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

**Partie 13:
Étalonnage primaire de chocs par
interférométrie laser**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Methods for the calibration of vibration and shock transducers —
Part 13: Primary shock calibration using laser interferometry*

[ISO 16063-13:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-d486f6107e27/iso-16063-13-2001)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-
d486f6107e27/iso-16063-13-2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-d486f6107e27/iso-16063-13-2001)



PDF — Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 16063-13:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-d486f6107e27/iso-16063-13-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-d486f6107e27/iso-16063-13-2001>

© ISO 2001

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'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Sommaire

	Page
1	1
2	1
3	1
4	2
4.1	2
4.2	2
4.3	2
4.4	4
4.5	4
4.6	6
4.7	7
4.8	7
4.9	7
4.10	7
4.11	7
5	8
6	8
7	8
7.1	8
7.2	9
7.3	9
8	13
Annexes	
A	15
B	17
C	21
Bibliographie.....	23

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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente partie de l'ISO 16063 peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

La Norme internationale ISO 16063-13 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 16063 comprend 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 11: Étalonnage primaire de vibrations avec interféromètre de laser*
- *Partie 12: Étalonnage primaire de vibrations par méthode réciproque*
- *Partie 13: Étalonnage primaire de chocs par interférométrie laser*
- *Partie 21: Étalonnage secondaire de vibrations par comparaison*

L'annexe A constitue un élément normatif de la présente partie de l'ISO 16063. Les annexes B et C sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

La sensibilité au choc S_{sh} est définie comme la relation entre les valeurs de crête de la grandeur de sortie de l'accéléromètre et l'accélération. S_{sh} n'est pas une valeur unique mais peut varier en fonction de la durée et de la forme du signal de choc et de la largeur de bande au-dessus de laquelle la sensibilité du capteur soumis à l'essai et la réponse en fréquence de l'amplificateur de conditionnement optionnel sont suffisamment uniformes.

La sensibilité complexe à une fréquence f_n calculée dans le domaine fréquentiel constitue la grandeur unique applicable aux essais de linéarité des accéléromètres. La présente partie de l'ISO 16063 utilise les procédures de traitement des données qui permettent de calculer l'amplitude S_n et le décalage de phase $\Delta\varphi_n$ de la sensibilité complexe, en complément ou en remplacement de la sensibilité au choc S_{sh} (voir l'annexe informative C).

La méthode spécifiée dans la présente partie de l'ISO 16063 est fondée sur la mesure absolue de la variation temporelle du mouvement. Elle s'écarte fondamentalement d'une autre méthode d'étalonnage des chocs fondée, elle, sur le principe de la variation de vitesse et décrite dans l'ISO 16063-1. Par conséquent, la sensibilité au choc diffère fondamentalement de la constante d'étalonnage obtenue avec la méthode précédente, mais est conforme à la constante d'étalonnage citée dans l'ISO 5347-4¹⁾.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 16063-13:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-d486f6107e27/iso-16063-13-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-d486f6107e27/iso-16063-13-2001>

1) À réviser en tant que ISO 16063-22.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 16063-13:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-d486f6107e27/iso-16063-13-2001>

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

Partie 13:

Étalonnage primaire de chocs par interférométrie laser

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 16063 spécifie l'appareillage et le mode opératoire pour l'étalonnage primaire de chocs des accéléromètres rectilignes, utilisant l'interférométrie laser pour détecter le déplacement en fonction du temps pendant le choc. Cette méthode est applicable pour une gamme de durées du signal de choc comprise entre 0,05 ms et 10 ms et une gamme de valeurs de crête comprise entre 10^2 m/s² et 10^5 m/s² (en fonction de la durée du signal de choc). Cette méthode permet d'obtenir la sensibilité au choc.

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 5347-22, *Méthodes pour l'étalonnage de capteurs de vibrations et de chocs — Partie 22: Essai de résonance par accéléromètres — Méthodes générales*

ISO 16063-1, *Méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs — Partie 1: Concepts de base*

ISO 16063-11, *Méthodes pour l'étalonnage des transducteurs de vibrations et de chocs — Partie 11: Étalonnage primaire de vibrations avec interféromètre de laser*

3 Incertitude de mesure

Les limites de l'incertitude de mesure de la sensibilité au choc doivent être les suivantes:

- 1 % de la lecture à une valeur de crête de référence de 1 000 m/s² et une durée de signal de choc de référence de 2 ms et aux positions de gain de l'amplificateur de référence;
- \leq 2 % pour toutes les valeurs de crête d'accélération et les durées d'un signal de choc.

Les spécifications d'incertitude mentionnées ci-dessus sont valables pour l'étalonnage de capteurs d'un niveau de précision acceptable (par exemple les accéléromètres étalons) dans la mesure où il est pris grand soin que les composantes d'incertitude soient maintenues à un niveau suffisamment faible pour satisfaire aux spécifications (pour les valeurs d'incertitude, voir l'annexe A). En particulier, l'énergie spectrale produite par l'excitation d'un mode quelconque de résonance inhérent à la structure du capteur, ou de la machine à chocs lors de l'étalonnage, doit être faible par rapport à l'énergie spectrale comprise dans la gamme de fréquences de l'étalonnage. L'essai de résonance du capteur doit être effectué conformément à l'ISO 5347-22. Cette exigence peut généralement empêcher l'utilisation des signaux de choc à durée relativement courte cités dans les articles 1 et 6.

Tous les utilisateurs de la présente partie de l'ISO 16063 doivent établir des valeurs d'incertitude conformément à l'annexe A afin de documenter leur niveau d'incertitude.

NOTE L'incertitude de mesure est exprimée comme l'incertitude de mesure étendue conformément à l'ISO 16063-1 (appelée «incertitude» sous une forme abrégée).

4 Exigences pour l'appareillage

4.1 Généralités

Le présent article recommande des spécifications relatives à l'appareillage, nécessaires pour satisfaire le domaine d'application de l'article 1 et pour obtenir les incertitudes de l'article 3.

4.2 Machine à chocs fondée sur le mouvement du corps rigide d'une enclume

La machine à chocs doit fonctionner avec un marteau (projectile) qui doit pouvoir déplacer et frapper une enclume (cible) à laquelle l'accéléromètre est attaché. Le marteau doit transmettre un mouvement à l'enclume qui doit pouvoir accélérer librement et de manière rectiligne pendant que le marteau doit être attrapé automatiquement. Des ressorts d'acier ou des tampons en caoutchouc, en papier ou tout autre matériau générateur d'impulsions, doivent être placés entre le marteau et l'enclume afin d'obtenir la durée de signal de choc et la forme désirées. Les signaux de choc obtenus doivent avoir une forme plus ou moins demi-sinus, demi-sinus carrée ou la forme d'une accélération de type gaussien. Les fréquences de résonance du marteau et de l'enclume doivent être d'au moins $10/T$, où T est la durée du signal de choc.

Afin d'éviter des influences de résonance dans la structure de la machine à chocs, le marteau et l'enclume doivent fonctionner indépendamment de la structure. Le marteau et l'enclume doivent être alignés avec une distance maximale entre leurs axes de $\pm 0,2$ mm. L'enclume doit être soutenue de sorte qu'aucune force dissymétrique ne cause de rotation ni d'écarts par rapport au mouvement rectiligne.

La surface sur laquelle l'accéléromètre doit être monté doit avoir une valeur de rugosité, donnée comme l'écart moyen arithmétique, Ra , inférieure à $1 \mu\text{m}$.

La planéité de la surface doit être telle que la surface puisse être contenue entre deux plans parallèles distants de $5 \mu\text{m}$, au-dessus de la zone correspondant à la surface de montage maximale de tout capteur à étalonner.

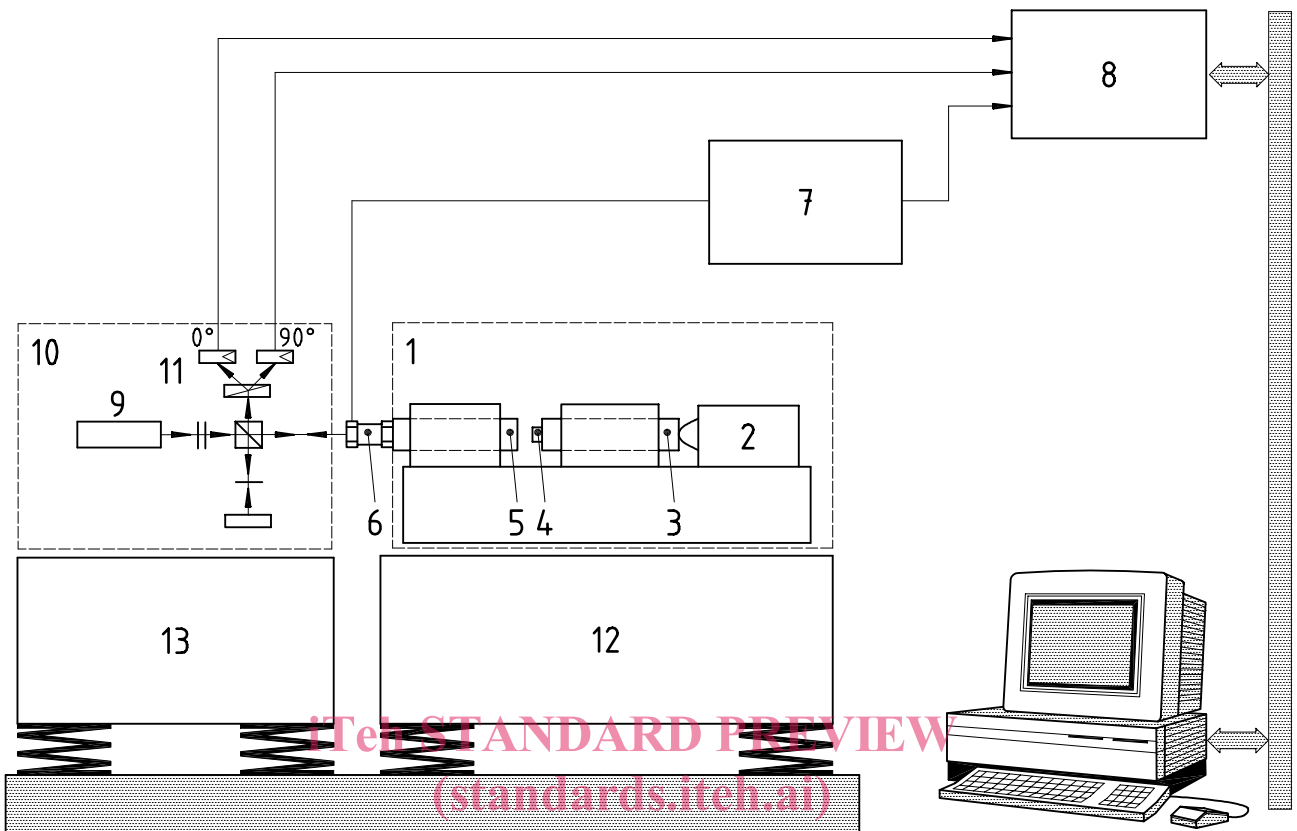
Le trou percé et taraudé pour la connexion de l'accéléromètre doit avoir une tolérance de perpendicularité par rapport à la surface $< 10 \mu\text{m}$, c'est-à-dire que l'axe du trou doit se trouver dans une zone cylindrique de $10 \mu\text{m}$ de diamètre et d'une hauteur égale à la profondeur du trou.

NOTE 1 Les exigences susmentionnées peuvent être satisfaites lorsque l'enclume ou le marteau ou les deux est/sont équipé(s) de coussins d'air (voir Figure 1 et référence [1]). La machine à chocs illustrée à la Figure 1 permet de générer des impulsions de forme d'accélération demi-sinus carrée [6].

NOTE 2 Il est possible que certaines machines à chocs conventionnelles utilisées pour les étalonnages de chocs par comparaison conformément à l'ISO 5347-4 (voir [2] et [3]) ne causent pas un mouvement qui puisse être mesuré avec précision par interféromètre laser.

4.3 Machine à chocs fondée sur la propagation d'ondes dans une longue barre mince

La machine à chocs doit être principalement constituée d'un élément mobile, [par exemple une bille d'acier (projectile)], qui doit être projeté contre un élément modérateur (par exemple une autre bille d'acier de même diamètre) attaché à une barre sur laquelle l'accéléromètre doit être fixé sur la surface inférieure opposée. Afin d'éviter des influences de résonances dans la structure de la machine à chocs, la barre doit être soutenue de manière flexible. Le marteau et la barre-enclume doivent être suffisamment alignés pour satisfaire aux exigences d'incertitude de l'article 3.



ISO 16063-13:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/829dd9b8-9c2f-4793-89c5-d486f6107e27/iso-16063-13-2001>

Légende

- 1 Machine à chocs (4.2)
- 2 Unité à ressort
- 3 Marteau (par exemple acier, diamètre 30 mm, longueur 200 mm)
- 4 Tampon
- 5 Enclume (par exemple acier, diamètre 30 mm, longueur 200 mm)
- 6 Accéléromètre
- 7 Amplificateur
- 8 Enregistreur numérique de formes d'ondes (4.8)
- 9 Laser (4.5)
- 10 Interféromètre (4.6)
- 11 Détecteurs de lumière (4.6)
- 12 1^{er} bloc sismique (4.4)
- 13 2^e bloc sismique (4.4)

Figure 1 — Exemple d'un système de mesure pour l'étalonnage de chocs fondé sur le mouvement du corps rigide d'une enclume (gamme des valeurs de crête d'accélération comprise entre 100 m/s² et 5 000 m/s²)

Tout écart par rapport au mouvement rectiligne de la surface de montage de l'accéléromètre doit être suffisamment faible, au moins durant la durée de mesurage significative pour l'acquisition des données (maximum: 1 ms), afin d'obtenir l'incertitude d'étalonnage prescrite. La machine à chocs doit être équipée d'un dispositif permettant de déclencher le processus d'acquisition des données.

La surface sur laquelle l'accéléromètre doit être monté doit avoir une valeur de rugosité, donnée comme l'écart moyen arithmétique, Ra , inférieure à 1 μm .

La planéité de la surface doit être telle que la surface puisse être contenue entre deux plans parallèles distants de 5 μm , au-dessus de la zone correspondant à la surface de montage maximale de tout capteur à étalonner.

Le trou percé et taraudé pour la connexion de l'accéléromètre doit avoir une tolérance de perpendicularité par rapport à la surface $< 10 \mu\text{m}$, c'est-à-dire que l'axe du trou doit se trouver dans une zone cylindrique de 10 μm de diamètre et d'une hauteur égale à la profondeur du trou.

La dimension de la barre (voir références [4], [5]) doit tenir compte du fait que le faisceau lumineux du laser doit atteindre la surface inférieure lorsqu'un accéléromètre à sortie simple est monté pour l'étalonnage et que la période disponible (voir ci-dessous) est suffisante.

La période maximale comprenant la durée d'un signal de choc et la durée de mesurage disponible pour l'acquisition des données correspond à la période comprise entre le début du signal significatif et l'apparition du signal réfléchi sur la surface de montage (par exemple 0,8 ms dans une barre de 2 m de long, tel qu'illustré à la Figure 2).

La Figure 2 montre l'exemple d'une machine à chocs fondée sur la propagation d'ondes élastiques dans une longue barre mince. Deux extensomètres sont installés aux extrémités de la barre pour mesurer le signal de déclenchement. Le dispositif d'excitation par choc à billes d'acier, illustré à la Figure 2, produit des formes d'accélération qui peuvent être décrites par la dérivée d'une fonction gaussienne, c'est-à-dire, un signal de vitesse de type gaussien [6]. Ce dispositif présente également des caractéristiques de bonne fidélité pour l'étalonnage de chocs répétés et de variations relativement faibles de la composante fréquentielle spectrale du spectre de choc à différentes valeurs de crête d'accélération [13]. Il est admis d'utiliser des barres de dimensions différentes de celles illustrées à la Figure 2 pour satisfaire à d'autres conditions d'étalonnage.

En règle générale, le déplacement longitudinal à l'intérieur de la barre varie comme une fonction complexe de position et de fréquences radiales en fonction des propriétés du matériau et du diamètre de la barre. Ceci peut introduire une contrainte de base dépendant de la fréquence au capteur soumis à l'essai, augmenter l'incertitude d'étalonnage, ou les deux.

4.4 Bloc(s) sismique(s) pour machine à chocs et interféromètre laser

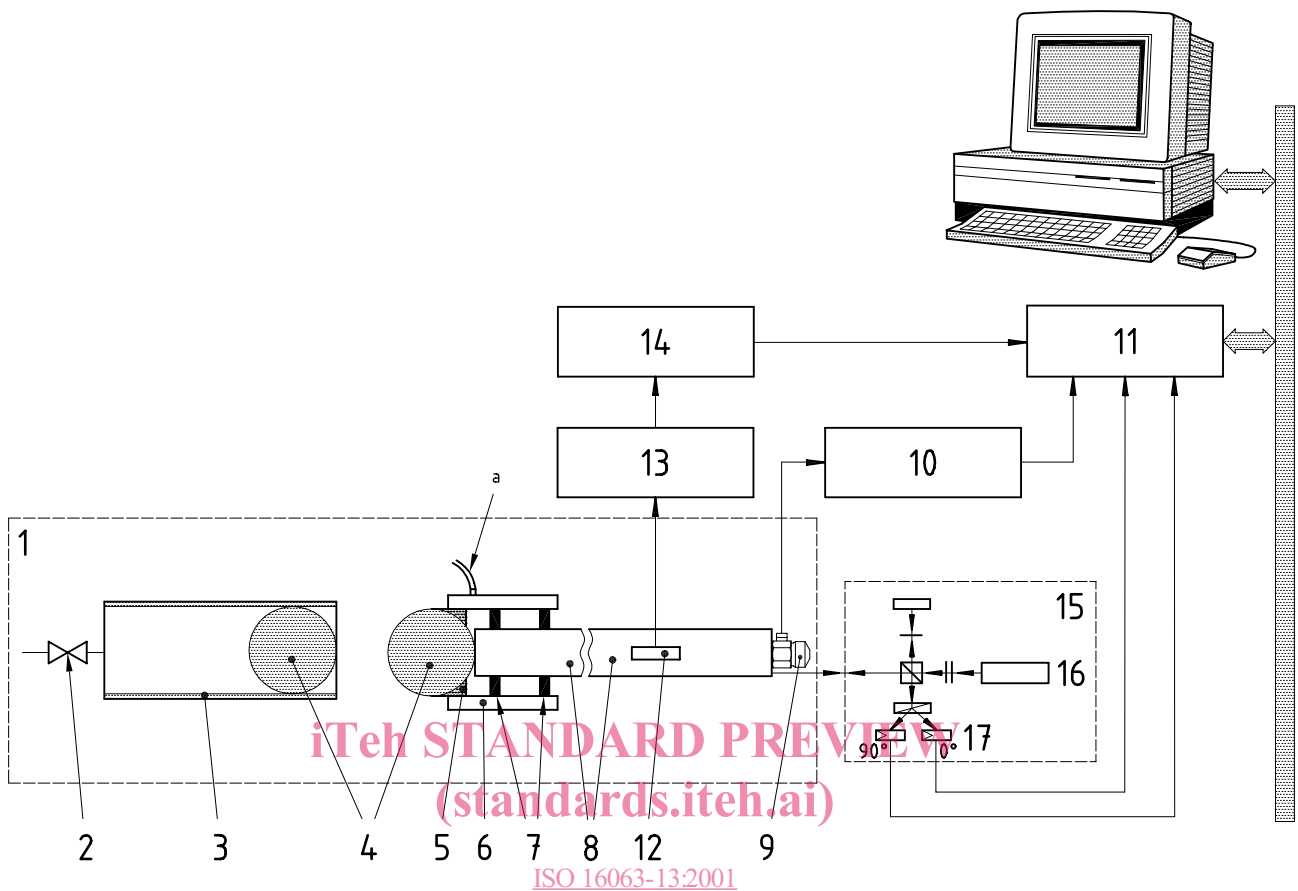
Le générateur de chocs et l'interféromètre doivent être montés sur le même bloc lourd ou sur deux blocs lourds différents de manière à éviter tout mouvement relatif dû aux vibrations du sol, ou à éviter que la réaction de la structure d'appui du générateur de chocs ait des effets excessifs sur les résultats de l'étalonnage.

4.5 Laser

Un laser de type hélium-néon rouge doit être utilisé. Dans des conditions de laboratoire, c'est-à-dire à une pression atmosphérique de 100 kPa, une température de 23 °C et une humidité relative de 50 %, la longueur d'onde est de 0,632 81 μm .

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

Un laser à fréquence unique peut également être utilisé avec une autre longueur d'onde stable dont la valeur est précisément connue.

**Légende**

- 1 Machine à chocs (4.3)
 2 Soupape (à air comprimé)
 3 Conteneur d'air
 4 Paire de billes, diamètre 50 mm
 5 Caoutchouc de silicone
 6 Tube d'aluminium
 7 Joints toriques
 8 Barre (titane, diamètre 25 mm, longueur 2 000 mm)
 9 Accéléromètre
 10 Amplificateur
 11 Enregistreur numérique de formes d'ondes (4.8)
 12 Extensomètres
 13 Amplificateur en pont
 14 Unité de déclenchement
 15 Interféromètre (4.6)
 16 Laser (4.5)
 17 Détecteurs de lumière (4.6)

^a Vers le vide

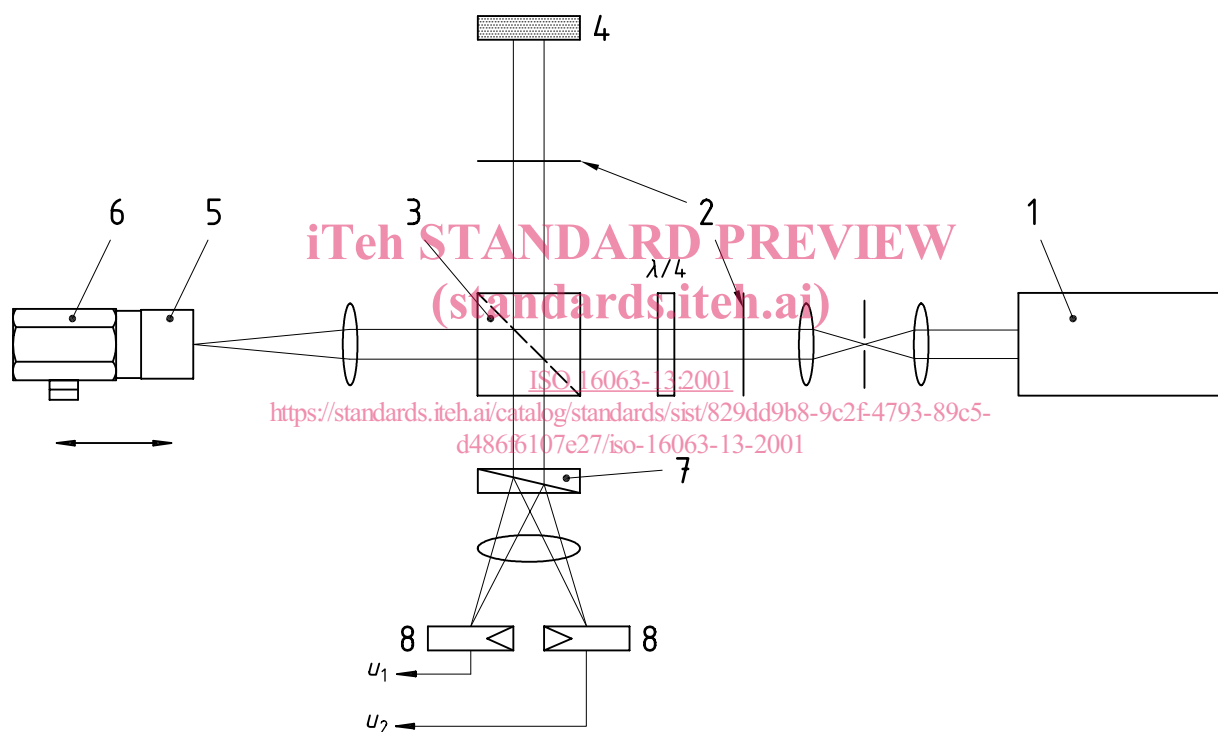
Figure 2 — Exemple d'un système de mesure pour l'étalonnage de chocs fondé sur la propagation du choc dans une longue barre mince (gamme des valeurs de crête d'accélération comprise entre 1 000 m/s² et 100 000 m/s²)

4.6 Interféromètre

L'interféromètre doit être de type Michelson modifié, fournissant des sorties de signaux en quadrature, avec deux détecteurs de lumière des bandes de signaux de l'interféromètre et ayant une réponse en fréquence couvrant la largeur de bande nécessaire. La largeur de bande requise peut être calculée à partir de la vitesse maximale v_{\max} qui doit être mesurée à l'aide de l'équation suivante:

$$f_{\max} = v_{\max} \times 3,16 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

L'interféromètre Michelson modifié peut être construit conformément à la Figure 3. Un retardateur de quart de longueur d'onde convertit la lumière incidente à polarisation linéaire en deux faisceaux de mesure avec des états de polarisation perpendiculaire et une différence de phase de 90° . Après interférence avec le faisceau de référence à polarisation linéaire, les deux composants à polarisation perpendiculaire sont séparés dans l'espace à l'aide d'instruments appropriés (par exemple un prisme de Wollaston ou un séparateur de faisceau polarisant) puis sont détectés par deux photodiodes.



Légende

- 1 Laser
- 2 Polariseurs
- 3 Séparateur de faisceaux
- 4 Miroir de référence
- 5 Masse fictive (réflecteur de mesure)
- 6 Accéléromètre
- 7 Prisme de Wollaston
- 8 Photodétecteurs

Figure 3 — Interféromètre laser avec sortie en quadrature

Les deux sorties de l'interféromètre Michelson modifié doivent avoir un décalage inférieur à $\pm 5\%$ par rapport à l'amplitude, un écart d'amplitude relative inférieur à $\pm 5\%$, et un écart inférieur à $\pm 5^\circ$ par rapport à la différence de phase nominale de 90° . Afin de conserver ces tolérances, des moyens appropriés doivent être prévus pour régler le décalage, le niveau du signal et l'angle entre les deux signaux d'interféromètre.