

---

---

**Essais non destructifs — Contrôle  
par ultrasons — Caractérisation des  
traducteurs et des champs acoustiques**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Non-destructive testing — Ultrasonic inspection — Characterization  
of search unit and sound field*

ISO 10375:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b072e5aa-b587-46df-8ac1-22d02ae99f7c/iso-10375-1997>



## Sommaire

	Page
1	1
2	1
3	2
4	2
4.1	3
4.2	6
4.3	6
4.4	11
4.5	14
4.6	15
4.7	17

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b072e5aa-b587-46df-8ac1-22d02ae99f7c/iso-10375-1997>

© ISO 1997

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse  
Internet central@iso.ch  
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

## 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 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.

iTeh STANDARD PREVIEW

La Norme internationale ISO 10375 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 135, *Essais non destructifs*, sous-comité SC 3, *Moyens acoustiques*.

[ISO 10375:1997](https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/b072e5aa-b587-46df-8ac1-22d02ae99f7c/iso-10375-1997)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/b072e5aa-b587-46df-8ac1-22d02ae99f7c/iso-10375-1997>

## Introduction

Dans le cadre d'un essai non destructif aux ultrasons, les impulsions ultrasonores sont utilisées afin de détecter et d'évaluer les imperfections ou les défauts d'un matériau. Il convient de spécifier, de contrôler et de caractériser correctement la production, la propagation et la réception des impulsions ultrasonores, si l'on veut obtenir des informations sur les défauts qui soient reproductibles. De la connaissance des caractéristiques du traducteur ou du transducteur, ainsi que du champ sonore associé et des modes opératoires d'essai utilisés, dépend la précision et la répétabilité de l'examen ultrasonore.

Pour une description complète ou un choix approprié d'un traducteur ou d'un transducteur, un ensemble de caractéristiques communément reconnu, relatif audit traducteur, doit être spécifié. La présente Norme internationale établit les techniques à utiliser en laboratoire pour caractériser les traducteurs ultrasonores à l'aide de paramètres tels que la fréquence centrale, la largeur de bande, la longueur du champ proche, le demi-angle de divergence du faisceau, la profondeur de champ, le diamètre du faisceau et la longueur focale. La présente Norme internationale spécifie les moyens de mesure des caractéristiques des traducteurs d'immersion et de contact utilisés pour le contrôle des matériaux. Elle fournit également des guides pour l'obtention de paramètres mesurés dans le champ libre et par mesurage de l'écho d'impulsion. Des exemples de calcul de ces paramètres sont donnés.

La présente Norme internationale fournit les techniques et les procédures pour atteindre les objectifs suivants:

- a) sélectionner et spécifier les caractéristiques des traducteurs et des transducteurs;
- b) vérifier et garantir la constance des performances d'un traducteur pendant toute sa durée de vie;
- c) faciliter la sélection de traducteurs identiques ou d'alternatives équivalentes;
- d) établir une base de comparaison des résultats obtenus à l'aide de différents appareils, réglages, opérateurs, temps de fonctionnement et différentes périodes.

# Essais non destructifs — Contrôle par ultrasons — Caractérisation des transducteurs et des champs acoustiques

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale établit les procédures de spécification de certaines caractéristiques de transducteurs ultrasonores et de mesure du champ acoustique associé. L'objectif est d'uniformiser les techniques d'essai, de créer une base d'interprétation des résultats obtenus par différents laboratoires et à différents moments. On notera que la présente Norme internationale n'établit pas de critères d'acceptation; elle détermine cependant une base technique concernant les critères qui peuvent être définis par les utilisateurs.

L'ISO 2400 décrit un bloc d'étalonnage utilisé lors d'un contrôle de soudure pour vérifier les performances de l'appareil ultrasonore et du transducteur. Pour une amélioration future des possibilités du contrôle ultrasonore, l'information concernant la réponse temporelle du transducteur, sa réponse en fréquence (également appelée spectre de fréquence, analyse en fréquence, analyse de spectre et analyse de signature) ainsi que le champ acoustique doivent être connus avant de pouvoir réaliser une détection et une évaluation fiables des défauts.

Il est question ici de transducteurs droits et de transducteurs d'angle à fréquence ultrasonore nominale allant de 0,5 MHz à 15 MHz. Les transducteurs d'ondes de surface ne sont pas traités dans la présente Norme internationale. Cette dernière fournit les procédures de spécification des paramètres de champ acoustique, de même que les méthodes de mesure par essais en immersion. La présente Norme internationale ne concerne pas les mesures de champ acoustique lors des essais de contact.

La présente Norme internationale décrit les procédures de mesure pour l'évaluation des caractéristiques des transducteurs ultrasonores, ainsi que les techniques utilisées pour obtenir des données de champ acoustique à l'aide de transducteurs excités par impulsions électriques et utilisés sur le terrain ou en laboratoire. Les paramètres des caractéristiques traités dans la présente Norme internationale sont les fréquences supérieures, inférieures et centrales, la longueur d'onde, la largeur de bande, les réponses temporelles et en fréquence, la longueur de champ proche, le demi-angle de divergence du faisceau des transducteurs de différentes formes en un champ libre, mesures acoustiques de l'écho, profils de faisceaux, l'impédance et la sensibilité relative. Les formats de présentation du résultat de contrôle des transducteurs droits et des transducteurs focalisés sont donnés.

Afin de fournir les informations fondamentales et de vérifier l'éventuelle dégradation des performances, les propriétés électriques du transducteur sont mesurées indépendamment de l'instrument ultrasonore. L'impédance électrique et la sensibilité sont mesurées à des fréquences spécifiques sélectionnées pour chaque transducteur. L'impédance électrique correspond à l'impédance complexe d'entrée du transducteur et la sensibilité est la mesure de l'efficacité électroacoustique du transducteur. Ces méthodes sont respectivement décrites en 4.6 et 4.7.

## 2 Référence normative

La norme suivante contient des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente de la norme indiquée ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 2400:1972, *Soudures sur acier — Bloc de référence pour l'étalonnage des appareils pour l'examen par ultra-sons.*

### 3 Symboles

$B_W$	Largeur de bande, en pourcentage
$C_N$	Nombre de cycles
$D$	Diamètre efficace, en millimètres, de l'élément transducteur du traducteur
$d_{FL}$	Diamètre de faisceau, en millimètres, à la longueur focale
$F_D$	Profondeur de champ (également connue comme longueur de zone focale), en millimètres
$F_L$	Longueur focale (également connue comme la distance focale), en millimètres
$f$	Fréquence, en mégahertz, du traducteur
$f_l$	Fréquence inférieure (−3 dB pour le champ libre, −6 dB pour l'écho, à partir de l'amplitude de crête), en mégahertz
$f_u$	Fréquence supérieure (−3 dB pour le champ libre, −6 dB pour l'écho, à partir de l'amplitude de crête), en mégahertz
$f_c$	Fréquence centrale, en mégahertz
$f_p$	Fréquence de crête, en mégahertz
$l_1, l_2$	Dimensions efficaces, en millimètres, du traducteur rectangulaire
$L_0$	Longueur, en millimètres, du champ proche
$P_N$	Nombre de crêtes
$S_r$	Sensibilité relative, en décibels
$T_k$	Épaisseur du matériau, c'est-à-dire la distance entre le traducteur et le réflecteur, en millimètres
$T_{PD}$	Durée d'impulsion, en microsecondes
$v$	Vitesse d'onde, en kilomètres par seconde, du support soumis à l'essai
$V_{in}$	Signal d'entrée crête-à-crête, ou amplitude du signal de la tension d'excitation, en volts
$V_{out}$	Signal de tension de sortie crête-à-crête, en volts
$x$	Axe longitudinal du traducteur
$z$	Distance axiale, en millimètres, normale à la face avant du traducteur
$\lambda$	Longueur d'onde, en millimètres, dans le matériau d'essai
$\alpha$	Angle incident, en degrés
$\beta$	Angle de réfraction, en degrés
$\gamma$	Angle de bigle, en degrés
$\Omega$	Impédance, en ohms
$\theta$	Demi-angle de divergence, en degrés, du faisceau

### 4 Techniques et procédures

Les caractéristiques d'un traducteur ultrasonore sont déterminées par la combinaison de ses propres paramètres et des propriétés physiques du matériau avec lequel le traducteur est couplé. Le traducteur ultrasonore se caractérise par des paramètres tels que la longueur d'onde, la fréquence centrale, la réponse temporelle, la réponse en fréquence et la largeur de bande fractionnaire. La longueur d'onde, la fréquence du traducteur ainsi que la vitesse de propagation d'une onde à travers un matériau sont liées par la relation suivante:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \dots (1)$$

où

- $v$  est la vitesse de propagation de l'onde, en kilomètres par seconde, dans le matériau d'essai;
- $\lambda$  est la longueur d'onde, en millimètres, du traducteur;
- $f$  est la fréquence, en mégahertz, du traducteur.

## EXEMPLE 1

a) Considérons un transducteur droit de 5 MHz, lors d'un essai de contact dans l'acier. La longueur d'onde longitudinale de l'impulsion dans l'acier est déterminée comme suit:

$$f = 5 \text{ MHz} = 5 \times 10^6 \text{ Hz}$$

La vitesse de propagation de l'onde longitudinale dans l'acier est donnée par

$$v_{\text{long}} = 5,92 \text{ km/s} = 5,92 \times 10^6 \text{ mm/s}$$

$$\therefore \lambda_{\text{long}} = \frac{5,92 \times 10^6}{5 \times 10^6} = 1,18 \text{ mm} \quad (\text{longueur d'onde longitudinale})$$

b) Considérons un transducteur d'angle (onde transversale) de 5 MHz, lors d'un essai de contact dans l'acier. La longueur d'onde transversale de l'impulsion dans l'acier est déterminée comme suit:

$$f = 5 \text{ MHz} = 5 \times 10^6 \text{ Hz}$$

La vitesse de propagation de l'onde transversale dans l'acier est donnée par

$$v_{\text{trans}} = 3,26 \text{ km/s} = 3,26 \times 10^6 \text{ mm/s}$$

$$\therefore \lambda_{\text{trans}} = \frac{3,26 \times 10^6}{5 \times 10^6} = 0,65 \text{ mm} \quad (\text{longueur d'onde transversale})$$

Ces paramètres sont mesurés par contrôle échographique, décrit ici. L'écho est transmis par une porte de sélection, afin d'éliminer les signaux non significatifs. L'écho transmis agit en entrée à la fois sur l'oscilloscope pour analyser sa réponse temporelle, et sur un analyseur de fréquence pour analyser sa réponse en fréquence. L'impulsion de tension électrique appliquée au transducteur produit un spectre d'énergie suffisamment large pour permettre d'évaluer la réponse du transducteur. Le niveau d'impulsion de l'excitation, les types de cibles utilisées pour chaque essai ainsi que la distance par rapport au transducteur doivent être enregistrés.

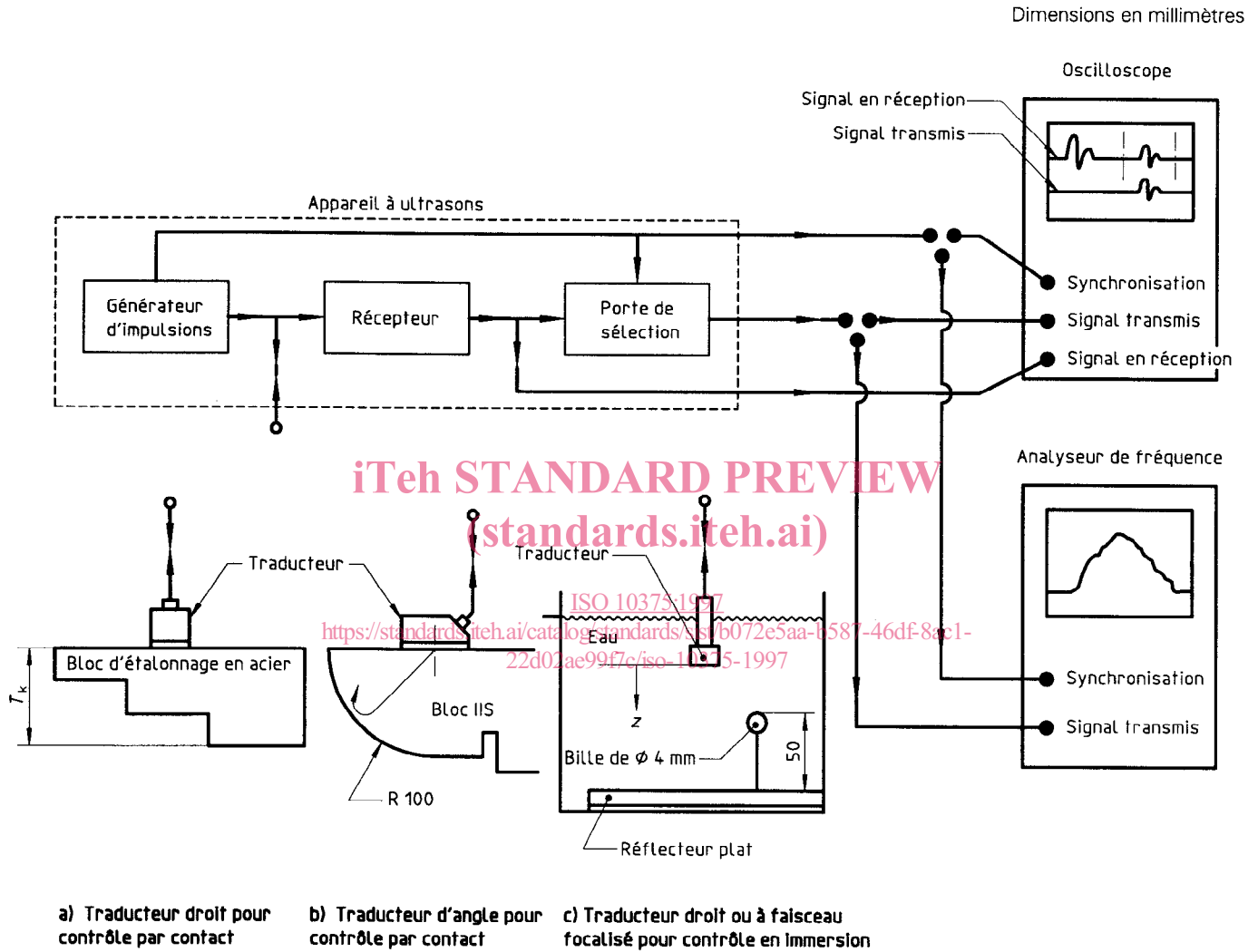
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b072e5aa-b587-46df-8ac1-22d02ae99f7c/iso-10375-1997>

#### 4.1 Montage d'essai

La figure 1 illustre de manière schématique un montage d'essai pour la technique d'impulsion de tension électrique couramment utilisée lors des essais échographiques. Le système se compose d'un générateur d'impulsions, d'un récepteur, d'une porte (ou d'un instrument à écho ultrasonore avec terminal de sortie pour un signal d'écho transmis), d'un oscilloscope, d'un analyseur de fréquences et d'un transducteur. La gamme de fréquences de l'oscilloscope et de l'analyseur ne doit pas être inférieure à 50 MHz. Des câbles coaxiaux de 50 Ω doivent être utilisés pour le mesurage; l'entrée des câbles vers l'oscilloscope et l'analyseur de fréquences doit être couplée avec une terminaison de 50 Ω. Une impulsion d'excitation est appliquée au transducteur et l'écho provenant d'une cible spécifique est analysé.

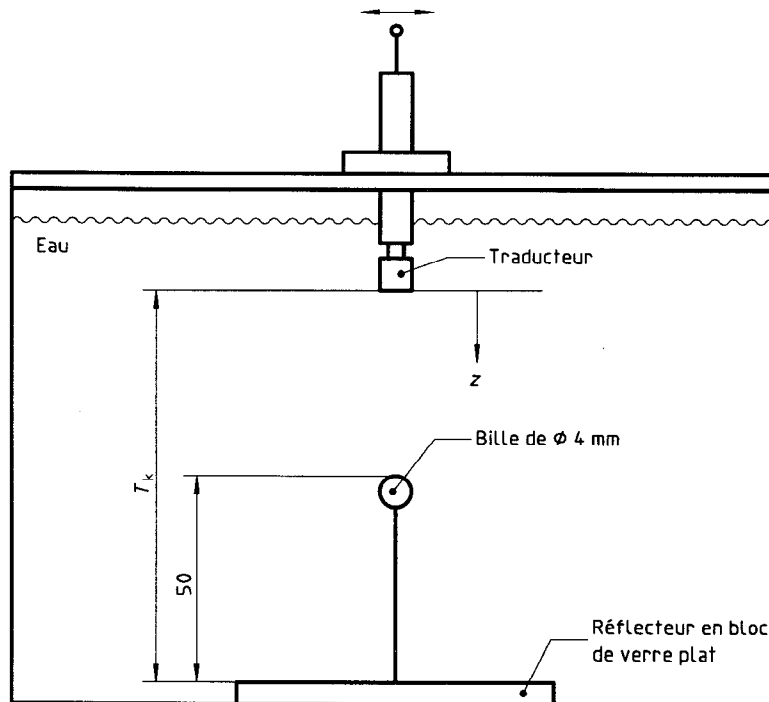
Dans le cas de contrôles en immersion, le transducteur doit être orienté de manière à fournir une amplitude de signal maximale depuis la surface cible. Les cibles couramment utilisées lors de contrôles en immersion sont soit une petite bille d'acier inoxydable ou un fil d'acier pour la mesure du champ acoustique, soit un réflecteur plan, tel qu'un bloc de verre, pour l'analyse de la forme d'onde d'un écho. Le diamètre standard d'une sphère est de 4 mm et celui du fil en acier est de 2,5 mm. Sur accord entre les parties, des sphères et des cibles de différentes dimensions peuvent également être utilisées. Afin d'éviter des réflexions dans la cuve, la distance entre la bille ou le câble cible et le fond de la cuve doit être au moins de 50 mm. La figure 2 illustre un contrôle en immersion avec une bille d'acier inoxydable ou la section d'un fil en acier et d'un bloc de verre pris comme cible.

Dans le cas de contrôles par contact, les transducteurs à faisceau droit et à faisceau incliné sont utilisés. Un élément simple en mode échographique ou un élément double en mode émetteur-récepteur, et un bloc de référence à gradins de multiple épaisseur, sont utilisés avec les transducteurs à faisceau droit lors des contrôles par contact. Entre le transducteur et la surface de contact, un milieu de couplage approprié, tel qu'une huile minérale ou de la glycérine, doit être utilisé et une pression uniforme doit être maintenue. L'épaisseur du bloc doit être supérieure à la durée spatiale de l'impulsion d'excitation utilisée. La platitude et le parallélisme du bloc de référence doivent être tous deux supérieurs à 0,02 mm. L'état de surface du haut et du bas du bloc de référence doit se situer entre 1,6 µm et 3,2 µm. La figure 3 illustre un contrôle par contact sur un bloc d'étalonnage à gradins.



**Figure 1 — Dispositions pour contrôle ultrasonore par réflexion avec excitation électrique**  
 ( $T_k = 0,75N_0$  à  $1,5N_0$ ;  $N_0$  = longueur du champ proche)



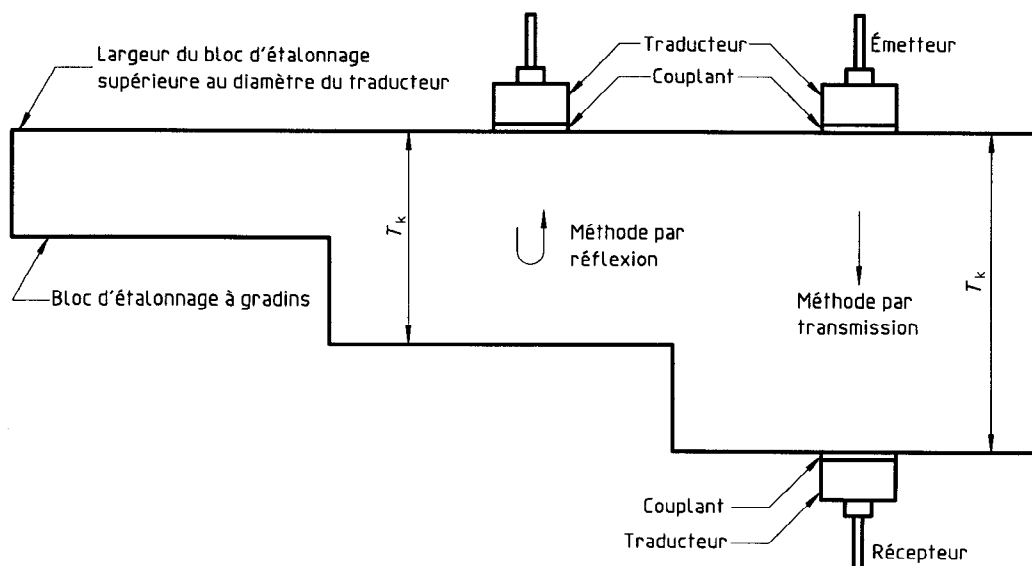


$T_k$  = longueur de champ proche du transducteur droit  
 = longueur focale du transducteur à faisceau focalisé

**Figure 2 — Contrôle en immersion avec le transducteur placé au-dessus d'une bille cible ou réflecteur plat**

(Ce dernier sert à la mesure de réponse en fréquence; la bille cible sert à la mesure du champ acoustique)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b072e5aa-b587-46df-8ac1-22d02ae99f7c/iso-10375-1997>



$T_k$  = épaisseur  
 $N_0$  = longueur du champ proche

**Figure 3 — Dispositions pour contrôle par contact avec transducteur droit**

(Pour un essai par réflexion,  $T_k = 0,75N_0$  à  $1,5N_0$ ; pour un essai par transmission,  $T_k > N_0$ )

Le faisceau incliné est produit par un élément transducteur construit à un angle de l'axe des  $z$  de la sonde, défini comme l'angle d'incidence  $\alpha$ , ou en utilisant un coin absorbant d'un transducteur droit, pour produire un faisceau sonore, réfracté à un angle du matériel soumis à l'essai. Le faisceau incliné transmis au matériau peut consister en une onde réfractée longitudinale ou une onde réfractée transversale.

Dans le cas de transducteurs d'angles utilisés lors de contrôles par contact, le bloc provenant de l'Institut international de la soudure (IIS) doit être utilisé comme bloc d'étalonnage, comme décrit dans l'ISO 2400. Le transducteur d'angle doit être positionné de manière à émettre son faisceau ultrasonore en direction du rayon de 100 mm. Avec un bon positionnement du transducteur destiné à maximaliser l'écho reçu, le point d'émergence du transducteur, c'est-à-dire le point de sortie du faisceau ultrasonore, est marqué sur le transducteur au point central du rayon de 100 mm sur le bloc IIS.

Après avoir déterminé le point d'émergence du transducteur, l'angle de réfraction  $\beta$  du transducteur, c'est-à-dire l'angle compris entre la direction d'émission du faisceau et la direction normale de la surface contrôlée, peut être mesuré comme suit. Pour un angle de réfraction compris entre  $40^\circ$  et  $75^\circ$ , placer le faisceau ultrasonore en direction du trou de 50 mm de diamètre signifie que l'angle marqué en degrés sur le bloc IIS correspondant au point d'émergence du transducteur est l'angle de réfraction du transducteur. Pour les angles de réfraction d'environ  $80^\circ$ , on place le faisceau ultrasonore en direction du trou de 1,5 mm de diamètre. Lorsque le transducteur est positionné de façon à obtenir un écho maximal, l'angle marqué en degrés sur le bloc IIS correspondant au point d'émergence du transducteur est l'angle de réfraction du transducteur. L'angle de bigle  $\gamma$  est la déviation angulaire de la direction du faisceau ultrasonore par rapport à son axe longitudinal  $x$ .

L'écho réfléchi à partir de la surface du rayon de 10 mm du bloc IIS doit être utilisé pour l'analyse de la forme d'onde. Lorsque deux transducteurs d'angle sont placés en mode émetteur-récepteur, le signal d'amplitude de crête réfléchi à partir du côté plan du bloc IIS est utilisé pour l'analyse de la forme d'onde.

La figure 4 illustre le transducteur à faisceau angulaire ainsi que le bloc IIS utilisés lors d'un contrôle par contact. Dans le cas d'un transducteur à large faisceau incliné, le réflecteur doit être au moins aussi large que le diamètre de l'élément transducteur du transducteur.

Dans le cas de l'analyse de la forme d'onde, l'écho transmis à partir de la surface arrière du bloc de référence, c'est-à-dire à partir d'un réflecteur infini, est caractérisé en termes de réponse temporelle et de réponse en fréquence.

ISO 10375:1997

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/b072e5aa-b587-46df-8ac1-22d02ae99f7c/iso-10375-1997>

## 4.2 Réponse temporelle

La réponse temporelle d'un signal d'écho est enregistrée pour la cible spécifique choisie en fonction du type de contrôle et du type de transducteur évalué, c'est-à-dire contrôle en immersion ou par contact, transducteur droit ou transducteur d'angle. La durée du signal d'écho donne une mesure des caractéristiques d'amortissement du transducteur. La forme d'onde de l'impulsion se caractérise par le nombre de crêtes  $P_N$ , défini comme le nombre de demi-cycles d'une amplitude supérieure ou égale à 20 % (-14 dB) de l'amplitude de crête d'une demi-onde. La durée, à partir de la première crête jusqu'à la fin de la dernière crête, est définie comme la durée d'impulsion  $T_{PD}$ , mesurée en microsecondes. Le nombre de crêtes de la forme d'onde illustrée à la figure 5 est de 7. La réponse temporelle peut également s'exprimer en nombre de cycles  $C_N$ , soit la moitié du nombre de crêtes.

## 4.3 Réponse en fréquence

Lorsqu'on utilise un analyseur de fréquence (ou de spectre), la réponse d'écho à partir d'une cible donnée peut être mesurée en termes d'amplitude de signal, comme une fonction de la fréquence. La cible doit être un ensemble réflecteur plan aussi proche que possible de la distance du champ proche  $N_0$  ou de la longueur focale  $F_L$ . Les signaux peuvent être analysés à l'aide d'un analyseur de spectre doté de filtres ou par totale numérisation du signal, suivie par la transformée de Fourier rapide. Cette réponse sert de base à l'établissement d'autres paramètres tels que la fréquence de crête, la fréquence centrale, et la largeur de bande. La fréquence de crête  $f_p$  est la fréquence à laquelle l'amplitude de crête se produit dans la réponse en fréquence. Les fréquences inférieure et supérieure,  $f_l$  et  $f_u$  respectivement, sont définies comme les fréquences auxquelles les amplitudes d'écho sont inférieures de 50 % (-6 dB) à l'amplitude de crête de la mesure impulsion/écho, comme illustré à la figure 6. La fréquence centrale  $f_c$  est définie comme suit:

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad \dots (2)$$

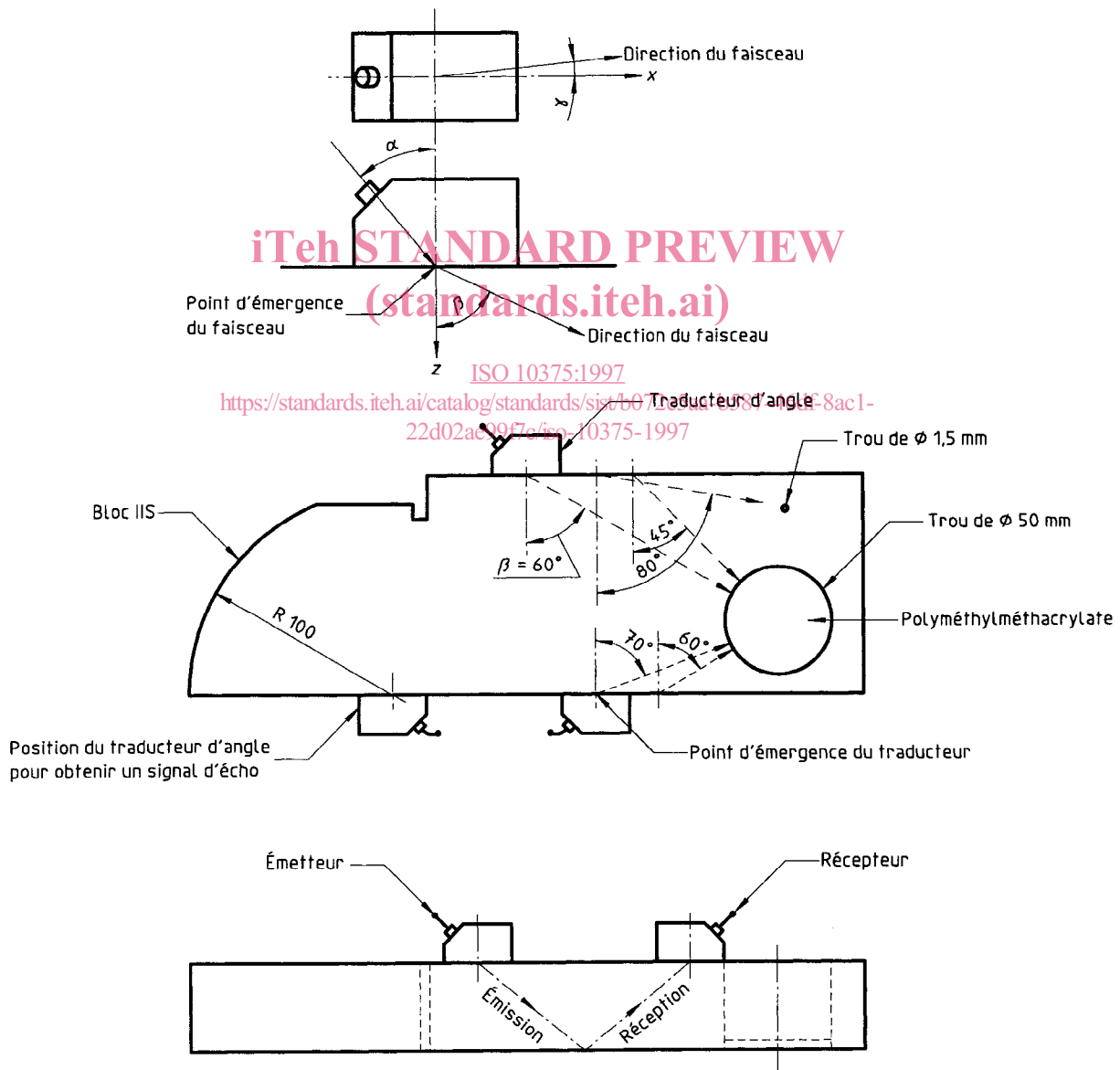
L'amplitude de crête peut se trouver ou non à la fréquence centrale. La largeur de bande  $B_W$ , en pourcentage, du signal d'écho est définie comme suit:

$$B_W = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100 \quad \dots (3)$$

Outre  $B_W$ , on peut également noter la valeur absolue de la largeur de bande,  $f_u - f_l$ , en mégahertz.

La figure 7 illustre un résultat type de traducteur d'angle lors d'un contrôle par contact où le bloc IIS a été utilisé comme cible. Le signal d'écho provenant de la surface du bloc de 100 mm de rayon est enregistré. La figure 8 illustre le résultat d'un contrôle en immersion avec un traducteur focalisé. Le signal d'écho, réfléchi, dans ce cas, à partir d'un bloc de verre à sa longueur focale, est enregistré.

Dimensions en millimètres



**Figure 4 — Dispositions pour contrôle par contact avec traducteur d'angle**

(Le point d'émergence du traducteur est le point de sortie du faisceau;  $x$  = axe longitudinal du traducteur;  $z$  = axe normal à la surface d'essai;  $\beta$  = angle de réfraction;  $\gamma$  = angle de bigle)