
**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**

*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/7cc523db-d6e2-4bc3-8776-e8f0ba4649c2/iso-2631-5-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 2631-5:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7cc323db-d6e2-4be3-8776-e8f0ba4649c2/iso-2631-5-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
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, définitions et symboles	2
4 Délimitation des deux régimes d'exposition	3
5 Description du modèle	4
5.1 Mesurage des vibrations	4
5.1.1 Considérations générales	4
5.1.2 Emplacement des mesurages et exigences matérielles spécifiques	5
5.1.3 Conditionnement des signaux	5
5.1.4 Durée du mesurage	6
5.2 Détermination de la réponse de la colonne vertébrale	6
5.3 Calcul de la dose de la réponse de la colonne vertébrale	9
Annexe A (informative) Modèle alternatif pour la détermination de la réponse de la colonne vertébrale lors d'expositions sans perte de contact avec la surface du siège	11
Annexe B (informative) Relation générale entre la dose d'accélération et les effets sur la santé	17
Annexe C (informative) Évaluation des effets sur la santé pour les expositions décrites à l'Article 5	18
Annexe D (informative) Exemple d'application numérique de la fonction de transfert pour les expositions décrites à l'Article 5	22
Annexe E (informative) Évaluation des effets sur la santé des expositions sans perte de contact avec la surface du siège	24
Bibliographie	30

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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier, de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 4, *Exposition des individus aux vibrations et chocs mécaniques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 2631-5:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont une meilleure description de la fonction de réponse physiologique de l'exposition et une amélioration des recommandations relatives au risque associé.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 2631 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

La présente version corrigée de l'ISO 2631-5:2018 inclut les corrections suivantes :

- Figure 1: les numéros des paragraphes dans le cadre "Conditions sévères" ont été corrigés de la manière suivante:
 - "Mesurage (5.1)";
 - "conditionnement des signaux (5.1.3)";
 - "Évaluation (5.2, 5.3)";
 - "Risque de traumatisme (Annexes B and C)".

Introduction

Le présent document a pour objet de définir une méthode de quantification des vibrations globales du corps contenant des chocs répétés vis-à-vis de la santé des personnes en posture assise. En biodynamique, le terme «choc» est utilisé pour décrire un large éventail d'expositions de courte durée et de grande amplitude. Elle couvre la plage de sévérité à partir de chocs bénins qui n'entraînent qu'une gêne et un inconfort de courte durée jusqu'à des chocs d'amplitude suffisante pour provoquer la douleur, des traumatismes ou des réactions physiologiques importantes.

Les méthodes décrites dans le présent document peuvent être appropriées pour évaluer le risque de lésions chroniques découlant de l'exposition à des chocs répétés, comme on peut le constater dans les véhicules militaires, commerciaux ou récréatifs hors route, y compris les véhicules agricoles, les équipements de production lourds et les embarcations maritimes à grande vitesse. Les méthodes ne sont pas destinées à évaluer la probabilité de dommages aigus causés par un seul impact.

Les méthodes d'évaluation décrites sont fondées sur la réponse biomécanique prévue du plateau vertébral osseux (tissu dur) chez un individu qui est en bonne condition physique et qui ne présente aucune pathologie spinale. Toutefois, les méthodes d'évaluation du risque et les modèles connexes décrits dans le présent document n'ont pas encore été systématiquement validés sur le plan épidémiologique. Les méthodes fournissent néanmoins une description quantitative de l'exposition, qui est nécessaire pour évaluer les différences relatives entre les expositions, par exemple les effets de certaines mesures de protection et les différentes conditions d'exposition.

Le présent document traite uniquement de la réponse de la colonne lombaire sur la base d'études indiquant que la colonne lombaire peut être affectée négativement par des expositions aux vibrations globales du corps [6][7][8][9][10][11][38][39][47][48][54][55] qui contiennent également des chocs répétés. Les autres effets néfastes sur la santé d'une exposition à des chocs répétés, tels que les dommages à des parties du corps autres que la colonne lombaire ou les types d'effets à court ou à long terme sur la santé autres que les dommages aux plateaux vertébraux, ne sont pas spécifiquement étudiés dans le présent document. De tels dommages aux plateaux vertébraux ne peuvent souvent pas être différenciés des dommages causés par d'autres expositions (levage lourd) et maladies.

Le présent document étudie uniquement les effets des charges de compression résultant de chocs répétés. Dans ce but, une fonction de transfert de l'accélération mesurée entre le siège et la colonne lombaire a été développée pour une posture, une taille du corps et un étage de la colonne lombaire par défaut. Une autre méthode pour décrire la réponse de la colonne vertébrale est donnée à l'[Annexe A](#), qui est uniquement valable pour une gamme limitée d'amplitudes d'accélération, mais qui inclut l'effet de différentes postures et tailles du corps, ainsi que des différents étages de la colonne lombaire.

Une approche normalisée de la prédiction des traumatismes pour les chocs à axes non verticaux ou combinés est compliquée de par l'influence des différentes postures et des différents systèmes de retenue du corps qui peuvent être utilisés dans différents véhicules et par les limites des capacités actuelles de prédiction des traumatismes par choc non vertical. Des chocs impliquant un mouvement horizontal, rotatif ou multiaxial peuvent se produire dans la pratique et présenter un risque important de traumatisme.

Le risque de traumatisme de la colonne lombaire dépend de la dose d'exposition, qui est une combinaison d'une quantité et d'une durée d'exposition. Un traumatisme manifeste peut prendre plusieurs années à se développer. En raison de la complexité du mesurage de chocs répétés, il n'est actuellement pas possible de mesurer directement l'exposition de la dose sur la durée de vie. L'exposition est plutôt mesurée dans des situations représentatives et la dose est extrapolée à partir de ce mesurage pour une durée d'exposition effectuée dans le passé ou pour une durée d'exposition prévue dans l'avenir. Pour surveiller en permanence la dose sur la durée de vie passée au travail, il est nécessaire de mettre au point un autre matériel de mesurage, par exemple des dosimètres.

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

Le présent document traite de l'exposition des individus à des chocs mécaniques répétés et formule des exigences pour le mesurage des chocs répétés. Les résultats de ces mesurages sont ensuite analysés pour fournir des informations permettant d'évaluer le risque d'effets néfastes sur la santé concernant les plateaux vertébraux de la colonne lombaire dus à la compression chez les individus assis. D'autres lésions peuvent se développer même en l'absence de traumatisme du plateau vertébral.

NOTE 1 Les chocs mécaniques répétés sont des chocs d'amplitude et de forme différentes qui surviennent fréquemment à intervalles réguliers et irréguliers pendant la période de mesurage.

NOTE 2 Comme proposé dans les annexes, l'évaluation du risque de traumatisme actuel est fondée sur les expositions représentatives mesurées en combinaison avec l'historique de l'exposition de l'individu. Les risques potentiels peuvent être évalués en fonction des durées d'exposition prévues. Les fabricants de matériel de mesurage sont encouragés à développer la possibilité d'une évaluation in situ de l'exposition.

Deux régimes d'exposition sont distingués dans le présent document: l'un pour les conditions sévères et l'autre pour les conditions moins sévères.

NOTE 3 [L'Article 4](#) contient la délimitation des deux régimes.

Le présent document s'applique aux accélérations verticales non pondérées, dont les valeurs de crête peuvent atteindre $137,3 \text{ m/s}^2$ (14 g), mesurées à l'interface siège-occupant sous les tubérosités ischiatiques sur une largeur de bande de mesurage de 0,01 Hz à 80 Hz.

NOTE 4 La plage de mesurage est définie en [5.1](#).

La prudence est de mise lors de l'application de la méthode aux expositions sévères, d'autant plus que les accélérations de crête de $137,3 \text{ m/s}^2$ (14 g) sont proches de la limite physique qu'une colonne vertébrale peut tolérer.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 mécaniques, et leur surveillance — 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, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>;
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>.

3.2 Symboles (unités)

$a_z(t)$	accélération d'entrée dans la direction z en fonction du temps (1 m/s ²)	R^A	facteur de risque basé sur S_d^A (1)
$a_z(\omega)$	transformée de Fourier de $a_z(t)$ (1 m/s)	R_q^A	facteur de risque basé sur S_q^A (1)
$A_z(t)$	fonction de réponse en accélération de la colonne vertébrale en fonction du temps (1 m/s ²)	S_d	dose de compression quotidienne pour le modèle décrit à l'Article 5 (1 MPa)
$A_z(\omega)$	fonction de réponse en accélération de la colonne vertébrale en fonction de la fréquence (1 m/s)	S_{stat}	contrainte statique pour le modèle décrit à l'Article 5 (basée sur la gravitation) (1 MPa)
$A_{z,i}$	i^e valeur maximale de $A_z(t)$ (1 m/s ²)	$S_{u,i}$	résistance ultime des vertèbres pour le modèle décrit à l'Article 5 pour l'année i (1 MPa)
B	aire du plateau d'une vertèbre (1 mm ²)	S^A	dose de compression décrite à l'Annexe A (1 MPa)
C_{dyn}	fonction de réponse de la force de compression décrite à l'Annexe A (1 N)	S_d^A	dose de compression quotidienne décrite à l'Annexe A (1 MPa)
$C_{dyn,i}$	i^e valeur maximale de C_{dyn} (1 N)	S_q^A	dose de compression pour les expositions variables décrite à l'Annexe A (1 MPa)
D_z	dose d'accélération en fonction de $A_{z,i}$ pour t_m (1 m/s ²)	S_{stat}^A	contrainte statique pour le modèle décrit à l'Annexe A (basée sur la moyenne C_{dyn}) (1 MPa)
D_{zd}	dose d'accélération quotidienne extrapolée pour t_d (1 m/s ²)	$S_{u,i}^A$	résistance ultime des vertèbres pour le modèle décrit à l'Annexe A pour l'année i (1 MPa)
$H(\omega)$	fonction de transfert (1)	t	temps (1 s)
m_z	facteur de conversion accélération-contrainte de compression en fonction de la masse décrit à l'Annexe C [1·10 ⁶ Pa/(m/s ²) = 1 MPa/(m/s ²)]	t_d	durée d'exposition quotidienne (1 s)
N	nombre de jours d'exposition par an (1)	t_m	durée du mesurage (1 s)

- Π risque de rupture de vertèbre, basé sur R (1) ω fréquence angulaire (1 Hz)
- R Variable de contrainte du calcul du risque pour le modèle décrit à l'Article 5 (1)

NOTE Les grandeurs qui décrivent le risque de traumatisme sont définies à l'Annexe C (modèle de l'Article 5) et à l'Annexe E (modèle de l'Annexe A). Pour l'Article 5, le risque de traumatisme est décrit par $\Pi(R)$, qui est en fonction de R . Cette variable de contrainte, R , est différente du risque de traumatisme, R^A , pour le modèle de l'Annexe A, qui est défini à l'Annexe E.

4 Délimitation des deux régimes d'exposition

Les conditions d'exposition dans le présent document sont différentes de celles de l'évaluation de base des vibrations globales du corps décrites dans l'ISO 2631-1.

NOTE 1 L'ISO 2631-1:1997, Article 6 contient des critères, lorsqu'il est nécessaire d'utiliser des méthodes d'évaluation supplémentaires, y compris l'ISO 2631-5.

Il faut distinguer deux régimes d'exposition:

- a) D'une part, on trouve des conditions sévères qui sont typiques des véhicules militaires tout-terrain ou des bateaux à grande vitesse, etc. Ces conditions sévères peuvent contenir des périodes de chute libre, elles sont dominées par des accélérations sur l'axe z, et les sujets peuvent perdre le contact avec la surface du siège en raison de l'exposition. Ces conditions sont traitées à l'Article 5 et dans les Annexes C et D. Ici, les exigences de mesurage (largeur de bande, conditionnement des signaux) diffèrent de celles de l'ISO 2631-1 et les contributions des directions x et y aux forces de compression de la colonne vertébrale sont négligées, car l'exposition est dominante dans la direction z.

NOTE 2 Les questions découlant de la limitation à une posture par défaut et à une excitation purement verticale sont abordées dans l'Introduction et à l'Annexe B.

- b) D'autre part, les conditions moins sévères sont également couvertes par le présent document sans événements de chute libre et lorsque le sujet reste assis pendant toute la durée du mesurage. Elles sont plus probables dans un contexte industriel, par exemple conduite de tracteurs, d'engins forestiers et d'engins de terrassement mobiles sur des surfaces irrégulières (tout-terrain, nids-de-poule, passages fréquents de voies ferrées, etc.). Ces conditions sont traitées aux Annexes A et E. Les exigences de mesurage sont les mêmes que pour la série de valeurs temporelles d'accélération non pondérée décrite dans l'ISO 2631-1.

Pour déterminer le régime pour une exposition donnée, deux questions doivent être posées:

- i) Le conducteur perd-il le contact avec le siège (ou perdrait-il le contact en l'absence d'un système de retenue)?
- ii) L'exposition comporte-t-elle des périodes de chute libre?

Si les réponses aux deux questions sont affirmatives, c'est la méthode de l'Article 5 et des Annexes C et D qui doit être utilisée.

En cas de doute, ces critères peuvent être vérifiés quantitativement en mesurant une exposition représentative selon la méthode décrite à l'Article 5 ou à l'Annexe A (la plus probable étant retenue). La série de mesures temporelles dans la direction z au niveau de la personne est ensuite vérifiée: après application des filtres limiteurs de bande décrits dans l'ISO 2631-1, les accélérations de crête ne doivent pas dépasser $9,81 \text{ m/s}^2$ pour l'utilisation des Annexes A et E. Si les accélérations de crête ainsi obtenues dépassent $9,81 \text{ m/s}^2$, ce sont l'Article 5 et les Annexes C et D qui s'appliquent.

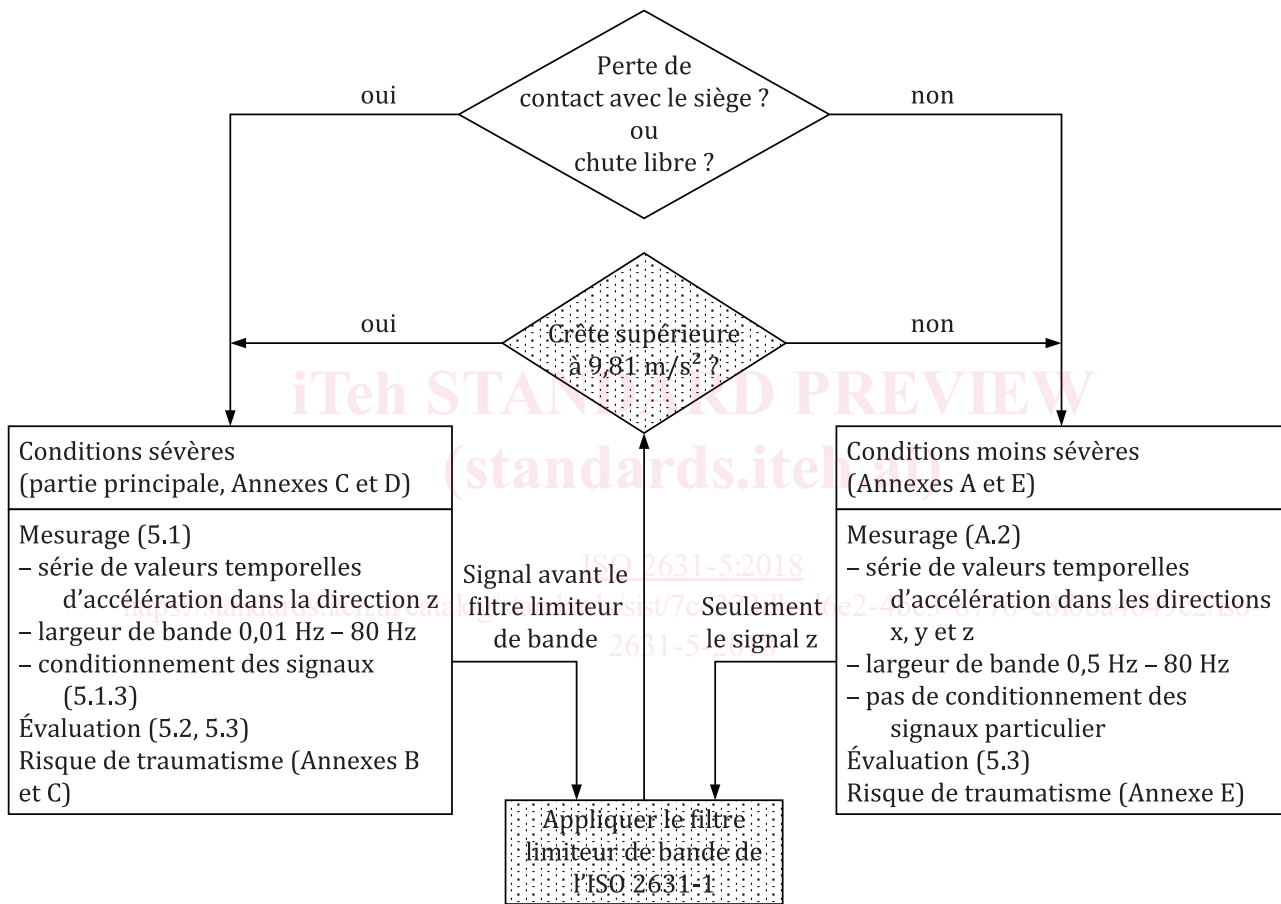
- 1) Si on commence par les exigences pour les conditions sévères, on poursuit avec le processus de conditionnement des signaux jusqu'à l'étape précédant l'application du filtre limiteur de bande. La vérification est effectuée à l'aide d'une copie du signal, de sorte que le filtre limiteur de bande approprié (voir 5.1.3) puisse être appliqué après la vérification réussie.

- 2) Si on commence par les exigences pour les conditions moins sévères et si la vérification est réussie, on peut utiliser le signal filtré par le limiteur de bande de la vérification pour l'évaluation ultérieure.
- 3) Si la vérification ne confirme pas la première hypothèse des conditions d'exposition, le mesurage doit être répété avec les exigences de l'autre condition d'exposition.

Cette vérification est facultative et, par conséquent, grisée à la [Figure 1](#).

NOTE 3 Les filtres limiteurs de bande pour la direction z de l'ISO 2631-1 sont:

- passe-haut: caractéristique de Butterworth de deuxième ordre, fréquence de coupure 0,4 Hz;
- passe-bas: caractéristique de Butterworth de deuxième ordre, fréquence de coupure 100 Hz.



NOTE Les parties grisées permettent une confirmation quantitative facultative de la première décision.

Figure 1 — Organigramme d'application des modèles utilisés dans le présent document

5 Description du modèle

5.1 Mesurage des vibrations

5.1.1 Considérations générales

Le mesurage des vibrations, y compris la direction du mesurage, l'emplacement des transducteurs, la durée du mesurage et l'enregistrement des conditions des vibrations doivent satisfaire aux exigences énoncées dans l'ISO 2631-1, sauf dans les cas décrits de [5.1.2](#) à [5.1.4](#).

5.1.2 Emplacement des mesurages et exigences matérielles spécifiques

Il convient de mesurer l'accélération verticale, $a_z(t)$, à l'interface entre le siège et les tubérosités ischiatiques.

Pendant l'acquisition des données, il convient que le sujet reste assis et ne se lève pas du siège. L'emplacement des mesurages sur le siège et la forme de la cupule accélérométrique sur l'assise du siège doivent être conformes à l'ISO 10326-1.

Il convient d'utiliser des interrupteurs à contact, des enregistrements vidéo ou d'autres méthodes pour détecter la perte de contact entre le sujet et la surface du siège. Il est nécessaire de détecter et d'enregistrer la perte de contact, car les accélérations mesurées pendant la perte de contact ne doivent pas être comptées comme une exposition. En outre, il faut s'assurer que l'impact subi lors de la réception sur le siège (c'est-à-dire à la fois le mouvement de la personne *et* le mouvement du siège) après la chute libre est pleinement pris en compte.

Les accéléromètres et le matériel de mesure associé doivent être appropriés au mesure des plus fortes amplitudes d'accélération pouvant être rencontrées pendant la période de mesure.

Il convient que les appareils d'enregistrement et de numérisation d'accélération aient une réponse en fréquence pour les accélérations plate de 0,01 Hz à au moins 80 Hz. Un taux d'échantillonnage de 256 échantillons par seconde ou plus peut être nécessaire selon la méthode d'anti-repliement utilisée.

Les détails du matériel de mesure, y compris la description des méthodes d'étalonnage utilisées, doivent être fournis.

5.1.3 Conditionnement des signaux

Les différentes étapes du processus de conditionnement des signaux sont résumées à la [Figure 2](#).

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Vérification du signe (vers le crâne : +) 2. Élimination de perte de contact 3. Ré-échantillonnage 4. Correction du décalage 5. Réduction progressive 6. Filtre limiteur de bande |
|---|

Figure 2 — Étapes du processus de conditionnement des signaux

À la première étape, il est important de vérifier que le signe des signaux d'accélération (positif ou négatif) est correct, car la méthode d'analyse traite de la charge vertébrale en compression. Dans le système de coordonnées basicentriques pour les personnes assises, le sens de l'accélération suivant l'axe z est positif vers le crâne du sujet (c'est-à-dire qu'elle est positive vers le haut).

Après avoir vérifié le signe des signaux d'accélération, la deuxième étape élimine les parties du signal où il n'y a pas de contact entre la cupule accélérométriques sur l'assise du siège et le sujet. Il en résulte des parties de signal séparées auxquelles les étapes suivantes sont appliquées séparément.

À la troisième étape, si les données doivent être ré-échantillonnées pour analyse après avoir été acquises à une fréquence plus élevée, il est alors nécessaire de vérifier que le filtrage anti-repliement approprié est utilisé.

NOTE 1 Les fonctions de ré-échantillonnage fournies par les logiciels de traitement de données courants, tels que MATLAB^{®1)}, peuvent appliquer automatiquement des filtres anti-repliement appropriés, mais il est important de vérifier que c'est bien le cas.

1) MATLAB[®] est le nom de marque déposée d'un produit fourni par MathWorks. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'ISO approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné.

À la quatrième étape, il convient que l'accélération mesurée ait une correction du décalage de sorte que l'accélération enregistrée, l'accéléromètre étant au repos (ou avec un signal symétrique), soit $(0 \pm 0,1)$ m/s². Noter que la soustraction de la moyenne peut ne pas être appropriée si l'accélération enregistrée est asymétrique.

Dans la cinquième étape, si en analysant les variations temporelles où l'accéléromètre est en mouvement au début ou à la fin de l'enregistrement, il peut être approprié de réduire progressivement le signal, par exemple avec une décroissance cosinusoidale appliquée pendant plusieurs secondes, avant d'appliquer les filtres limiteurs de bande.

Enfin, à la sixième étape, les mesurages d'accélération corrigés du décalage doivent être limités à la bande de 0,01 Hz à 80 Hz à l'aide d'un filtre passe-haut de Butterworth de deuxième ordre ayant une fréquence de coupure de 0,01 Hz et d'un filtre passe-bas de Butterworth de quatrième ordre ayant une fréquence de coupure de 80 Hz. Il convient de ne pas appliquer les filtres limiteurs de bande et de pondération décrits dans l'ISO 2631-1.

NOTE 2 La limite de basse fréquence est réduite par rapport à celle indiquée dans l'ISO 2631-1 pour éviter la distorsion du signal d'accélération en cas de chute libre avant un impact violent. Des périodes de chute libre supérieures à 0,5 s ont été observées pour les navires rapides. Le filtrage passe-haut à 0,5 Hz transforme l'accélération en une chute libre de -1 g à zéro au moment de l'impact. Il provoque le décalage incorrect de +1 g de l'accélération de crête de l'impact. Les calculs effectués avec un nombre limité de mouvements de navires rapides laissent supposer que des erreurs de 10 % peuvent être provoquées. Des changements brusques du profil du terrain ou des pentes abruptes peuvent avoir un effet similaire. S'il y a peu de mouvement à l'emplacement de mesure aux fréquences inférieures à 0,5 Hz, les erreurs causées par les distorsions de variations temporelles dues au filtre sont probablement faibles.

5.1.4 Durée du mesurage

La durée du mesurage doit être suffisante pour garantir que les résultats mesurés sont représentatifs de l'exposition, c'est-à-dire que les chocs répétés mesurés sont typiques des expositions qui sont évaluées.

Comme les chocs peuvent être peu fréquents, il convient d'envisager d'estimer la durée nécessaire pour obtenir un nombre suffisant d'impacts représentatifs. Il convient que la durée du mesurage soit adaptée à l'évaluation de l'exposition globale.

NOTE 1 Il n'est pas pratique de spécifier un nombre suffisant d'impacts, car il dépend de la variabilité de ces derniers. Si la sévérité des impacts est variable, avec des amplitudes relativement faibles et quelques chocs sévères, alors un mesurage plus long sera probablement nécessaire pour augmenter la probabilité de capter ces chocs sévères.

NOTE 2 Dans le cas de tâches répétitives (par exemple camions de roulage miniers), l'enregistrement d'au moins un cycle de travail complet est représentatif. Pour les tâches non répétitives (par exemple les déplacements hors route, le transport militaire), la durée suffisante dépend également de la variabilité du terrain.

Une attention particulière doit toujours être accordée au contrôle de l'exposition aux chocs et aux vibrations de tout le personnel participant à l'essai. Il peut être approprié d'effectuer d'abord des mesurages plus courts pour s'assurer que les expositions ne sont pas excessives. Les essais où les humains sont exposés à des chocs répétés sont susceptibles de nécessiter une évaluation minutieuse du risque.

5.2 Détermination de la réponse de la colonne vertébrale

Une fonction de transfert du siège à la colonne lombaire a été mise au point à partir des résultats expérimentaux et de la modélisation numérique des occupants assis^{[4][5][15][72]-[75]}.

La réponse en fréquence de la fonction de transfert entre le siège et la colonne vertébrale est donnée dans la [Formule \(1\)](#) en termes d'un zéro complexe et de six pôles complexes.

$$H(\omega) = \frac{1 + 2\zeta_1 \frac{j\omega}{\omega_1} + \left(\frac{j\omega}{\omega_1}\right)^2}{\left[\left[1 + 2\zeta_2 \frac{j\omega}{\omega_2} + \left(\frac{j\omega}{\omega_2}\right)^2 \right] \left[1 + 2\zeta_3 \frac{j\omega}{\omega_3} + \left(\frac{j\omega}{\omega_3}\right)^2 \right] \right] \left\{ \left[1 + 2\zeta_4 \frac{j\omega}{\omega_4} + \left(\frac{j\omega}{\omega_4}\right)^2 \right] \left[1 + 2\zeta_5 \frac{j\omega}{\omega_5} + \left(\frac{j\omega}{\omega_5}\right)^2 \right] \right\} \left[1 + 2\zeta_6 \frac{j\omega}{\omega_6} + \left(\frac{j\omega}{\omega_6}\right)^2 \right] \left[1 + 2\zeta_7 \frac{j\omega}{\omega_7} + \left(\frac{j\omega}{\omega_7}\right)^2 \right]} \quad (1)$$

où

$$j = \sqrt{-1};$$

$$\omega_1 = 34 \text{ rad/s};$$

$$\zeta_1 = 0,35;$$

$$\omega_2 = 31 \text{ rad/s};$$

$$\zeta_2 = 0,21;$$

$$\omega_3 = 230 \text{ rad/s};$$

$$\zeta_3 = 0,88; \quad \text{http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7cc323db-d6e2-4be3-8776-e8f0ba4649c2/iso-2631-5-2018}$$

$$\omega_4 = 260 \text{ rad/s};$$

$$\zeta_4 = 0,80;$$

$$\omega_5 = 320 \text{ rad/s};$$

$$\zeta_5 = 0,40;$$

$$\omega_6 = 380 \text{ rad/s};$$

$$\zeta_6 = 0,75;$$

$$\omega_7 = 420 \text{ rad/s};$$

$$\zeta_7 = 0,65.$$

Les tolérances pour toute mise en œuvre de cette fonction de transfert par des moyens analogiques ou numériques sont les suivantes:

- $\pm 2,5 \%$ de l'amplitude de crête (c'est-à-dire $\pm 0,04$) par rapport à la réponse en amplitude cible et $\pm \pi/(10 \text{ rad})$ par rapport à la réponse en phase cible de zéro à 40 Hz;
- $\pm 5 \%$ de l'amplitude de crête (c'est-à-dire $\pm 0,08$) par rapport à la réponse en amplitude cible de 40 Hz à 80 Hz (pas d'exigence de phase);
- $\pm 5 \%$ de l'amplitude de crête (c'est-à-dire $\pm 0,08$) par rapport à la réponse en amplitude cible au-dessus de 80 Hz (pas de limite inférieure ni d'exigence de phase).