

NORME
INTERNATIONALE

ISO
5347-7

Première édition
1993-12-15

**Méthodes pour l'étalonnage de capteurs
de vibrations et de chocs —**

Partie 7:
Étalonnage primaire par centrifugeur
(standards.iteh.ai)

*Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups —
Part 7: Primary calibration by centrifuge*



Numéro de référence
ISO 5347-7:1993(F)

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.

La Norme internationale ISO 5347-7 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*.

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8be610e7-e142-4399-b89c-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8be610e7-e142-4399-b89c-940ee453b2a3/iso-5347-7-1993)

[940ee453b2a3/iso-5347-7-1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8be610e7-e142-4399-b89c-940ee453b2a3/iso-5347-7-1993)

L'ISO 5347 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Méthodes pour l'étalonnage de capteurs de vibrations et de chocs*:

- *Partie 0: Concepts de base*
- *Partie 1: Étalonnage primaire de vibrations avec interféromètre de laser*
- *Partie 2: Étalonnage primaire de chocs par coupe de lumière*
- *Partie 3: Étalonnage secondaire de vibrations*
- *Partie 4: Étalonnage secondaire de chocs*
- *Partie 5: Étalonnage par gravitation tellurique*
- *Partie 6: Étalonnage primaire de vibrations aux basses fréquences*
- *Partie 7: Étalonnage primaire par centrifugeur*
- *Partie 8: Étalonnage primaire par centrifugeur double*

© ISO 1993

Droits de reproduction réservés. 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

Imprimé en Suisse

- *Partie 9: Étalonnage secondaire de vibrations par comparaison des angles de phase*
- *Partie 10: Étalonnage primaire de chocs à impact élevé*
- *Partie 11: Essai de sensibilité aux vibrations transversales*
- *Partie 12: Essai de sensibilité aux chocs transversaux*
- *Partie 13: Essai de sensibilité de contrainte de base*
- *Partie 14: Essai de fréquence de résonance sur masse d'acier d'accéléromètres non amortis*
- *Partie 15: Essai de sensibilité acoustique*
- *Partie 16: Essai de sensibilité de couple de serrage*
- *Partie 17: Essai de sensibilité de température fixe*
- *Partie 18: Essai de sensibilité de température transitoire*
- *Partie 19: Essai de sensibilité de champ magnétique*
- *Partie 20: Étalonnage primaire de vibrations par méthode réciproque*

L'annexe A fait partie intégrante de la présente partie de l'ISO 5347.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 5347-7:1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8be610e7-e142-4399-b89c-940ee453b2a3/iso-5347-7-1993)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8be610e7-e142-4399-b89c-940ee453b2a3/iso-5347-7-1993>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 5347-7:1993

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8be610e7-e142-4399-b89c-940ee453b2a3/iso-5347-7-1993>

Méthodes pour l'étalonnage de capteurs de vibrations et de chocs —

Partie 7: Étalonnage primaire par centrifugeur

1 Domaine d'application

L'ISO 5347 comprend une série de documents traitant des méthodes pour l'étalonnage de capteurs de vibrations et de chocs.

La présente partie de l'ISO 5347 fournit des spécifications détaillées sur l'appareillage et le mode opératoire à utiliser pour l'étalonnage primaire d'accéléromètres utilisant l'étalonnage par centrifugeur. Elle s'applique aux accéléromètres de translation rectiligne avec réponse de la fréquence zéro, principalement du type à extensomètre ou du type piezo-résistif, et aux accéléromètres normalisés primaires et aux accéléromètres en fonctionnement.

La présente partie de l'ISO 5347 est applicable pour une gamme d'étalonnage de 10 m/s^2 à $1\,000 \text{ m/s}^2$ (des accélérations plus élevées sont possibles) à 0 Hz.

Les limites d'incertitude applicables sont $\pm 1\%$ de la lecture.

2 Appareillage

2.1 Équipement de contrôle de la température ambiante à $23 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$.

2.2 Table ou bras contre-balancé, tournant autour d'un axe vertical à une vitesse angulaire uniforme. Pour la gamme d'étalonnage de 10 m/s^2 à 100 m/s^2 , la table/le bras doit être nivelé(e) à $\pm 0,5^\circ$. Pour des

gammes plus élevées que 100 m/s^2 , le nivellement est permis à $\pm 2^\circ$.

La fréquence de rotation doit être uniforme à $\pm 0,05\%$ de la valeur nominale.

L'axe du capteur de sensibilité doit être aligné à $\pm 0,5^\circ$.

Le rayon de rotation jusqu'au centre de l'élément de masse du capteur doit être mesuré avec une incertitude inférieure à $\pm 0,1\%$. Si l'accéléromètre est remplacé par des impédances non sensibles à l'accélération, le bruit et le bourdonnement lors de la rotation du centrifugeur aux vitesses d'étalonnage doivent être au moins 60 dB au-dessous de la lecture.

2.3 Instrument de mesure de la fréquence de rotation, avec une incertitude de maximum $\pm 0,05\%$ de la lecture.

2.4 Instrument de mesure de la tension continue de sortie de l'accéléromètre, avec une incertitude de maximum $\pm 0,01\%$ de la lecture.

3 Valeurs préférentielles

Six valeurs d'accélération, en mètres par seconde carrée, couvrant de façon égale la gamme d'accéléromètre, doivent être choisies dans la série suivante:

10; 20; 50; 100; 200; 500 ou leurs multiples de dix.

L'accélération de référence doit être de 100 m/s^2 (deuxième choix: 50 m/s^2).

4 Méthode 1 (avec mesurage du rayon de rotation)

4.1 Mode opératoire d'essai

Faire tourner la table ou le bras à des fréquences différentes déterminées par calcul à partir des niveaux normalisés à l'aide de la formule suivante:

$$a = 4\pi^2 n^2 r$$

où

- n est la fréquence de rotation, en hertz;
- r est le rayon de rotation jusqu'au centre de l'élément de masse de l'accéléromètre, en mètres.

Mesurer la tension de sortie du capteur pour chaque niveau.

Déterminer la constante d'étalonnage de référence à l'accélération de référence. Déterminer ensuite la sensibilité pour les autres amplitudes d'étalonnage. Les résultats doivent être exprimés en pourcentage de l'écart de la constante d'étalonnage de référence.

4.2 Expression des résultats

La constante d'étalonnage, S , en volts par (mètre par seconde carrée) [V/(m/s²)], est donnée par la formule suivante:

$$S = \frac{V}{4\pi^2 n^2 r}$$

où

- V est la tension de sortie de l'accéléromètre, en volts;
- n est la fréquence de rotation, en hertz;
- r est le rayon de rotation jusqu'au centre de l'élément de masse de l'accéléromètre, en mètres.

Lorsque les résultats d'étalonnage sont reportés, l'incertitude totale d'étalonnage et le niveau de confiance

correspondant, calculés conformément à l'annexe A, doivent aussi être reportés.

Un niveau de confiance de 99 % doit être utilisé.

5 Méthode 2 (sans mesurage du rayon de rotation)

5.1 Mode opératoire

Si le rayon de rotation ne peut pas être mesuré avec l'exactitude spécifiée, le capteur peut être tourné dans deux positions différentes entre lesquelles la distance doit être mesurée avec une incertitude de $\pm 0,5$ % maximum.

Mesurer les deux fréquences de rotation donnant le même signal de sortie du capteur aux deux positions.

5.2 Expression des résultats

La constante d'étalonnage, S , en volts par (mètre par seconde carrée), est donnée par la formule suivante:

$$S = \frac{V}{4\pi^2 n_2^2 \frac{\Delta r}{1 - (n_2/n_1)^2}}$$

où

- V est le signal de sortie d'accéléromètre, en volts;
- n_1 est la fréquence de rotation à la première position d'accéléromètre, en hertz;
- n_2 est la fréquence de rotation à la seconde position d'accéléromètre, en hertz;
- Δr est la distance entre les deux positions d'accéléromètre, en mètres.

Lorsque les résultats d'étalonnage sont reportés, l'incertitude totale d'étalonnage et le niveau de confiance correspondant, calculés conformément à l'annexe A, doivent aussi être reportés.

Un niveau de confiance de 95 % doit être utilisé.

Annexe A (normative)

Calcul de l'incertitude

A.1 Calcul de l'incertitude totale

L'incertitude totale d'étalonnage pour le niveau de confiance (CL) spécifié [pour les besoins de la présente partie de l'ISO 5347, CL = 95 % (Méthode 2) ou CL = 99 % (Méthode 1)], X_{CL} , doit être calculée à partir de la formule suivante:

$$X_{CL} = \pm \sqrt{X_r^2 + X_s^2}$$

où

X_r est l'incertitude aléatoire;

X_s est l'incertitude systématique.

L'incertitude aléatoire pour le niveau de confiance spécifié, $X_{r(CL)}$, est calculée à partir de la formule suivante:

$$X_{r(CL)} = \pm t \left[\frac{e_{r1}^2 + e_{r2}^2 + e_{r3}^2 + \dots + e_{rn}^2}{n(n-1)} \right]^{1/2}$$

où

e_{r1}, e_{r2}, \dots , sont les écarts de la valeur moyenne arithmétique des mesurages individuels dans la série;

n est le nombre de mesurages;

t est la valeur de la distribution de Student pour le niveau de confiance spécifié et le nombre de mesurages.

Les erreurs systématiques doivent d'abord être éliminées ou corrigées. On doit tenir compte de l'incertitude, $X_{s(CL)}$, qui reste, en utilisant la formule suivante:

$$X_{s(CL)} = \frac{K}{\sqrt{3}} \times e_s$$

où

K = 2,0 pour un niveau de confiance de 95 % (CL = 95 % pour la Méthode 2) ou K = 2,6 pour le niveau de confiance de 99 % (CL = 99 % pour la Méthode 1);

e_s est l'incertitude absolue de la constante d'étalonnage aux niveaux étalonnés, en volts par mètre par seconde carrée (voir A.2).

A.2 Calcul de l'incertitude absolue de la constante d'étalonnage, e_s , aux niveaux étalonnés

A.2.1 Calcul de e_s pour la Méthode 1

L'incertitude absolue de la constante d'étalonnage, e_s , exprimée en volts par mètre par seconde carrée, aux niveaux étalonnés, est calculée à partir de la loi de la combinaison d'erreurs, à l'aide de la formule suivante:

$$\frac{e_s}{S} = \pm \left\{ \left(\frac{e_V}{V} \right)^2 + \left[\frac{9,8(1 - \cos \alpha)}{a} \right]^2 + (1 - \cos \beta)^2 + \left(\frac{2e_n}{n} \right)^2 + \left(\frac{2e_{\Delta n}}{n} \right)^2 + \left(\frac{e_r}{r} \right)^2 + \left(\frac{a_H}{a} \right)^2 + \left(\frac{e_P}{P} \right)^2 \right\}^{1/2}$$

où

- S est la constante d'étalonnage, en volts par (mètre par seconde carrée) (voir 4.2);
- V est le signal de sortie d'accéléromètre, en volts;
- e_V est l'incertitude absolue du signal du voltmètre de l'accéléromètre, en volts;
- α est l'erreur de nivellement de la table/du bras, en degrés;
- β est l'écart d'alignement de l'axe de sensibilité de l'accéléromètre, en degrés;
- a est l'accélération d'étalonnage, en mètres par seconde carrée (voir 4.1);
- n est la fréquence de rotation, en hertz;
- e_n est l'incertitude absolue de la fréquence de rotation, en hertz;
- $e_{\Delta n}$ est l'incertitude absolue de la constance de la fréquence de rotation, en hertz;
- r est le rayon de rotation jusqu'au centre de l'élément de masse d'accéléromètre, en mètres;
- e_r est l'incertitude du rayon de rotation, en mètres;
- a_H est l'amplitude d'accélération causée par bourdonnement et bruit, en mètres par seconde carrée;
- P est l'alimentation de tension de l'accéléromètre;
- e_P est l'incertitude en alimentation de tension de l'accéléromètre.

A.2.2 Calcul de e_S pour la Méthode 2

L'incertitude absolue de la constante d'étalonnage, e_S , exprimée en volts par (mètre par seconde carrée), aux niveaux étalonnés est calculée à partir de la loi de combinaison d'erreurs, à l'aide de la formule suivante:

$$\frac{e_S}{S} = \pm \left\{ \left(\frac{e_V}{V} \right)^2 + \left[\frac{9,8(1 - \cos \alpha)}{a} \right]^2 + (1 - \cos \beta)^2 + \left(\frac{e_{\Delta r}}{\Delta r} \right)^2 + \left(\frac{2e_{n_1}}{n_1} \right)^2 + \left(\frac{2e_{n_2}}{n_2} \right)^2 + \left(\frac{a_H}{a} \right)^2 + \left(\frac{e_P}{P} \right)^2 + \left[\frac{2e_{\Delta n}}{(n_1 + n_2)/2} \right]^2 \right\}^{1/2}$$

où

- S est la constante d'étalonnage, en volts par (mètre par seconde carrée) (voir 5.2);
- V est le signal de sortie d'accéléromètre, en volts;
- e_V est l'incertitude absolue du signal de sortie du voltmètre de l'accéléromètre, en volts;
- α est l'erreur de nivellement de la table/du bras, en degrés;
- β est l'écart d'alignement de l'axe de sensibilité de l'accéléromètre, en degrés;
- a est l'accélération d'étalonnage, en mètres par seconde carrée;
- Δr est la distance entre les deux positions d'accéléromètre, en mètres;
- $e_{\Delta r}$ est l'incertitude absolue de la distance entre les deux positions d'accéléromètre, en mètres;
- n_1 est la fréquence de rotation à la première position d'accéléromètre, en hertz;
- e_{n_1} est l'incertitude absolue de la fréquence de rotation à la première position d'accéléromètre, en hertz;
- n_2 est la fréquence de rotation à la seconde position d'accéléromètre, en hertz;
- e_{n_2} est l'incertitude absolue de la fréquence de rotation à la seconde position d'accéléromètre, en hertz;

- a_H est l'amplitude d'accélération causée par bourdonnement et bruit, en mètres par seconde carrée;
- P est l'alimentation de tension de l'accéléromètre;
- e_P est l'incertitude en alimentation de tension de l'accéléromètre;
- $e_{\Delta n}$ est l'incertitude absolue de la constance de la fréquence de rotation, en hertz.

A.3 Calcul de l'incertitude totale absolue de la constante d'étalonnage, e_{S_i} , dans la gamme complète de fréquences et d'amplitudes

L'incertitude absolue de la constante d'étalonnage, e_S , calculée selon A.2.1 ou A.2.2, n'est valable que pour les niveaux étalonnés. L'incertitude totale absolue de la constante d'étalonnage, e_{S_i} , en volts par (mètre par seconde carrée), dans la gamme complète de fréquences et d'amplitudes est calculée à partir de la formule suivante:

$$\frac{e_{S_i}}{S} = \pm \left\{ \left(\frac{e_S}{S} \right)^2 + \left(\frac{L_{fA}}{100} \right)^2 + \left(\frac{L_{fP}}{100} \right)^2 + \left(\frac{L_{aA}}{100} \right)^2 + \left(\frac{L_{aP}}{100} \right)^2 + \left(\frac{I_A}{100} \right)^2 + \left(\frac{I_P}{100} \right)^2 + \left(\frac{R}{100} \right)^2 + \left(\frac{E_A}{100} \right)^2 + \left(\frac{E_P}{100} \right)^2 \right\}^{1/2}$$

où

- S est la constante d'étalonnage, en volts par (mètre par seconde carrée) (voir 5.2 ou 6.2);
- e_S est l'incertitude absolue de la constante d'étalonnage, en volts par (mètre par seconde carrée), aux niveaux étalonnés, calculée selon A.2.1 ou A.2.2;
- L_{fA} est l'écart de linéarité de fréquence, en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence de l'amplificateur;
- L_{fP} est l'écart de linéarité de fréquence, en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence de l'accéléromètre;
- L_{aA} est l'écart de linéarité d'amplitude, en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence de l'amplificateur;
- L_{aP} est l'écart de linéarité d'amplitude, en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence de l'accéléromètre;
- I_A est l'incertitude d'instabilité de gain de l'amplificateur en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence;
- I_P est l'incertitude d'instabilité d'accéléromètre, en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence;
- R est l'incertitude de poursuite de la gamme d'amplificateur (erreurs en gain pour diverses positions d'amplification), en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence;
- E_A est l'erreur causée par des effets concernant l'environnement de l'amplificateur, en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence;
- E_P est l'erreur causée par des effets concernant l'environnement de l'accéléromètre, en pourcentage de la constante d'étalonnage de référence.