
**Méthodes pour l'étalonnage des
transducteurs de vibrations et de chocs —**

**Partie 1:
Concepts de base**

*Methods for the calibration of vibration and shock transducers —
Part 1: Basic concepts*
iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 16063-1:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-6abe5cdb29ee/iso-16063-1-1998>



Sommaire

Page

1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	1
3	Termes et définitions	2
4	Caractéristiques à mesurer	4
4.1	Généralités.....	4
4.2	Réponse directe (au mesurande)	5
4.3	Réponses aux grandeurs d'influence.....	5
5	Méthodes d'étalonnage	8
5.1	Généralités.....	8
5.2	Méthodes d'étalonnage primaire.....	9
5.3	Méthodes d'étalonnage par comparaison.....	19
6	Expression de l'incertitude de mesure	20
Annexe A (informative) Expression de l'incertitude de mesure affectant l'étalonnage		21
Bibliographie		25

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16063-1:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-6abc5cd029cc/iso-16063-1-1998)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-6abc5cd029cc/iso-16063-1-1998>

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 3.

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.

La Norme internationale ISO 16063-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques*, sous-comité SC 3, *Utilisation et étalonnage des instruments de mesure des vibrations et des chocs*.

Cette première édition de l'ISO 16063-1 annule et remplace l'ISO 5347-0:1987, dont elle constitue une révision mineure. En particulier, un nouvel article 6, une nouvelle annexe A ainsi qu'une bibliographie élargie ont été incorporés.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-6abe5cdb29ee/iso-16063-1-1998>

L'ISO 16063 comprendra les parties suivantes, présentées sous le titre général *Méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs*:

- *Partie 1: Concepts de base*
- *Partie 2: Étalonnages primaires*
- *Partie 3: Étalonnages secondaires*
- *Partie 4: Étalonnages environnementaux*

Les parties 2 à 4 sont actuellement en préparation sous forme d'une révision des parties 1 à 23 de l'ISO 5347.

L'annexe A de la présente partie de l'ISO 16063 est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

L'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs est devenu de plus en plus important par suite de la nécessité croissante de mesures précises de chocs et de vibrations auxquels l'homme et des équipements de toute sorte sont soumis en service. Plusieurs méthodes ont été appliquées ou proposées pour ces étalonnages dont quelques-unes sont décrites dans la présente partie de l'ISO 16063. L'article 5 donne une description de méthodes qui se sont révélées être des moyens fiables pour l'étalonnage primaire de transducteurs de vibrations et de chocs.

Des méthodes d'étalonnage pour transducteurs à la fois de vibrations et de chocs sont incluses dans la présente Norme internationale, étant donné qu'il s'avère peu pratique de faire une distinction entre les transducteurs utilisés pour les mesures de vibrations et ceux utilisés pour les mesures de chocs.

La présente Norme internationale se limite aux méthodes d'étalonnage des transducteurs d'accélération, de vitesse et de déplacement. Elle ne traite pas des transducteurs utilisés pour les mesures de force, de pression ou de contraintes, bien qu'il y en ait qui puissent être étalonnés par des méthodes similaires. De même, les transducteurs destinés à mesurer le mouvement vibratoire en rotation sont exclus puisqu'il n'y en a pas beaucoup, et le matériel ainsi que les méthodes d'étalonnage diffèrent quelque peu du cas des transducteurs rectilignes traités dans la présente Norme internationale.

La présente partie de l'ISO 16063 contient des définitions et décrit l'étalonnage primaire de base. En outre, elle décrit en termes généraux diverses méthodes pour l'étalonnage de transducteurs de vibrations et de chocs ainsi que des méthodes de mesure des caractéristiques autres que la sensibilité. Afin de pouvoir effectuer un étalonnage avec l'exactitude donnée, il est nécessaire de fixer des spécifications détaillées concernant les instruments et les procédés. Les informations s'y rapportant pour chaque méthode d'étalonnage seront spécifiées dans les parties ultérieures de l'ISO 16063 (consistant en une révision des parties 1 à 23 de la série de normes ISO 5347).

Le transducteur peut être étalonné comme une unité particulière; il peut inclure un câble de liaison et/ou un module de conditionnement. Le dispositif d'étalonnage doit toujours être décrit avec précision.

Une bibliographie est donnée à la fin de la présente partie de l'ISO 16063 et les références y relatives dans le texte sont signalées par des numéros entre crochets.

Méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs —

Partie 1: Concepts de base

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 16063 spécifie des méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs. Elle comprend également des méthodes pour la mesure des caractéristiques autres que la sensibilité.

Une seule méthode pour l'étalonnage primaire a été choisie comme méthode privilégiée (voir 5.2.1). Des méthodes d'étalonnage par comparaison pour des vibrations et des chocs sont aussi spécifiées (voir 5.3). Des descriptions plus détaillées sont données dans les parties 1 à 23 de l'ISO 5347 (voir références [1] à [22]).

La présente partie de l'ISO 16063 est applicable à des transducteurs à lecture continue d'accélération rectiligne, de vitesse et de déplacement et recommande une méthode privilégiée qui s'est révélée donner des résultats fiables et reproductibles.

Elle n'est pas applicable à des méthodes pour l'étalonnage de transducteurs de rotation.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 16063. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 16063 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 1101:1983, *Dessins techniques — Tolérancement géométrique — Tolérancement de forme, orientation, position et battement — Généralités, définitions, symboles, indications sur les dessins*.

ISO 2041:1990, *Vibrations et chocs — Vocabulaire*.

ISO 2954:1975, *Vibrations mécaniques des machines tournantes ou alternatives — Spécifications des appareils de mesure de l'intensité vibratoire*.

Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure. BIPM/CEI/FICC/ISO/OIML/UICPA, 1995.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 16063, les termes et définitions donnés dans l'ISO 2041 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

transducteur

dispositif permettant de transformer le mouvement mécanique à mesurer, par exemple l'accélération dans une direction donnée, en une grandeur pouvant être mesurée et enregistrée commodément

NOTE Le transducteur peut comprendre un appareillage auxiliaire destiné à amplifier, à produire la puissance nécessaire à l'utilisation, à fournir des éléments de circuit nécessaires, à indiquer ou à enregistrer son signal de sortie, etc.

3.1.1

gamme d'utilisation

gamme en fréquence et en amplitude dans laquelle le transducteur se comporte comme un transducteur linéaire, dans des limites spécifiées de tolérance

3.1.2

transducteur réciproque

transducteur électromécanique réversible dans lequel le rapport entre le courant appliqué et la force produite (quand le transducteur est contraint de telle sorte que la vitesse est nulle) est égal au rapport entre la vitesse appliquée et la tension produite (quand le transducteur fonctionne en circuit ouvert, de telle sorte que le courant est nul)

EXEMPLES: Transducteurs électromagnétiques et transducteurs piézo-électriques.

3.1.3

transducteur non réversible

transducteur qui utilise des jauges de contrainte comme éléments sensibles et pour lequel une excitation électrique ne cause pas d'effet mécanique perceptible dans le transducteur

3.2

signal d'entrée

signal appliqué à l'entrée du transducteur

EXEMPLE: L'atténuation appliquée à la surface de montage.

3.3

signal de sortie

signal engendré par le transducteur en réponse à un signal d'entrée donné

NOTE 1 S'agissant de transducteurs à une seule entrée mécanique, le vecteur d'accélération est considéré comme positif lorsqu'il est dirigé vers le centre du transducteur à partir de la surface de montage. Pour les accéléromètres de référence montés en opposition, le vecteur d'accélération est considéré comme positif lorsqu'il est dirigé, à partir de la surface supérieure, vers le centre de l'accéléromètre à étalonner par comparaison.

NOTE 2 Il convient que la phase de la grandeur mesurée en sortie (par exemple la tension, la charge, le courant, la résistance, etc.) soit spécifiée par référence au vecteur d'accélération positif défini ou aux grandeurs dérivées (vitesse ou déplacement).

3.4

sensibilité

pour un transducteur linéaire, rapport du signal de sortie au signal d'entrée pour une excitation sinusoïdale parallèle à un axe de sensibilité spécifié à la surface de montage

NOTE 1 En général, la sensibilité inclut une information en amplitude et en phase et est, par conséquent, une grandeur complexe qui varie avec la fréquence.

Le mouvement sinusoïdal d'entrée peut être exprimé par les équations suivantes:

$$s = \hat{s} \exp[j(\omega t + \varphi_1)] = \hat{s} [\cos(\omega t + \varphi_1) + j \sin(\omega t + \varphi_1)] \quad (1)$$

$$v = j\omega s = \hat{v} \exp[j(\omega t + \varphi_1 + \pi/2)] = \hat{v} [\cos(\omega t + \varphi_1 + \pi/2) + j \sin(\omega t + \varphi_1 + \pi/2)] \quad (2)$$

$$a = j\omega v = \hat{a} \exp[j(\omega t + \varphi_1 + \pi)] = \hat{a} [\cos(\omega t + \varphi_1 + \pi) + j \sin(\omega t + \varphi_1 + \pi)] \quad (3)$$

$$u = \hat{u} \exp[j(\omega t + \varphi_2)] = \hat{u} [\cos(\omega t + \varphi_2) + j \sin(\omega t + \varphi_2)] \quad (4)$$

où

s est le nombre complexe associé au déplacement;

v est le nombre complexe associé à la vitesse;

a est le nombre complexe associé à l'accélération;

u est le nombre complexe associé à la sortie;

\hat{s} est l'amplitude crête du déplacement sinusoïdal;

\hat{v} est l'amplitude crête de la vitesse sinusoïdale;

\hat{a} est l'amplitude crête de l'accélération sinusoïdale;

ω est la pulsation ou fréquence angulaire;

φ_1 et φ_2 sont les angles de phase; [ISO 16063-1:1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-6abe5cdb29ee/iso-16063-1-1998)

t est le temps; <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-6abe5cdb29ee/iso-16063-1-1998>

j est le nombre imaginaire unitaire.

La sensibilité en déplacement, S_s , exprimée en unités du signal de sortie par mètre, est:

$$S_s = \frac{u}{s} = \hat{S}_s \exp[-j(\varphi_1 - \varphi_2)] \quad (5)$$

où

$\hat{S}_s = \frac{\hat{u}}{\hat{s}}$ est le module de la sensibilité en déplacement;

$(\varphi_1 - \varphi_2)$ est la différence de phase.

La sensibilité en vitesse, S_v , exprimée en unités de signal de sortie par mètre par seconde, est:

$$S_v = \frac{u}{v} = \hat{S}_v \exp[-j(\varphi_1 + \pi/2 - \varphi_2)] \quad (6)$$

où

$\hat{S}_v = \frac{\hat{u}}{\hat{v}}$ est le module de la sensibilité en vitesse;

$(\varphi_1 + \pi/2 - \varphi_2)$ est la différence de phase.

La sensibilité en accélération, S_a , exprimée en unités de signal de sortie par mètre par seconde carrée, est:

$$S_a = \frac{u}{a} = \hat{S}_a \exp[-j(\varphi_1 + \pi - \varphi_2)] \quad (7)$$

où

$\hat{S}_a = \frac{\hat{u}}{\hat{a}}$ est le module de la sensibilité en accélération;

$(\varphi_1 + \pi - \varphi_2)$ est la différence de phase.

Habituellement, la sensibilité en déplacement est destinée à un transducteur de déplacement, la sensibilité en vitesse à un transducteur de vitesse et la sensibilité en accélération à un transducteur d'accélération. En général, les modules de sensibilité et les angles de phase sont des fonctions de la fréquence, $f = \omega/2\pi$.

NOTE 2 On dit d'un transducteur de déplacement, de vitesse ou d'accélération dans lequel la sensibilité correspondante n'est pas nulle lorsque la fréquence s'approche de zéro, qu'il a une réponse à la fréquence zéro (réponse en continu). La sensibilité sous accélération constante correspond à $\omega = 0$ et la différence de phase est nulle. Des exemples de transducteurs à répondre à la fréquence zéro sont des transducteurs d'accélération utilisant des jauges de contrainte, des potentiomètres, des transformateurs différentiels, des pendules asservis ou des circuits à réluctance variable comme éléments sensibles. Les transducteurs sismiques autogénérateurs, ainsi que les transducteurs piézo-électriques et les transducteurs électrodynamiques sont des exemples de transducteurs sans réponse à la fréquence zéro.

3.5

rapport de sensibilité transversale

rapport du signal de sortie d'un transducteur, orienté avec son axe de sensibilité en position transversale à la direction du signal d'entrée, au signal de sortie quand l'axe de sensibilité est aligné avec la direction du même signal d'entrée

3.6

générateur de vibrations

tout dispositif servant à appliquer un mouvement contrôlé à la surface de montage d'un transducteur

ISO 16063-1:1998

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-6abe5cdb29ee/iso-16063-1-1998)

[6abe5cdb29ee/iso-16063-1-1998](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697-6abe5cdb29ee/iso-16063-1-1998)

NOTE Les générateurs de vibrations sont parfois appelés des excitateurs ou des pots vibrants.

4 Caractéristiques à mesurer

4.1 Généralités

L'objectif premier de l'étalonnage d'un transducteur est de déterminer sa constante d'étalonnage dans la gamme d'amplitudes et de fréquences pour le degré pour lequel le transducteur doit être utilisé. De plus, il peut être important de connaître sa réponse à des mouvements dans les cinq autres degrés de liberté; par exemple pour un transducteur d'accélération rectiligne, il convient que la réponse à des mouvements perpendiculaires à la direction sensible et à des rotations soit connue. D'autres facteurs importants comprennent l'amortissement, le déphasage, la non-linéarité ou la variation de réponse avec l'amplitude du mouvement, l'influence de la température et de la pression, ainsi que d'autres facteurs annexes comme le mouvement du câble de liaison électrique.

4.2 Réponse directe (au mesurande)

4.2.1 Réponse en fréquence et réponse en phase

La sensibilité d'un transducteur est obtenue en plaçant le transducteur avec son axe de sensibilité parallèle à la direction du mouvement du générateur de vibrations, tout en mesurant le mouvement ou le signal d'entrée appliqué par le générateur de vibrations et en mesurant le signal de sortie du transducteur. Aussi bien des transducteurs à lecture continue que des transducteurs à lecture de crête peuvent être étalonnés avec une excitation transitoire contrôlée dont les composantes d'amplitude et de fréquence sont au-dedans de la gamme d'utilisation du transducteur. Pour détecter des résonances quelconques, le signal de sortie du transducteur devrait être observé pendant que la fréquence du générateur de vibrations varie lentement et de façon continue dans le domaine de fréquences. En général, seule l'information concernant l'étalonnage de sensibilité en amplitude est donnée en fonction de la fréquence. Cependant, pour l'utilisation de transducteurs de vibrations dans les zones proches des fréquences limites supérieures ou inférieures ou pour des applications particulières, on peut avoir besoin de la réponse en phase. Cela est déterminé en mesurant la différence de phase entre le signal de sortie et l'excitation mécanique dans le domaine de fréquences considéré.

4.2.2 Non-linéarité

Les écarts de linéarité de la sortie d'un transducteur (distorsion d'amplitude) sont déterminés en mesurant son amplitude de sortie pour des amplitudes d'entrée variant de la valeur la plus petite à la valeur la plus grande pour laquelle le transducteur est conçu. Quand on utilise un générateur de vibrations sinusoïdales, il convient de répéter le mesurage pour plusieurs fréquences.

La non-linéarité peut prendre différentes formes. La sensibilité du transducteur peut changer progressivement avec l'augmentation de l'amplitude, une modification permanente peut se produire, conduisant à un déplacement du zéro après exposition du transducteur à des vibrations ou des chocs, ou des butées internes peuvent exister limitant brusquement l'étendue du mouvement.

Le type et l'amplitude de la non-linéarité d'un transducteur peuvent être indiqués par sa distorsion d'amplitude et en comparant sa courbe de résonance, son déphasage et son décrétement avec les caractéristiques correspondantes du transducteur linéaire idéalisé. Les écarts de non-linéarité admissibles dépendront des mesures à effectuer. Il convient de s'attendre à une non-linéarité lorsque le transducteur est utilisé à la limite supérieure de sa gamme dynamique utile.

4.3 Réponse aux grandeurs d'influence

4.3.1 Influence de la température

La sensibilité, le rapport d'amortissement et la fréquence de résonance de beaucoup de transducteurs changent en fonction de la température. Habituellement, les étalonnages de réponse en fonction de la température sont effectués en utilisant une méthode de comparaison. Le transducteur étalon est monté axialement aligné avec le transducteur en essai. Le transducteur en essai est placé dans l'enceinte thermique. Le transducteur étalon est placé hors de l'enceinte ou protégé d'une autre façon contre les fluctuations de température, de telle manière que sa sensibilité reste constante, à 2 % près, pour les températures ambiantes présentes pendant la totalité de l'étalonnage. Le générateur de vibrations n'est utilisé qu'à des fréquences où l'on sait que le mouvement transversal est inférieur à 25 % du mouvement axial. Le générateur de vibrations est sélectionné et un support de montage conçu de telle sorte qu'il y ait un mouvement relatif négligeable entre le transducteur en essai et le transducteur étalon aux fréquences auxquelles on doit effectuer l'étalonnage.

Une procédure alternative pour exécuter des étalonnages de réponse en température est de montrer le transducteur étalon et le transducteur en essai sur un support convenable dans l'enceinte thermique. Cette méthode est limitée aux domaines de température pour lesquels la réponse du transducteur étalon est connue.

Pour les transducteurs qui répondent à une accélération statique, le zéro de déséquilibre est mesuré aux températures maximale et minimale.

Il convient d'étalonner les transducteurs à amortissement interne supérieur à 10 % de l'amortissement critique à une amplitude de vibration unique pour un minimum de quatre fréquences, et à quatre températures en plus de la température ambiante. Cette méthode est également applicable aux transducteurs qui, comme les transducteurs électrodynamiques, utilisent une bobine conductrice dans leur fonctionnement. Les fréquences sont sélectionnées dans la gamme de fréquences à utiliser.

La capacité et la résistance internes des transducteurs piézo-électriques doivent être mesurées après stabilisation à la température d'étalonnage maximale.

Si la résistance mesurée d'un accéléromètre piézo-électrique à la température d'étalonnage maximale est si basse qu'elle influe sur la réponse en basse fréquence du type d'amplificateur à utiliser, il convient d'effectuer un étalonnage de la réponse en basse fréquence à cette température. Plusieurs fréquences doivent être sélectionnées pour décrire la réponse en fréquence d'une chaîne complète, en utilisant l'amplificateur qui est employé avec l'accéléromètre.

NOTE Une température élevée peut influencer sur la réponse en basse fréquence de l'accéléromètre aussi bien que le bruit et la stabilité de la combinaison accéléromètre/amplificateur. Les écarts de réponse en température sont calculés comme la variation de la constante d'étalonnage déterminée à la température d'essai, rapportée à la constante d'étalonnage à la température (20 °C) (mesurée à une fréquence choisie dans la gamme de fréquences pour laquelle la réponse du transducteur est uniforme). Cette variation est exprimée en pourcentage de la constante d'étalonnage à la température ambiante. Habituellement, il est souhaitable de sélectionner des transducteurs ayant des écarts de réponse en température qui ne dépassent pas +15 % dans la gamme de température d'utilisation.

4.3.2 Sensibilité aux transitoires de température dans des transducteurs piézo-électriques

Des signaux de sortie pyroélectriques sont engendrés dans tous les transducteurs piézo-électriques soumis à des transitoires de température. Cela vaut surtout pour des matériaux ferroélectriques. L'amplitude des signaux de sortie pyroélectriques dépend du matériau constituant la céramique et de la conception du transducteur. Habituellement, la fréquence dominante du signal de sortie pyroélectrique est considérablement inférieure à 1 Hz. Aussi le signal de sortie pyroélectrique du transducteur est en grande partie filtré, étant donné les caractéristiques en basse fréquence de la plupart des amplificateurs.

En conséquence, le signal de sortie pyroélectrique dépend de la vitesse de la variation de température et des caractéristiques de l'amplificateur ainsi que des caractéristiques du transducteur. L'essai pyroélectrique est effectué en utilisant le modèle d'amplificateur employé généralement avec le transducteur. Le transducteur est fixé sur un bloc d'aluminium par les moyens de fixation habituels. Tous les deux sont rapidement plongés dans un bain d'eau glacée, ou dans un bain d'un autre liquide adéquat, à une température qui diffère d'environ 20 °C de la température ambiante. Il convient de décrire le liquide du bain. Il convient que la masse du bloc soit d'environ dix fois la masse du transducteur. Il faut prendre des précautions pour empêcher une pénétration du liquide dans le transducteur ou une réduction de la résistance de fuite causée par la présence de liquide au niveau du connecteur, etc. Le signal de sortie maximal de l'amplificateur et l'intervalle de temps entre le début du transitoire de température et l'instant où ce signal de sortie maximal est atteint, sont mesurés par un oscilloscope en courant continu ou par un enregistreur. Si le signal de sortie s'inverse au cours des deux premières secondes et atteint une crête de polarité inversée, l'amplitude et la durée de cette crête sont également enregistrées. Pour un accéléromètre, la sensibilité aux transitoires de température est exprimée en mètres équivalents par seconde carrée par degré Celsius $[(m/s^2)/^{\circ}C]$, en divisant le signal de sortie maximal par le produit de la différence entre la température du bain et la température ambiante et de la sensibilité de l'accéléromètre.

Pour des applications spéciales utilisant des amplificateurs qui possèdent des caractéristiques en basse fréquence considérablement différentes, l'essai pyroélectrique est effectué avec l'amplificateur spécifique à utiliser. De plus, pour des applications dans lesquelles la vitesse de température transitoire diffère beaucoup de ce qui est décrit dans les conditions susmentionnées, l'essai peut être effectué en simulant l'environnement de température particulier.

4.3.3 Rapport de sensibilité transversale

Habituellement, le rapport de sensibilité transversale est déterminé à une fréquence unique inférieure à 500 Hz. La fréquence utilisée doit être notée. Un mouvement sinusoïdal est appliqué à une fréquence pour laquelle le

mouvement dans un plan perpendiculaire à l'axe sensible est connu pour être égal à au moins 100 fois le mouvement dans la direction de l'axe sensible. Pour des rapports de sensibilité transversale inférieurs à 1 %, les conditions de mouvement sont plus rigoureuses, et il faut une grande attention et beaucoup d'habileté pour obtenir la valeur du rapport de sensibilité transversale.

Le transducteur est monté et mis en rotation autour de son axe sensible sur 360°, par paliers de 45° ou moins, pour déterminer la réponse transverse maximale.

NOTE Des mesurages de sensibilité transversale expérimentaux sur des accéléromètres n'indiquent aucune dépendance de fréquence démontrable jusqu'à environ 2 000 Hz. Il n'existe actuellement que des données limitées sur la réponse transverse dans la gamme des fréquences allant de 2 000 Hz à 10 000 Hz. Plusieurs expérimentateurs ont déclaré que leurs résultats de mesurage indiquent habituellement que la réponse transverse en hautes fréquences (c'est-à-dire entre 2 000 Hz et 10 000 Hz) est du même ordre de grandeur que celle en basses fréquences (c'est-à-dire moins de 500 Hz). En général, on considère que, pour des accéléromètres dont la fréquence de résonance axiale est plus grande que 30 kHz, les fréquences de résonance transversale principales sont supérieures à 10 kHz et, par conséquent, au-delà de la gamme d'utilisation normale du transducteur. Pour d'autres modèles de transducteurs de vibrations, il existe actuellement encore peu d'information. Si possible, il convient de déterminer la plus basse fréquence de résonance transversale

4.3.4 Sensibilité à la rotation

Certains transducteurs de vibrations rectilignes sont sensibles à des signaux d'entrée de rotation. Citons, par exemple, les accéléromètres piézo-électriques et piézo-résistifs du type flexion, et les accéléromètres à pendule asservis. L'attention est attirée, toutefois, sur l'existence d'une sensibilité à la rotation et des précautions peuvent devoir être prises lors d'autres essais afin d'empêcher une erreur de mesurage due à cet effet. La sensibilité à la rotation des transducteurs de vibrations rectilignes peut être déterminée par des méthodes particulières développées pour l'étalonnage de transducteurs de vibrations rotationnelles (voir la référence [36]).

4.3.5 Sensibilité à la contrainte (standards.iteh.ai)

La technique décrite ci-dessous est la méthode préférentielle pour déterminer l'erreur produite à la sortie d'un transducteur due à la flexion de sa base.

Le transducteur est monté sur un corbeau simple qui produit un rayon de courbure de 25 m et une contrainte de 250×10^{-6} .

Un corbeau en acier est fixé sur un support rigide. Le corbeau a 76 mm de largeur et 12,5 mm d'épaisseur avec une longueur libre de 1 450 mm.

La fréquence naturelle est très près de 5 Hz. La contrainte est mesurée par jauges de contrainte liées au corbeau près du point de fixation du transducteur, à environ 40 mm de l'extrémité fixée. Le mouvement au point de fixation peut être contrôlé par un transducteur fixé en utilisant une isolation supplémentaire contre la flexion de base. Habituellement, un transducteur ayant une constante d'étalonnage 10 fois plus élevée que les transducteurs en essai est adéquat. Les signaux de sortie des jauges de contrainte et du transducteur en essai sont enregistrés. Le système est excité par une flexion manuelle de l'extrémité libre du corbeau en lui permettant de vibrer librement. Le signal de sortie du transducteur est relevé sur l'enregistrement de l'oscillographe en un point où la contrainte de la surface du corbeau est de 250×10^{-6} . (Ceci est équivalent à un rayon de courbure de 25 m.) L'erreur est la différence entre le mouvement du corbeau au point de fixation et le mouvement indiqué par le transducteur. La sensibilité à la contrainte, pour une contrainte de 10^{-6} , est déterminée en divisant la différence susmentionnée par 250.

Il convient de mesurer la sensibilité à la contrainte à plusieurs amplitudes de contrainte, dans des directions différentes. La sensibilité à la contrainte maximale de quelques transducteurs peut produire des erreurs considérables dans certaines applications et conditions de montage. Par exemple, quelques accéléromètres piézo-électriques produisent des signaux d'erreur d'un pourcentage élevé à certaines fréquences où des contraintes sont produites dans des générateurs de vibrations destinés à l'étalonnage.

4.3.6 Sensibilité magnétique

Le transducteur monté est placé dans un champ magnétique connu à 50 Hz ou 60 Hz, et ensuite mis en rotation. Le signal de sortie électrique maximal du transducteur est enregistré. Pour des accéléromètres, la sensibilité est exprimée en mètres par seconde carrée par tesla. Pour des transducteurs de vitesse, la sensibilité est exprimée en mètres par seconde par tesla dans la gamme de fréquences utile, enregistrée comme équivalent. Les vibrations mécaniques induites et le bruit électrique parasite doivent être éliminés dans le montage d'essai.

4.3.7 Sensibilité au couple de torsion de montage

La variation de la constante d'étalonnage due au couple de torsion de montage de transducteur est déterminée en appliquant des couples de torsion de valeur égale à la moitié, à la valeur entière et au double de la valeur, du couple de torsion maximal de montage spécifié. Cet essai n'est valable que pour des transducteurs montés à l'aide de vis, de boulons ou d'autres moyens de fixation filetés. Dans le cas où plus d'un moyen de fixation est utilisé pour un montage normal, il convient d'appliquer les couples de torsion à chaque moyen de fixation.

Il convient de s'assurer que la surface de montage du transducteur ne présente pas d'inégalités ou d'autres défauts de surface qui pourraient empêcher un montage plat. Il convient que la surface d'essai sur laquelle le transducteur est à monter soit plate, lisse et faite en acier. Des valeurs de planéité et de rugosité recommandées sont des courbures de moins de 5 μm et un finissage de fond de 2 μm de valeur moyenne quadratique ou mieux.

Il convient que la surface d'essai sur laquelle le transducteur est à monter soit percée et taraudée à angle droit de la surface de montage avec une perpendicularité de 0,05 mm ou meilleure (voir l'ISO 1101). Il convient d'appliquer le graissage de la surface de contact normalement recommandé à partir de la position «non monté», c'est-à-dire à partir du couple de torsion nul pour chacun des trois couples de torsion d'essai. La sensibilité en torsion est donnée par la variation de la constante d'étalonnage du transducteur pour la moitié de et pour deux fois la valeur du couple de torsion spécifié. Elle doit être rapportée à la valeur du couple de torsion spécifié. Il convient que l'incertitude sur le couple de torsion appliqué ne dépasse pas $\pm 15\%$.

4.3.8 Environnements particuliers

ISO 16063-1:1998

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/266692cb-53df-4526-8697->

Le fonctionnement de certains transducteurs peut être affecté défavorablement dans certains environnements particuliers comme des champs électrostatiques forts, des champs magnétiques ou de radio-fréquences variables, des champs acoustiques, dans le cas d'effets de câble, et d'irradiation nucléaire. Actuellement, il n'existe aucune technique généralement acceptée pour le mesurage de l'effet de tels environnements particuliers sur un transducteur, bien que des essais spéciaux aient été développés dans des cas où l'on pouvait attendre des effets défavorables (voir l'ISO 2954).

5 Méthodes d'étalonnage

5.1 Généralités

Pour effectuer l'étalonnage direct d'un transducteur, il est nécessaire d'utiliser un générateur de vibrations qui applique un signal d'entrée contrôlable et mesurable au transducteur et de fournir les moyens nécessaires pour enregistrer et mesurer la sortie du transducteur. Le transducteur doit être fixé au générateur de vibrations (ou placé près de celui-ci dans le cas de transducteurs dont la sortie dépend du mouvement relatif entre le transducteur et l'objet vibrant).

La fixation doit être assez rigide pour transmettre le mouvement du générateur de vibrations au transducteur dans la gamme de fréquences du transducteur. Cela exige que la fréquence naturelle du système, constitué du transducteur considéré comme la masse, et la fixation considérée comme le ressort, d'un système à un seul degré de liberté, soit élevée par rapport à la composante fréquentielle la plus élevée du mouvement du générateur de vibrations. Le générateur de vibrations peut être une référence pour l'inclinaison du transducteur par rapport à l'action de la pesanteur, à une centrifugeuse, à un générateur de vibration électrodynamique ou à l'enclume d'un pendule balistique. Le support d'inclinaison et la centrifugeuse sont utilisés pour l'étalonnage à la fréquence zéro. L'étalonnage en rotation est utilisé pour l'étalonnage en basse fréquence du champ gravitationnel. Le générateur de vibrations électrodynamique est normalement utilisé pour des étalonnages sinusoïdaux entretenus. Les pendules