
**Vibrations et chocs mécaniques —
Évaluation de l'exposition des individus à
des vibrations globales du corps —**

**Partie 5:
Méthode d'évaluation des vibrations
contenant des chocs répétés**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to
whole-body vibration —*

Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-8d7bb2e0f7b1/iso-2631-5-2004>



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 2631-5:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-8d7bb2e0f7b1/iso-2631-5-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-8d7bb2e0f7b1/iso-2631-5-2004>

© ISO 2004

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.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions, symboles et indices	1
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Symboles et indices	2
4 Mesurage des vibrations	2
5 Détermination de la dose d'accélération de réponse de la colonne vertébrale	3
5.1 Généralités	3
5.2 Calcul de la réponse de la colonne vertébrale	3
5.3 Calcul de la dose d'accélération	5
5.4 Logigramme pour le calcul de la dose d'accélération	5
5.5 Rapport entre la dose d'accélération et les atteintes à la santé	6
Annexe A (informative) Recommandations relatives à l'évaluation des effets des chocs répétés sur la santé	7
Annexe B (informative) Effets des chocs répétés et de la posture sur le rachis	11
Annexe C (informative) Réseau de neurones artificiels récurrent utilisé pour modéliser la réponse en accélération du rachis aux chocs répétés sur les axes des x, y et z	12
Annexe D (informative) Développement de programmes pour le calcul de la réponse et de la dose	13
Bibliographie	20

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 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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 du présent document 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.

L'ISO 2631-5 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques*, sous-comité SC 4, *Exposition des individus aux vibrations et chocs mécaniques*.

L'ISO 2631 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Vibrations et chocs mécaniques — Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps*:

- *Partie 1: Spécifications générales*
- *Partie 2: Vibrations dans les bâtiments (1 Hz à 80 Hz)*
- *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*
- *Partie 5: Méthode d'évaluation des vibrations contenant des chocs répétés*

Introduction

La présente partie de l'ISO 2631 a pour objet de définir une méthode pour quantifier les effets sur la santé des vibrations globales du corps contenant des chocs répétés. Des exemples de conditions qui génèrent des vibrations contenant des chocs répétés incluent, sans toutefois s'y limiter, les machines opérant sur des surfaces irrégulières, les petits bateaux évoluant en mer houleuse, les aéronefs traversant une zone de turbulence, les presses et les marteaux-pilons.

Les principaux risques pour la santé d'une exposition à long terme aux vibrations contenant des chocs répétés sont les effets néfastes pour le rachis. Par conséquent, la présente partie de l'ISO 2631 traite principalement de la réponse au niveau du rachis. L'Annexe A fournit des recommandations concernant l'évaluation des effets néfastes sur la santé.

La méthode d'évaluation décrite dans la présente partie de l'ISO 2631 se fonde sur la réponse prédite du plateau vertébral osseux (tissu dur) chez un individu qui est en bonne condition physique, qui ne présente aucun signe de pathologie de la colonne vertébrale et qui se tient dans une posture verticale sans appui. La méthode d'évaluation et les modèles correspondants décrits dans la présente partie de l'ISO 2631 n'ont toutefois pas été validés sur le plan épidémiologique.

L'Annexe A fournit des recommandations relatives à l'évaluation des effets des chocs répétés sur la santé. L'Annexe B traite des effets des chocs répétés et de la posture sur le disque intervertébral (tissu mou). L'Annexe C donne des informations sur les fondements des calculs pour modéliser la réponse en accélération du rachis aux chocs répétés sur l'axe vertical (axe des z). L'Annexe D inclut un logiciel de vérification de l'étalonnage et un exemple de programme informatique qui peut être utilisé pour le calcul des doses de vibration.

[ISO 2631-5:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-8d7bb2e0f7b1/iso-2631-5-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-8d7bb2e0f7b1/iso-2631-5-2004>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 2631-5:2004

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-8d7bb2e0f7b1/iso-2631-5-2004>

Vibrations et chocs mécaniques — Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps —

Partie 5: Méthode d'évaluation des vibrations contenant des chocs répétés

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 2631 traite de l'exposition des individus à des chocs répétés mécaniques sur une assise lorsque la personne est en position assise.

Les effets néfastes sur la santé d'une exposition prolongée à des vibrations contenant des chocs répétés sont liés aux mesures de la dose. La méthode décrite dans la présente partie de l'ISO 2631 s'applique généralement aux cas où il existe des effets néfastes sur la santé au niveau du rachis.

Les calculs de la réponse du rachis décrits dans la présente partie de l'ISO 2631 supposent que la personne soumise à des vibrations est assise en position verticale et ne se lève pas volontairement du siège au cours de l'exposition. Des postures différentes peuvent donner lieu à des réponses différentes au niveau de la colonne vertébrale.

[ISO 2631-5:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418->

Les limitations des modèles de la réponse du rachis utilisés dans la présente partie de l'ISO 2631 sont données en 5.2. Il convient d'être prudent lors de l'application de la méthode dans des conditions de chocs extrêmes.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 2041, *Vibrations et chocs — Vocabulaire*

ISO 2631-1:1997, *Vibrations et chocs mécaniques — Évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps — Partie 1: Spécifications générales*

ISO 5805, *Vibrations et chocs mécaniques — Exposition de l'individu — Vocabulaire*

3 Termes et définitions, symboles et indices

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 2041 et l'ISO 5805 s'appliquent.

3.2 Symboles et indices

3.2.1 Symboles

a	accélération
A	accélération de crête
c	constante
D	dose d'accélération
f	fréquence
m	coefficient de dose
R	facteur
s	déplacement
S	contrainte de compression
t	temps
u	terme de l'accélération du modèle
v	vitesse
w, W	coefficients de modèle
ζ	taux d'amortissement critique
ω	fréquence angulaire

ISO 2631-5:2004
https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c628b0c-9697-411c-8418-
81752-957145-2631-5-2004

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.2.2 Indices

d	quotidienne, telle que pour la durée d'exposition quotidienne t_d
e	équivalente, telle que pour la contrainte de compression statique équivalente S_e
i, j	indice
k	indice (x, y ou z)
l	lombaire
m	mesuré, tel que pour la période de mesurage t_m
n	propre, telle que pour la fréquence propre f_n
s	siège
u	rupture, telle que pour la contrainte à la rupture S_u
x, y, z	axes de référence

4 Mesurage des vibrations

Le mesurage des vibrations, y compris la direction du mesurage, l'emplacement des accéléromètres, la durée du mesurage et l'enregistrement des conditions de vibrations, doit satisfaire aux exigences de l'ISO 2631-1:1997, Article 5. Voir aussi l'ISO 8041 pour les spécifications relatives à l'appareillage, et l'ISO 10326-1 pour l'emplacement des mesures sur le siège et la conception de l'assise. Au cours du recueil des données, le sujet doit rester assis et ceinturé et ne doit pas se lever du siège volontairement.

Pour le mesurage des vibrations contenant des chocs répétés, il est important que le sens des signaux d'accélération (positif, négatif) soit correctement enregistré.

Le taux d'échantillonnage pour les directions x et y doit être approprié à l'analyse d'un signal de 80 Hz. Du fait des exigences associées au modèle suivant l'axe des z , il est recommandé qu'un taux d'échantillonnage dans la direction z soit un multiple de 160 échantillons par seconde.

La durée du mesurage doit être suffisamment longue pour garantir que les chocs répétés sont caractéristiques des expositions en cours d'évaluation.

5 Détermination de la dose d'accélération de réponse de la colonne vertébrale

5.1 Généralités

La détermination de la dose d'accélération de réponse de la colonne vertébrale passe par les étapes suivantes:

- calcul de la réponse humaine de la colonne vertébrale;
- comptage du nombre et des amplitudes des crêtes;
- calcul d'une dose d'accélération à l'aide d'un modèle de dose associé à la théorie de la fatigue de Palmgren-Miner.

5.2 Calcul de la réponse de la colonne vertébrale

5.2.1 Généralités

Des modèles sont utilisés pour prédire les accélérations au niveau lombaire de la colonne vertébrale (a_{lx} , a_{ly} , a_{lz}) dans les directions x , y et z en réponse aux accélérations mesurées au niveau de l'assise (a_{sx} , a_{sy} , a_{sz}) le long des mêmes axes basocentriques. Deux de ces modèles sont donnés ci-après:

NOTE D'autres modèles différents de ceux présentés ci-après destinés à calculer la réponse de la colonne vertébrale, souvent plus élaborés et complexes, sont utilisés et développés par la recherche. Ceci est important pour un développement ultérieur et il convient de l'encourager.

5.2.2 Réponse de la colonne vertébrale dans les directions horizontales (axe des x ou axe des y)

La réponse de la colonne vertébrale sur les axes des x et des y est approximativement linéaire et est représentée par un modèle à un seul degré de liberté à paramètres localisés, possédant les caractéristiques suivantes:

- fréquence propre, $f_n = 2,125$ Hz ($\omega_n = 13,35$ s⁻¹);
- taux d'amortissement critique, $\zeta = 0,22$.

La réponse du rachis, a_{lk} , en mètres par seconde carrée, est calculée d'après l'équation du mouvement d'un système à un seul degré de liberté:

$$a_{lk}(t) = 2 \zeta \omega_n (v_{sk} - v_{lk}) + \omega_n^2 (s_{sk} - s_{lk}) \quad (1)$$

où

- k est x ou y ;
- s_{sk} et s_{lk} sont les variations temporelles du déplacement au niveau du siège et de la colonne vertébrale;
- v_{sk} et v_{lk} sont les variations temporelles de la vitesse au niveau du siège et de la colonne vertébrale.

Les valeurs de la fréquence de résonance et du taux d'amortissement pour un modèle à un seul degré de liberté, indiquées ci-dessus, donnent les valeurs suivantes pour les multiplicateurs dans l'Equation (1): $2 \zeta \omega_n = 5,87 \text{ s}^{-1}$ et $\omega_n^2 = 178 \text{ s}^{-2}$.

5.2.3 Réponse de la colonne vertébrale dans la direction verticale (axe z)

Dans la direction z, la réponse de la colonne vertébrale est non linéaire et est représentée par un modèle de réseau de neurones récurrent.

L'Annexe C traite du principe de cette technique de modélisation. L'accélération sur l'axe z du rachis, a_{1z} , en mètres par seconde carrée, est calculée au moyen des équations suivantes:

$$a_{1z}(t) = \sum_{j=1}^7 W_j u_j(t) + W_8 \tag{2}$$

$$u_j(t) = \tanh \left[\sum_{i=1}^4 w_{ji} a_{1z}(t-i) + \sum_{i=5}^{12} w_{ji} a_{sz}(t-i+4) + w_{j13} \right] \tag{3}$$

Les valeurs des coefficients du modèle dans les Équations (2) et (3) correspondent à un taux d'échantillonnage de 160 par seconde. Par conséquent, les données recueillies à un taux d'échantillonnage différent doivent faire l'objet d'un nouvel échantillonnage à 160 échantillons par seconde.

Les Tableaux 1 et 2 donnent les valeurs à utiliser pour W_j dans l'Équation (2) et pour w_{ji} dans l'Équation (3).

NOTE Le degré de précision indiqué par le nombre de chiffres dans les nombres des Tableaux 1 et 2 est lié à la technologie de réseau de neurones et il convient de ne pas le prendre comme une indication d'une extrême précision de l'évaluation.

Tableau 1 — Valeurs des coefficients du modèle de l'axe z pour l'Équation (2)

W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8
57,96539	52,32773	49,78227	53,16885	56,02619	-27,79550	72,34446	21,51959

Tableau 2 — Valeurs des coefficients du modèle de l'axe z pour l'Équation (3)

j	1	2	3	4	5	6	7
w_{j1}	0,00130	0,01841	-0,00336	0,01471	0,00174	0,00137	0,00145
w_{j2}	-0,00646	-0,00565	-0,00539	0,01544	-0,00542	0,00381	0,00497
w_{j3}	-0,00091	-0,02073	0,00708	-0,00091	0,00255	-0,00216	0,01001
w_{j4}	0,00898	-0,02626	0,00438	-0,00595	-0,00774	-0,00034	0,01283
w_{j5}	0,00201	0,00579	0,00330	-0,00065	-0,00459	-0,00417	-0,00468
w_{j6}	0,00158	0,00859	0,00166	0,00490	-0,00546	0,00057	-0,00797
w_{j7}	0,00361	0,00490	0,00452	0,00079	-0,00604	-0,00638	-0,00529
w_{j8}	0,00167	-0,00098	0,00743	0,00795	-0,01095	0,00627	-0,00341
w_{j9}	-0,00078	-0,00261	0,00771	0,00600	-0,00908	0,00504	0,00135
w_{j10}	-0,00405	-0,00210	0,00520	0,00176	-0,00465	-0,00198	0,00451
w_{j11}	-0,00563	0,00218	-0,00105	0,00195	0,00296	-0,00190	0,00306
w_{j12}	-0,00372	0,00037	-0,00045	-0,00197	0,00289	-0,00448	0,00216
w_{j13}	-0,31088	-0,95883	-0,67105	0,14423	0,04063	0,07029	1,03300

5.3 Calcul de la dose d'accélération

La dose d'accélération, D_k , en mètres par seconde carrée, dans la direction k , est définie selon l'équation suivante:

$$D_k = \left[\sum_i A_{ik}^6 \right]^{1/6} \quad (4)$$

où

A_{ik} est la i^{e} valeur crête de l'accélération de la réponse $a_{l k}(t)$;

$k = x, y$ ou z .

Une valeur crête est définie ici comme la valeur absolue maximale de l'accélération de la réponse entre deux passages à zéro consécutifs. Pour les directions x et y , les valeurs crêtes négatives et positives doivent être comptées. Pour la direction z , seules les valeurs crêtes positives doivent être comptées (la compression de la colonne vertébrale revêt un intérêt primordial pour la sévérité de l'exposition).

Pour le calcul de la dose, les valeurs crêtes d'une amplitude significativement plus faible (d'un facteur de trois ou plus) que la valeur crête la plus élevée ne contribueront pas de manière significative à la valeur associée au terme de la puissance sixième de l'Équation (4) et peuvent ainsi être négligées.

Pour l'évaluation des effets sur la santé, il est utile de déterminer la dose quotidienne moyenne, D_{kd} , en mètres par seconde carrée, à laquelle un individu est exposé, en utilisant l'équation suivante:

$$D_{kd} = D_k \left[\frac{t_d}{t_m} \right]^{1/6} \quad (5)$$

où

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-8d7bb2e0f7b1/iso-2631-5-2004>

t_d est la durée d'exposition quotidienne;

t_m est la période pendant laquelle D_k a été mesurée.

L'Équation (5) peut être utilisée lorsqu'il est possible de représenter l'exposition quotidienne totale par une seule période de mesurage. Lorsque l'exposition quotidienne aux vibrations comprend deux ou plusieurs (n) périodes d'amplitudes différentes, la dose d'accélération, en mètres par seconde carrée, de l'exposition quotidienne totale doit être calculée comme suit:

$$D_{kd} = \left[\sum_{j=1}^n D_{kj}^6 \frac{t_{dj}}{t_{mj}} \right]^{1/6} \quad (6)$$

où

t_{dj} est la durée d'exposition quotidienne à la condition j ;

t_{mj} est la période pendant laquelle D_{kj} a été mesurée.

5.4 Logigramme pour le calcul de la dose d'accélération

Le logigramme de la Figure 1 représente la procédure pour le calcul de la dose d'accélération.

Des recommandations sur le développement de programmes de calcul de la réponse et de la dose sont données dans l'Annexe D.

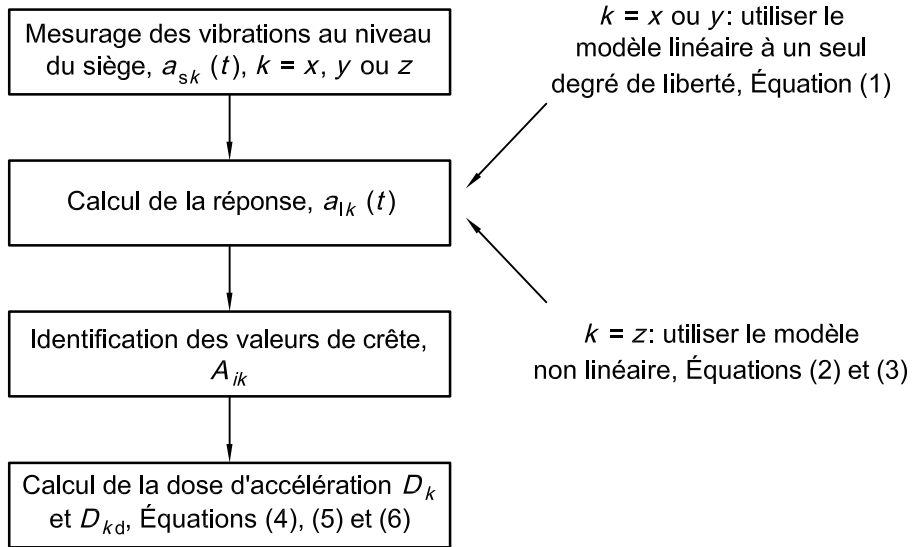


Figure 1 — Logigramme pour le calcul de la dose d'accélération

5.5 Rapport entre la dose d'accélération et les atteintes à la santé

L'Annexe A fournit des recommandations sur l'évaluation des atteintes à la santé à partir de la connaissance de la dose d'accélération pour des chocs répétés. Les calculs de la réponse tels qu'ils sont donnés dans la présente partie de l'ISO 2631 sont associés à la prévision de la réponse du plateau vertébral osseux (tissu dur). L'Annexe B traite des effets des chocs répétés et de la posture sur le disque intervertébral (tissu mou).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2c62bb0c-9697-411c-8418-8d7bb2e0f7b1/iso-2631-5-2004>