

Annulé

---

---

**Méthodes pour l'étalonnage de capteurs  
de vibrations et de chocs —****Partie 1:**

**Étalonnage primaire de vibrations avec  
interféromètre de laser**

*iTeh STANDARD REVIEW  
(standards.iteh.ai)*

*ISO 5347-1:1993  
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba1d-418-8240-1093-0872  
Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups —  
Part 1: Primary vibration calibration by laser interferometry*



## 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 5347-1 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*.

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*

Les annexes A et B font partie intégrante de la présente partie de l'ISO 5347.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 5347-1:1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fba1a448-8240-4d93-b872-72e32511e89a/iso-5347-1-1993)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fba1a448-8240-4d93-b872-72e32511e89a/iso-5347-1-1993>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 5347-1:1993

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fba1a448-8240-4d93-b872-72e32511e89a/iso-5347-1-1993>

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

## Partie 1:

## Étalonnage primaire de vibrations avec interféromètre de laser

### 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 pour l'étalonnage primaire d'accéléromètres de translation rectiligne avec interféromètre de laser, utilisés pour les mesures du déplacement dynamique.

Elle est applicable pour une gamme de fréquences de 20 Hz à 5 000 Hz et pour une gamme dynamique de 10 m/s<sup>2</sup> à 1 000 m/s<sup>2</sup> (relative à la fréquence).

Les limites d'incertitude applicables sont les suivantes:

± 0,5 % de la lecture à fréquence de référence (160 Hz ou 80 Hz) et à amplitude de référence (100 m/s<sup>2</sup> ou 10 m/s<sup>2</sup>) à position de gain de l'amplificateur de référence;

± 1 % de la lecture pour les fréquences jusqu'à 1 000 Hz (inclus);

± 2 % de la lecture pour les fréquences au-dessus de 1 000 Hz.

### 2 Appareillage

**2.1 Équipement de contrôle des conditions ambiantes**, selon les spécifications de l'article 3.

**2.2 Générateur et indicateur de fréquence**, ayant les caractéristiques suivantes:

— incertitude pour la fréquence: maximum ± 0,01 % de la lecture;

— stabilité de fréquence: au moins égale à ± 0,01 % de la lecture pendant la durée de mesure;

— stabilité d'amplitude: au moins égale à ± 0,01 % de la lecture pendant la durée de mesure.

**2.3 Combinaison amplificateur de puissance/vibrateur**, ayant les caractéristiques suivantes:

— distorsion totale: maximum 2 %;

— accélération transverse, courbante et oscillante: maintenue à un minimum; maximum 10 % de l'accélération dans la direction prévue aux fréquences utilisées; au-dessus de 1 000 Hz, un maximum de 20 % est permis;

— bourdonnement et bruit: au moins 70 dB au-dessous de la lecture;

— stabilité d'amplitude d'accélération: au moins égale à ± 0,05 % de la lecture pendant la durée de mesure.

La surface d'attachement ne doit pas introduire de contrainte de base à l'accéléromètre.

**2.4 Bloc sismique pour vibrateur et interféromètre de laser** (le même bloc), ayant une masse au moins 2 000 fois la masse des éléments mobiles du vibrateur, du dispositif de montage et du capteur.

Le bloc sismique doit être suspendu par des ressorts de faible amortissement. En cas d'influence de vibrations du sol, la fréquence de résonance de suspension verticalement et horizontalement doit être inférieure à 2 Hz.

**2.5 Laser**, de type hélium-néon; dans des conditions de laboratoire de pression d'air 100 kPa, température 23 °C et humidité relative 50 %, la longueur d'onde est de 0,632 8 µm, valeur utilisée dans la présente partie de l'ISO 5347.

Si le laser possède une compensation atmosphérique manuelle ou automatique, celle-ci doit être mise à zéro ou débranchée.

**2.6 Interféromètre**, de type Michelson, muni d'un détecteur de bandes de lumière et caractérisé par une réponse en fréquence dans l'intervalle compris entre 0 (c.c.) et 15 MHz.

**2.7 Appareil de comptage**, (pour la Méthode 1, gamme de fréquences de 20 Hz à 800 Hz), ayant les caractéristiques suivantes:

- gamme de fréquences: 10 Hz à 20 MHz;
- incertitude: maximum  $\pm 0,01$  % de la lecture.

Le compteur peut être remplacé par un compteur de rapport ayant la même incertitude.

**2.8 Filtre passe-bande accordable ou analyseur de spectre**, (pour la Méthode 2, gamme de fréquences de 1 000 Hz à 5 000 Hz), ayant les caractéristiques suivantes:

- gamme de fréquences: 100 Hz à 10 000 Hz;
- largeur de bande: au-dessous de 12 % de la fréquence centrale;
- pentes de filtre: au moins égales à 24 dB/octave;
- rapport signal-bruit: au moins égal à 70 dB au-dessous du signal maximal;
- gamme dynamique: au moins égale à 60 dB.

**2.9 Appareil pour détection à zéro**, (pour la Méthode 2, non nécessaire pour l'analyseur de spectre), avec gamme de fréquences de 30 Hz à 5 000 Hz. La gamme doit être suffisante pour la détection du bruit de sortie du filtre passe-bande.

**2.10 Voltmètre pour mesurer la vraie valeur efficace de la sortie d'accéléromètre**, ayant les caractéristiques suivantes:

- gamme de fréquences: 20 Hz à 5 000 Hz;

- incertitude: maximum  $\pm 0,01$  % de la lecture; en dessous de 40 Hz: 0,1 %.

La valeur efficace doit être multipliée par  $\sqrt{2}$  pour obtenir l'amplitude (simple) utilisée dans les formules.

**2.11 Appareil pour mesurer la distorsion**, pour les mesures de distorsion totale de 0 à 5 %, ayant les caractéristiques suivantes:

- gamme de fréquences: 5 Hz à 10 kHz;
- incertitude: maximum  $\pm 10$  % de la lecture.

**2.12 Oscilloscope** (non obligatoire), pour vérifier la forme d'onde du signal de l'accéléromètre, ayant une gamme de fréquences de 5 Hz à 5 000 Hz.

**2.13 Autres exigences de l'appareillage.**

Pour satisfaire à l'exigence d'exactitude de 0,5 %, l'accéléromètre et l'amplificateur d'accélération doivent être considérés comme une unité et étalonnés ensemble.

L'accéléromètre doit être d'une structure rigide. La sensibilité de la contrainte de base doit être inférieure à  $0,2 \times 10^{-8}$  m/s<sup>2</sup> à une contrainte de base de  $2,5 \times 10^{-4}$  m/s<sup>2</sup>, la sensibilité transverse doit être inférieure à 1 % et la stabilité de la combinaison de l'accéléromètre et de l'amplificateur doit être au moins égale à 0,2 % de la lecture par an.

### 3 Conditions ambiantes

L'étalonnage doit être effectué dans les conditions ambiantes suivantes:

- température du local:  $(23 \pm 3)$  °C;
- pression atmosphérique:  $(100 \pm 5)$  kPa;
- humidité relative:  $(50 \pm 25)$  %.

### 4 Amplitudes et fréquences préférentielles

Six amplitudes et six fréquences couvrant de façon égale la gamme d'accéléromètre doivent être choisies dans les séries suivantes:

a) **Accélération** (seulement Méthode 1), en mètres par seconde carrée:

10, 20, 50, 100, 500;

accélération de référence 100 m/s<sup>2</sup> (deuxième choix: 10 m/s<sup>2</sup>).

b) **Fréquence**, en hertz:

20, 40, 80, 160, 315, 630, 1 250, 2 500, 5 000;

fréquence de référence 160 Hz (deuxième choix: 80 Hz).

## 5 Méthode 1 (pour la gamme de fréquences de 20 Hz à 800 Hz)

### 5.1 Mode opératoire d'essai

Après avoir optimisé les positions de l'interféromètre (2.6), déterminer la constante d'étalonnage de référence de préférence à 160 Hz (deuxième choix: 80 Hz),  $100 \text{ m/s}^2$  (deuxième choix:  $10 \text{ m/s}^2$ ) et la position normale du commutateur de la gamme d'amplificateur en mesurant soit la fréquence de frange avec le compteur (2.7) — la méthode de comptage à frange selon la figure 1 doit être utilisée — soit le rapport entre la fréquence de vibration et la fréquence de frange avec un compteur de rapport (2.7).

Déterminer ensuite la constante d'étalonnage aux autres niveaux et fréquences d'accélération normaux choisis. Les résultats doivent être exprimés en pourcentage de l'écart de la constante d'étalonnage de référence.

Pour chaque combinaison de fréquence et d'accélération, la distorsion, l'accélération transverse, courbante et oscillante, le bourdonnement et le bruit doivent être mesurés et les valeurs doivent se trouver dans les limites spécifiées en 2.3.

### 5.2 Expression des résultats (voir aussi B.1 dans l'annexe B)

Calculer l'amplitude d'accélération,  $a$ , de l'accéléromètre, exprimée en mètres par seconde carrée, à partir des lectures de la fréquence de frange à l'aide de la formule suivante:

$$a = 3,122\ 8 \times 10^{-6} \times f \times f_f$$

La constante d'étalonnage,  $S$ , est donnée par la formule suivante:

$$S = 0,320\ 2 \times 10^6 \times \frac{V}{f \times f_f}$$

où

$V$  est la sortie d'accéléromètre, en volts amplitude (simple);

$f$  est la fréquence du vibreur, en hertz;

$f_f$  est le nombre de périodes du signal de frange pendant une période qui est longue par rapport à la période de vibration; le nombre de périodes est divisé par le temps nécessaire pour obtenir la valeur de la fréquence de frange en hertz.

Si un compteur de rapport est utilisé, calculer l'amplitude d'accélération,  $a$ , exprimée en mètres par seconde carrée, à l'aide de la formule suivante:

$$a = 3,122\ 8 \times 10^{-6} \times f^2 \times R_f$$

La constante d'étalonnage,  $S$ , est donnée par la formule suivante:

$$S = 0,320\ 2 \times 10^6 \times \frac{V}{f^2 \times R_f}$$

où  $R_f$  est le rapport entre la fréquence de vibration et la fréquence de frange,  $f_f$ , pendant au moins 100 périodes de vibration.

Lorsque les résultats de l'étalonnage sont fournis, l'incertitude totale de l'étalonnage et le niveau de confiance correspondant, calculés selon l'annexe A, doivent également être fournis.

On doit utiliser un niveau de confiance de 99 % (deuxième choix: 95 %).

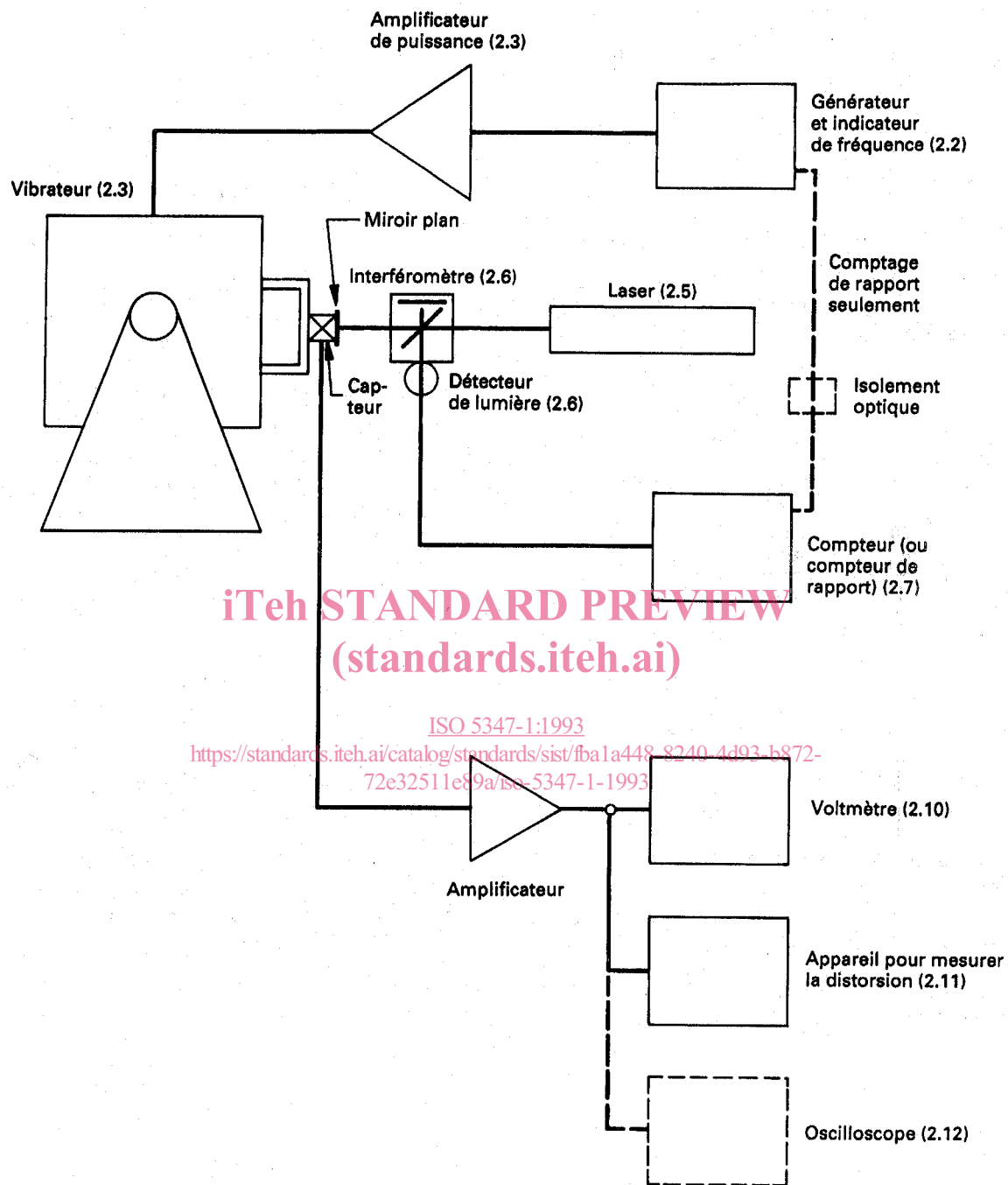


Figure 1 — Système de mesure pour la méthode de comptage à frange (Méthode 1)



## 6 Méthode 2 (pour la gamme de fréquences de 80 Hz à 5 000 Hz)

### 6.1 Mode opératoire d'essai

Filtrer le signal du détecteur de lumière (2.6) par un filtre passe-bande (2.8) possédant la fréquence de centre égale à la fréquence d'accéléromètre. Ce signal filtré possède quelques points minimum à des déplacements d'accéléromètre selon le tableau 1.

Après le positionnement de la fréquence, ajuster l'amplitude du vibreur de zéro à la valeur où le signal filtré du détecteur de lumière, après avoir atteint une valeur maximale, retourne à une valeur minimale. Cette valeur minimale est le point minimum n° 1 où l'amplitude est 0,193 0 µm. L'amplitude pour les autres points minimaux par ordre est donnée dans le tableau 1.

Le système de mesure pour la méthode point minimum est montré à la figure 2.

**Tableau 1 — Amplitudes de déplacement pour les points minimum**

| Point minimum<br>n° | Amplitude de déplacement, <i>d</i><br>µm |
|---------------------|--|
| 0                   | 0  |
| 1                   | 0,193 0                                  |
| 2                   | 0,353 3                                  |
| 3                   | 0,512 3                                  |
| 4                   | 0,670 9                                  |
| 5                   | 0,829 4                                  |
| 6                   | 0,987 8                                  |
| 7                   | 1,146 1                                  |
| 8                   | 1,304 4                                  |
| 9                   | 1,462 7                                  |
| 10                  | 1,621 0                                  |
| 11                  | 1,779 2                                  |
| 12                  | 1,937 5                                  |
| 13                  | 2,095 7                                  |
| 14                  | 2,253 9                                  |
| 15                  | 2,412 2                                  |
| 16                  | 2,570 4                                  |
| 17                  | 2,728 6                                  |
| 18                  | 2,886 8                                  |
| 19                  | 3,045 0                                  |
| 20                  | 3,203 3                                  |
| 21                  | 3,361 5                                  |
| 22                  | 3,519 7                                  |
| 23                  | 3,677 9                                  |
| 24                  | 3,836 1                                  |
| 25                  | 3,994 3                                  |
| 26                  | 4,152 5                                  |
| 27                  | 4,310 7                                  |
| 28                  | 4,468 9                                  |
| 29                  | 4,627 1                                  |
| 30                  | 4,785 3                                  |

### 6.2 Expression des résultats (voir aussi B.2 dans l'annexe B)

Calculer l'accélération, *a*, exprimée en mètres par second carrée, à l'aide de la formule suivante:

$$a = 39,478 \times 10^{-6} \times d \times f^2$$

La constante d'étalonnage, *S*, est donnée par la formule suivante:

$$S = 0,253\ 31 \times 10^5 \times \frac{V}{d \times f^2}$$

où

*V* est la sortie de l'accéléromètre, en volts amplitude (simple);

*d* est l'amplitude de déplacement, en micromètres, pour les différents points minimum selon tableau 1;

*f* est la fréquence du vibreur, en hertz.

Les différentes constantes d'étalonnage déterminées sont utilisées pour calculer les écarts par rapport à la valeur 160 Hz (80 Hz)/100 m/s<sup>2</sup> (10 m/s<sup>2</sup>), obtenue selon la Méthode 1 (voir article 5).

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

On doit utiliser un niveau de confiance de 99 % (deuxième choix: 95 %).

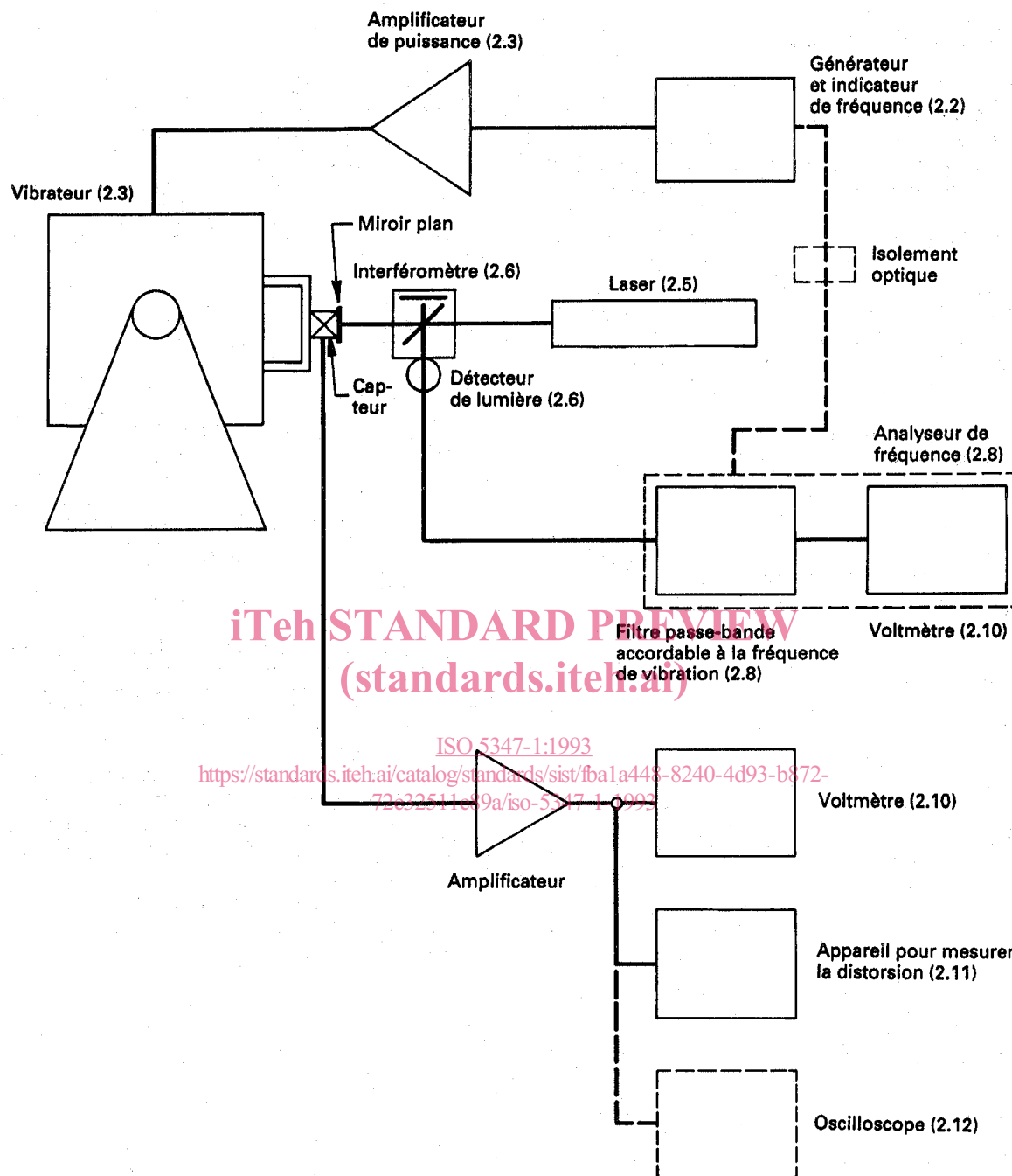


Figure 2 — Système de mesure pour la méthode point minimum (Méthode 2)

## 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 = 99 % ou 95 %),  $X_{CL}$ , 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

$e_{r1}$ ,  $e_{r2}$ , etc., sont les écarts de la moyenne arithmétique des mesurages individuels dans la série;

$n$  est le nombre de mesurages; [ISO 5347-1:1993](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba1a448-8240-4d93-b872-72e52511e689/iso-5347-1-1993)

$t$  est la valeur de la distribution de Student pour le niveau de confiance spécifié et le nombre de mesurages. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ba1a448-8240-4d93-b872-72e52511e689/iso-5347-1-1993>

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 le niveau de confiance de 95 % (CL = 95 %) ou  $K$  = 2,6 pour le niveau de confiance de 99 % (CL = 99 %);

$e_s$  est l'incertitude absolue de la constante d'étalonnage à la fréquence, l'amplitude et aux positions de gain d'amplificateur étalonnées, exprimée en volts par (mètre par seconde carrée) (voir A.2).