

---

---

**Vibrations mécaniques — Mesurage et  
analyse des vibrations globales du corps  
auxquelles sont exposés les passagers et  
le personnel de bord dans les véhicules  
ferroviaires**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Mechanical vibration — Measurement and analysis of whole-body vibration  
to which passengers and crew are exposed in railway vehicles*  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 10056:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001>



**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 10056:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001>

© 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 du 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](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Imprimé en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes, définitions, symboles et termes abrégés</b> .....	1
4 <b>Caractérisation des vibrations dans les véhicules ferroviaires</b> .....	3
4.1 <b>Principales causes de vibration ou d'amplification des vibrations</b> .....	3
4.2 <b>Type de vibration</b> .....	4
4.3 <b>Direction des vibrations</b> .....	4
5 <b>Méthode de mesure</b> .....	5
5.1 <b>Généralités</b> .....	5
5.2 <b>Equipement de mesure</b> .....	5
5.3 <b>Emplacements de mesure</b> .....	6
5.4 <b>Directions des mesures</b> .....	7
5.5 <b>Montage des accéléromètres</b> .....	7
5.6 <b>Durée de la mesure</b> .....	7
6 <b>Méthode d'analyse</b> .....	7
6.1 <b>Généralités</b> .....	7
6.2 <b>Calcul des valeurs efficaces de l'accélération pondérée</b> .....	8
6.3 <b>Méthode d'analyse statistique</b> .....	9
7 <b>Rapport d'essai</b> .....	11
7.1 <b>Généralités</b> .....	11
7.2 <b>Base et objectif de l'essai</b> .....	11
7.3 <b>Méthode d'évaluation</b> .....	12
7.4 <b>Conditions d'essai</b> .....	12
7.5 <b>Chaîne de mesure</b> .....	13
7.6 <b>Résultats des mesures</b> .....	13
<b>Annexe A (informative) Exemple de rapport d'essai</b> .....	14
<b>Bibliographie</b> .....	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 Norme internationale 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 10056 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques*, sous-comité SC 2, *Mesure et évaluation des vibrations et chocs mécaniques intéressant les machines, les véhicules et les structures*.

(standards.iteh.ai)

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

[ISO 10056:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001>

## Introduction

La présente Norme internationale spécifie une méthode qui peut être appliquée à l'environnement ferroviaire pour le mesurage et l'analyse des vibrations, en gardant à l'esprit le fait que les vibrations mécaniques dans un véhicule ferroviaire ont des caractéristiques spécifiques.

Elle complète l'ISO 2631-1 qui traite de manière générale de toutes les situations rencontrées par l'homme au cours de ses activités quotidiennes (travail, déplacement, etc.), et décrit le mesurage des vibrations globales du corps et les effets de ces dernières.

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

[ISO 10056:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001>

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

ISO 10056:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001>

# Vibrations mécaniques — Mesurage et analyse des vibrations globales du corps auxquelles sont exposés les passagers et le personnel de bord dans les véhicules ferroviaires

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit une méthode de mesure et d'analyse des vibrations mécaniques des véhicules ferroviaires pendant des essais sur le terrain. Elle traite de vibrations périodiques, aléatoires et transitoires sur une gamme de fréquences comprise entre 0,5 Hz et 80 Hz, qui sont transmises à l'ensemble du corps humain. La présente Norme internationale internationale traite uniquement des positions debout et assise.

La présente Norme internationale n'est pas applicable aux vibrations transmises au système main-bras, ni au mouvement vertical, latéral ou rotationnel de basse fréquence pouvant être associé à la cinétose (mal des transports). La présente Norme internationale ne propose pas de méthodes d'évaluation des effets des vibrations. Ce dernier aspect est couvert par l'ISO 2631-1 et, pour les systèmes de transport à guidage fixe, par l'ISO 2631-4.

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

## 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 Norme internationale. 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 Norme internationale 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 2041, *Vibrations et chocs — Vocabulaire*.

ISO 2631-1, *Vibrations et chocs mécaniques — Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps — Partie 1: Spécifications générales*.

ISO 2631-4, *Vibrations et chocs mécaniques — Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps — Partie 4: Lignes directrices pour l'évaluation des effets des vibrations et du mouvement de rotation sur le confort des passagers et du personnel dans les systèmes de transport guidé*.

ISO 8002, *Vibrations mécaniques — Véhicules terrestres — Méthode de présentation des résultats de mesures*.

ISO 10326-2, *Vibrations mécaniques — Méthode en laboratoire pour l'évaluation des vibrations du siège de véhicules — Partie 2: Application aux véhicules ferroviaires*.

## 3 Termes, définitions, symboles et termes abrégés

### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions donnés dans l'ISO 2041 s'appliquent.

### 3.2 Symboles et termes abrégés

Dans la présente Norme internationale, les symboles et termes abrégés suivants sont utilisés:

$a$	valeur efficace d'accélération, $m/s^2$
$a(t)$	valeur instantanée d'une variation temporelle d'accélération, $m/s^2$
$b$	largeur de classe, $m/s^2$
B	point de mesurage de l'accélération sur le dossier du siège occupé par un sujet
$f$	fréquence, Hz
FFT	transformation de Fourier rapide
$h$	histogramme de probabilité des valeurs efficaces d'accélération
$h_c$	histogramme de probabilité cumulatif des valeurs efficaces d'accélération
$m$	indice désignant la classe d'une observation
$n(m)$	nombre d'observations dans la classe $m$
$n_T$	nombre total d'observations
$N$	nombre d'échantillons par bloc élémentaire
$N_b$	nombre de blocs élémentaires
P	point de mesurage de l'accélération sur le plancher (plate-forme)
$p[...]$	probabilité que la condition entre crochets soit satisfaite
DSP	densité spectrale de puissance
S	point de mesurage de l'accélération situé sur l'assise du siège occupé par un sujet
$t$	temps, s
$\Delta t$	intervalle d'échantillonnage, s
$X$	transformation de Fourier de l'accélération, $m/s^2$
$\tau$	durée d'un bloc élémentaire, s

Les indices suivants sont utilisés dans la présente Norme internationale:

$j$	indice caractérisant la direction de vibration mesurée au point $\alpha$ , en prenant les valeurs $x$ , $y$ , $z$ (voir Figure 1)
$k$	indice caractérisant le numéro d'un bloc élémentaire de données
$w$	indice caractérisant un paramètre calculé sur la base de signaux pondérés en fréquence
$\alpha$	indice caractérisant l'emplacement d'un point de mesurage de l'accélération: P (plate-forme, plancher), S (assise de siège) et B (dossier)



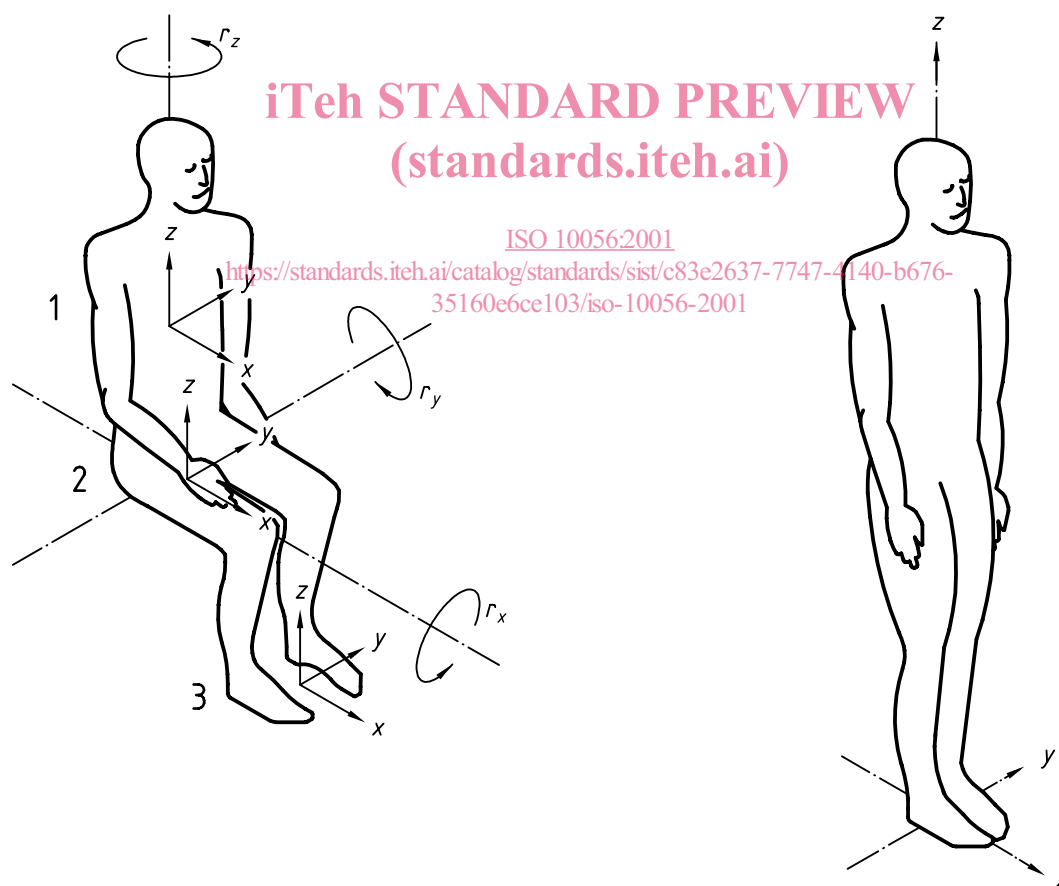
## 4 Caractérisation des vibrations dans les véhicules ferroviaires

### 4.1 Principales causes de vibration ou d'amplification des vibrations

#### 4.1.1 Voie

Bien que les lignes ferroviaires assurent un guidage de haute qualité, la voie présente encore des irrégularités qui entraînent des vibrations, telles que

- défauts dans le niveau de la voie (axe  $z$ ), alignement (axe  $y$ ) ou écartement des voies;
- défauts de soudure ou de fabrication des rails;
- joints de rails;
- aiguillage;
- raideur verticale variable de la voie (par exemple ponts);
- passages à niveaux;
- courbes de transition et rampes de dévers, qui peuvent entraîner des vibrations de basse fréquence.



#### Légende

- 1 Dossier du siège
- 2 Surface du siège
- 3 Pieds

a) Axes basicentriques principaux pour la position assise

b) Axes basicentriques principaux pour la position debout

Figure 1 — Axes des coordonnées basicentriques du corps humain

#### 4.1.2 Contact entre roue et rail

L'excitation d'un véhicule ferroviaire est particulièrement localisée au niveau du contact roue-rail. Les forces de contact rail-roue sont des fonctions non linéaires du déplacement et de la vitesse, et produisent des vibrations dans le véhicule ferroviaire.

#### 4.1.3 Véhicule

La caisse d'un véhicule ferroviaire est une structure complexe souple dont les vibrations naturelles peuvent quelquefois être importantes. En outre, son comportement est influencé par la charge transportée, par la position relative des bogies, par les divers éléments de suspension (tels que les ressorts ou les amortisseurs) et par les véhicules adjacents d'un train.

Des défauts de surface de roulement des roues (tels que des plats), et des essieux montés déséquilibrés ou excentriques sont des sources de vibrations périodiques, dont l'amplitude et la fréquence dépendent de la vitesse.

Les machines tournantes (telles que les groupes moto-compresseurs, les moteurs diesel et les équipements de climatisation) peuvent également engendrer des vibrations qui sont également souvent périodiques. Par ailleurs, l'accélération et la décélération (par exemple le freinage) peuvent exciter à la fois les vibrations périodiques et non périodiques.

Le comportement non linéaire de certains organes (par exemple des amortisseurs particuliers, des tampons de choc, ou des butées transversales) peuvent produire des vibrations transitoires.

Le siège peut amplifier les vibrations et quelquefois ajouter certaines non-linéarités, notamment au niveau de ses fréquences résonantes. La réaction du siège dépend entre autres de la manière dont il est fixé, de la masse et de la posture de l'occupant du siège, de la forme et du matériau du siège proprement dit.

### 4.2 Type de vibrations

ISO 10056:2001

Les signaux de vibration ferroviaire <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c83e2637-7747-4140-b676-35160e6ce103/iso-10056-2001>

- sont de nature aléatoire, peuvent comprendre des caractéristiques périodiques et couvrir une large gamme de fréquences, mais leur niveau énergétique au sein du véhicule est relativement faible;
- ont certaines résonances bien définies (par exemple dans le sens vertical, la caisse du véhicule a une fréquence naturelle sur la suspension secondaire d'environ 1 Hz et une fréquence naturelle de flexion généralement comprise entre 8 Hz et 15 Hz);
- ne sont pas stationnaires, mais peuvent être considérés comme partiellement stationnaires;
- peuvent être permanents (par exemple des vibrations induites par des irrégularités de la voie), temporaires (par exemple des vibrations dues aux installations de climatisation) ou occasionnels (par exemple des vibrations engendrées par des passages à niveaux ou par un aiguillage).

### 4.3 Direction des vibrations

De manière générale, en tout point du véhicule, les accélérations de vibrations sont caractérisées par six composantes: trois composantes de translation et trois composantes de rotation, le long et autour des axes  $x$ ,  $y$  et  $z$  respectivement. Il est supposé cependant pour les vibrations de rotation que la distance au centre de rotation est suffisamment longue pour considérer cette vibration comme étant de translation.

Pour des détails sur le mesurage des vibrations de rotation, voir l'ISO 2631-4.

## 5 Méthode de mesure

### 5.1 Généralités

Les paramètres physiques à mesurer sont des accélérations de translation au plancher et, selon l'objectif de l'essai, à l'interface homme/siège (et éventuellement à l'interface homme/dossier).

Le terme «équipement de mesure» utilisé ci-après fait référence à un ensemble de dispositifs qui permettent de mesurer et d'enregistrer des signaux. Il est admis que les signaux (qu'ils soient enregistrés ou en temps réel) soient soumis à d'autres traitements tels que décrits dans l'article 6.

NOTE Dans de nombreuses applications, une partie de l'analyse du signal peut être effectuée pendant la mesure, avant enregistrement des signaux mesurés. Cette activité est appelée prééquipements traitement.

Dans la présente Norme internationale, le terme «méthode de mesure» fait référence aux méthodes d'utilisation des équipements de mesure pour collecter les données qui font l'objet des essais à effectuer.

### 5.2 Équipement de mesure

#### 5.2.1 Généralités

L'équipement de mesure comprend généralement

- des capteurs (accéléromètres) et amplificateurs de conditionnement;
- des filtres (limitation de bande et pondération de fréquence) et amplificateurs de mesure;
- des enregistreurs.

Ce jeu d'équipements constitue une chaîne de mesure.

Il est recommandé que les caractéristiques de l'équipement soient homogènes. La précision de la chaîne de mesure est définie par les caractéristiques des composantes individuelles ainsi que par certaines caractéristiques de la chaîne de mesure complète.

#### 5.2.2 Capteurs et amplificateurs de conditionnement

Étant donné que dans de nombreux cas, il n'est pas possible de séparer le capteur et l'amplificateur de conditionnement, il est recommandé que ces deux appareils soient traités ensemble et qu'ils remplissent les conditions suivantes:

- étendue de mesure minimum:
 

plancher: 0 à 50 m/s <sup>2</sup>
interface homme/siège et homme/dossier: 0 à 20 m/s <sup>2</sup>
- gamme de fréquence minimum: entre 0,4 Hz et 100 Hz (plate entre ± 0,5 dB)
- non-linéarité plus hystérésis: ≤ 1 % de la valeur mesurée
- sensibilité croisée: ≤ 5 %
- effet de température:
 

sur le zéro: ≤ 3 % de l'étendue de mesure
sur la sensibilité: ≤ 0,05 % par degré Celsius

### 5.2.3 Filtres de limitation de bande et de pondération de fréquence

Pour éliminer des composantes très basse fréquence ainsi que des composantes trop haute fréquence qui ne sont pas dans la gamme de vibrations visée par la présente Norme internationale, mais également pour améliorer le rapport signal-bruit de mesure, il convient d'utiliser des filtres passe-bande.

La limitation de bande de fréquence inférieure et supérieure doit être effectuée respectivement par des filtres passe-haut et passe-bas au moins bipôles, avec des caractéristiques de Butterworth, ayant par conséquent une inclinaison asymptotique d'au moins 12 dB par octave. Les fréquences de coupure des filtres de limitation de bande sont un tiers d'octave en dehors de la bande de fréquence nominale.

Dans la bande de fréquence nominale et à un tiers d'octave des limites de fréquence, la tolérance de la pondération des fréquences et de la limitation de bande, combinées, est de  $\pm 1$  dB. En dehors de cette gamme, la tolérance est égale à  $\pm 2$  dB. À un octave à l'extérieur de la bande de fréquence nominale, il est admis que l'atténuation aille jusqu'à l'infini (pour les tolérances, voir aussi l'ISO 8041).

### 5.2.4 Enregistreurs

Il est recommandé que les enregistreurs répondent aux spécifications suivantes.

a) Enregistreurs à modulation de fréquence

- gamme de fréquence minimum: 0 à 156 Hz
- fréquence de coupure: 156 Hz ( $-0,5$  dB)

b) Enregistreurs à modulation MIC (modulation par impulsions codées)

- gamme de fréquence minimale: 0 à 128 Hz

c) Enregistreurs numériques (enregistrement sur un support numérique)

- gamme de fréquence minimum: 0 à 128 Hz

Si des enregistreurs à modulation MIC ou des enregistreurs numériques sont utilisés, des filtres antirepliement doivent être utilisés (en général, ces filtres sont intégrés aux enregistreurs).

### 5.3 Emplacements de mesure

L'accélération doit être mesurée sur le plancher et, selon l'objectif de l'essai, à l'interface homme/siège (et éventuellement à l'interface homme/dossier). L'accélération mesurée à un point donné sur un véhicule ferroviaire dépend de la position de ce point sur le véhicule. Par conséquent, il convient que les mesures soient pratiquées aux endroits suivants:

- sur le plancher: au niveau du (des) centre(s) du bogie, et éventuellement au centre de la caisse du véhicule et, selon l'objectif de l'essai, sur le plancher du couloir;
- pour la position assise si elle est étudiée: sur et sous les sièges au centre et, éventuellement, aux deux extrémités de la caisse du véhicule.

Dans la cabine de conduite, il convient que la mesure soit effectuée à proximité de l'endroit où est monté le siège.

Il convient que les accéléromètres soient placés sur le plancher aussi près que possible (à moins de 100 mm, si possible) de la projection verticale du centre de l'assise du siège, et sur le plancher du couloir lors de l'étude de la position debout pour le transport local.

D'autres emplacements de mesure peuvent être utilisés selon l'objectif particulier de l'essai.