meilleur appareillage.

Le mesurage de l'épaisseur sur des surfaces parallèles propres peut être effectué à l'aide de jauges d'épaisseur à affichage numérique simple.

Sur des matériaux composites avec des échos supplémentaires en plus de l'écho de fond, les jauges d'épaisseur avec représentation de type A [type [5.1 b](#)) ou [5.1 c](#))] sont recommandées pour sélectionner l'écho correct pour le mesurage de l'épaisseur.

6.2.2.2 Mode 4

Si le matériau est fortement atténuateur et s'il faut mesurer d'importantes épaisseurs, aucune technique à écho ne peut être utilisée, autrement dit seule la technique en transmission (mode 4) est applicable.

Il faut alors utiliser deux transducteurs sur les côtés opposés de la pièce à contrôler. L'appareil doit par conséquent permettre un fonctionnement avec émetteur et récepteur séparés (mode TR). Dans la plupart des cas, la fréquence doit être inférieure à 1 MHz. Des appareils spéciaux à basse fréquence appartenant au groupe c) mentionné en [5.1](#) et équipés de transducteurs à basse fréquence doivent être utilisés.

6.2.3 Mesurage de l'épaisseur résiduelle en cours de fonctionnement

Lors du contrôle en cours de fonctionnement, les mesurages sont à effectuer sur des matériaux soumis à la corrosion ou à l'érosion. Les surfaces peuvent être rugueuses et présenter des zones de piqûres ou d'autres défauts (voir l'[Annexe A](#)), qui sont des zones de basse réflectivité.

L'utilisation de traducteurs à émetteur et récepteur séparés est par conséquent recommandée. La sensibilité doit être réglée manuellement afin de détecter les zones de mauvaise réflectivité.

Lorsqu'il est nécessaire d'effectuer un grand nombre de mesurages, les relevés doivent comporter des informations sur l'emplacement du point de mesure. Il existe des programmes de contrôle spécialement conçus pour gérer ces fichiers de données (enregistrement des données).

Avec le contrôle en cours de fonctionnement, les conditions de l'environnement sont très importantes. On peut avoir besoin d'un appareillage capable de résister à de hautes températures et à des environnements difficiles ou d'un appareil avec protection électrique particulière.

Les diagrammes représentés aux [Figures D.3](#) et [D.4](#) donnent des indications sur le mesurage de l'épaisseur en cours de fonctionnement.

6.3 Choix du traducteur

Une fois que le mode opératoire de mesure adapté est choisi conformément à [6.2](#), c'est-à-dire une fois que la décision est prise en ce qui concerne le type de traducteur à adopter (à transducteur simple ou à émetteur et récepteur séparés), d'autres paramètres sont à prendre en compte pour que le traducteur corresponde aux conditions de mesurage.

Avec les traducteurs à large bande, l'impulsion est plus courte qu'avec les traducteurs à bande étroite; on obtient ainsi un flanc ou une crête approprié(e) pour commencer et terminer le mesurage du temps de vol et, pour le mesurage de tôles ou de revêtements fins, la résolution est meilleure.

De plus, une large bande de fréquences donne toujours un écho stable même lorsqu'il s'agit de mesurer des matériaux atténuants.

La dimension et la fréquence du traducteur doivent être choisies de manière à couvrir la gamme de mesures par un faisceau acoustique étroit afin d'obtenir un écho d'une zone bien définie.

Pour des traducteurs à émetteur et récepteur séparés, la gamme focale doit couvrir la gamme d'épaisseurs attendue.

Pour le mesurage de faibles épaisseurs, un bloc de retard doit être utilisé. Le mesurage doit être effectué avec l'écho d'interface entre le bloc de retard et la pièce à contrôler et le premier écho de fond de la pièce à contrôler (mode 2) ou d'effectuer le mesurage en utilisant le mode 3. Le matériau du bloc de retard doit être choisi pour engendrer un écho d'interface adapté. Il n'y a pas d'écho d'interface si l'on utilise le même matériau que celui de la pièce à contrôler. Si le matériau du bloc de retard a une impédance acoustique plus basse que le matériau à soumettre à essai, par exemple un bloc de matière plastique par rapport à une pièce métallique, il y a un déphasage de l'écho d'interface. Pour obtenir des résultats exacts, il faut corriger ce phénomène. Avec certains mesureurs d'épaisseur, cette correction est automatique.

Pour les faibles épaisseurs, il est également possible d'utiliser un traducteur à émetteur et récepteur séparés avec une petite distance focale.

Lorsque le mesurage porte sur des surfaces chaudes, le bloc de retard doit avoir l'effet d'une isolation thermique.

Le matériau choisi pour le retard doit résister aux températures de la pièce à contrôler. L'influence de la température sur les propriétés acoustiques du bloc de retard doit être connue (dérive de l'atténuation ultrasonore et de la vitesse de propagation de l'onde ultrasonore). Les fiches techniques du fabricant indiquent la gamme des températures pour lesquelles le traducteur est adapté ainsi que la durée d'utilisation à ces températures.