

---

---

**Vibrations mécaniques — Seuils  
de perception vibrotactile  
pour l'évaluation des troubles  
neurologiques —**

Partie 2:

**Analyse et interprétation des mesures  
obtenues à la pulpe des doigts**

*Mechanical vibration — Vibrotactile perception thresholds for the  
assessment of nerve dysfunction —*

*Part 2: Analysis and interpretation of measurements at the fingertips*

ISO 13091-2:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/570d2792-b997-4beb-bd48-f0c3752007e5/iso-13091-2-2021>



iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

ISO 13091-2:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/570d2792-b997-4beb-bd48-f0c3752007e5/iso-13091-2-2021>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2021

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](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b>	<b>iv</b>
<b>Introduction</b>	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b>	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b>	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions, symboles et termes abrégés</b>	<b>1</b>
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Symboles et termes abrégés	3
<b>4 Traitement des seuils de perception vibrotactile</b>	<b>3</b>
4.1 Généralités	3
4.2 Valeur moyenne des mesures répétées	4
4.3 Variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests	4
4.4 Traitement des erreurs non corrigées	5
4.5 Traitement d'une augmentation soupçonnée de la variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests	5
<b>5 Calcul du décalage de seuil</b>	<b>5</b>
5.1 Généralités	5
5.2 Décalage relatif de seuil	5
5.3 Déplacement du seuil par rapport à la référence	6
5.4 Valeur moyenne du décalage de seuil	6
5.5 Tactogramme	7
5.6 Cohérence des décalages de seuil	8
5.7 Décalage moyen de seuil d'une population de mécanorécepteurs	8
<b>6 Interprétation des seuils de perception vibrotactile et des décalages de seuil</b>	<b>9</b>
6.1 Généralités	9
6.2 Erreur de mesure et significativité statistique des SPV observés	9
6.3 Erreur de mesure et significativité statistique des décalages relatifs de seuil	10
6.4 Seuils de perception vibrotactile d'individus sains	10
6.5 Écarts par rapport aux SPV d'individus sains	10
6.6 Implications physiologiques et cliniques des changements de SPV	11
<b>Annexe A (informative) Seuils de perception vibrotactile d'individus sains</b>	<b>12</b>
<b>Annexe B (informative) Implications des changements de seuils de perception des vibrations</b>	<b>20</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>25</b>

## 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](http://www.iso.org/directives)).

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. 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](http://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 le lien suivant: [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/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*. 3091-2-2021

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 13091-2:2003), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- le contenu de l'[Annexe A](#) a été mis à jour pour inclure des études portant sur les seuils de perception vibrotactile d'individus sains publiées depuis la première édition de la norme;
- la Bibliographie a été mise à jour pour inclure les études énumérées à l'[Annexe A](#).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 13091 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](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Le dépistage précoce des neuropathies périphériques des extrémités des membres supérieurs, qui se manifestent souvent sous la forme de changements de la fonction tactile, et par là même de modifications de la sensibilité des mécanorécepteurs, revêt un intérêt considérable. Ces neuropathies peuvent être provoquées par une maladie ou par une exposition à des agents neurotoxiques, chimiques ou physiques. Sur la base d'un choix approprié des conditions de mesurage, telles qu'indiquées dans l'ISO 13091-1, les réponses séparées des populations de mécanorécepteurs à adaptation lente, de type 1 (SAI) et à adaptation rapide des types 1 et 2 (FAI et FAII) peuvent être déterminées en utilisant une stimulation vibrotactile à différentes fréquences.

Le présent document définit l'analyse et l'interprétation des seuils vibrotactiles mesurés à la pulpe des doigts conformément aux dispositions de l'ISO 13091-1. Les procédures qui décrivent du point de vue statistique des écarts de seuil de perception vibrotactile significatifs sont indiquées aussi bien pour une situation où le seuil est déterminé une seule fois que pour des circonstances où il est déterminé de façon répétée.

La présente édition de l'ISO 13091-2 contient une analyse mise à jour des seuils de perception vibrotactile d'hommes et de femmes sains et fournit des seuils de référence pour toutes les fréquences spécifiées dans l'ISO 13091-1.

Les valeurs des seuils de perception vibrotactile d'individus sains, pour des seuils déterminés conformément à l'ISO 13091-1, sont données à l'[Annexe A](#).

L'[Annexe B](#) traite des implications des changements de seuils de perception vibrotactile observés.

(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

ISO 13091-2:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/570d2792-b997-4beb-bd48-f0c3752007e5/iso-13091-2-2021>



# Vibrations mécaniques — Seuils de perception vibrotactile pour l'évaluation des troubles neurologiques —

## Partie 2:

## Analyse et interprétation des mesures obtenues à la pulpe des doigts

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes et des modes opératoires qui permettent d'analyser et d'interpréter les seuils de perception vibrotactile, ainsi que les décalages de seuil. Des procédures décrivant du point de vue statistique les écarts significatifs des seuils de perception vibrotactile sont recommandées.

Le présent document est applicable aux seuils de perception vibrotactile déterminés à la pulpe des doigts conformément aux dispositions de l'ISO 13091-1.

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

ISO 13091-1, *Vibrations mécaniques — Seuils de perception vibrotactile pour l'évaluation des troubles neurologiques — Partie 1: Méthodes de mesure à la pulpe des doigts*

### 3 Termes et définitions, symboles et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 2041, l'ISO 5805 et l'ISO 13091-1, ainsi que les suivants, 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 <https://www.electropedia.org/>.

#### 3.1 Termes et définitions

##### 3.1.1

##### **individu sain**

individu qui, selon l'avis d'un médecin, ne présente pas de signes ou symptômes de maladie neurologique périphérique tels que décelés lors d'un examen physique et dans le cadre d'autres examens cliniques ou objectifs jugés nécessaires pour corroborer cet avis, et qui n'a été exposé à aucun agent neurotoxique, ni à aucune vibration, ni à aucun mouvement répétitif excessif, et qui n'a pas reçu de diagnostic de diabète ou de troubles du métabolisme

### 3.1.2

#### **groupe de population**

groupe d'individus définis par un ou plusieurs facteurs communs

EXEMPLE La situation géographique, l'âge, le sexe, le régime et la profession peuvent être des facteurs communs.

### 3.1.3

#### **seuil de perception vibrotactile de base**

seuil de perception vibrotactile initial utilisé pour la comparaison des résultats

### 3.1.4

#### **seuil de perception vibrotactile de référence**

valeur du seuil de perception vibrotactile chez des personnes saines

### 3.1.5

#### **déplacement du seuil par rapport à la référence**

écart persistant du seuil de perception à partir du *seuil de perception vibrotactile de référence* (3.1.4) correspondant enregistré à la même fréquence, ou fréquence équivalente

### 3.1.6

#### **décalage relatif de seuil**

changement persistant du seuil de perception à partir de la valeur correspondante précédemment enregistrée chez le même individu à la pulpe du même doigt et à la même fréquence, ou fréquence équivalente, en utilisant la même méthode de mesure

### 3.1.7

#### **valeur prédictive**

prédiction du risque d'apparition d'une maladie ou de symptômes, à partir des résultats d'un test objectif portant sur un caractère ou une fonction biologique (voir également les valeurs prédictives positive et négative)

### 3.1.8

#### **valeur prédictive positive**

proportion (ou pourcentage) d'un groupe de population pour lequel la présence d'une maladie ou de symptômes peut être correctement prédite à partir du résultat positif d'un test objectif

### 3.1.9

#### **valeur prédictive négative**

proportion (ou pourcentage) d'un groupe de population pour lequel l'absence d'une maladie ou de symptômes peut être correctement prédite à partir du résultat négatif d'un test objectif

### 3.1.10

#### **lien**

mesure statistique de la probabilité qu'un caractère ou une fonction biologique observé chez un individu coexiste avec la présence d'un second caractère ou fonction

### 3.1.11

#### **indice de sensibilité**

rapport des différences de seuil observées à partir d'un niveau de base de 150 dB à celles caractérisant des individus sains du même âge à partir de cette même base, cumulées pour chaque fréquence de mesure, ou fréquence équivalente

Note 1 à l'article: Une élévation du seuil de perception vibrotactile, associée à une réduction de la sensibilité, engendre une diminution de l'indice de sensibilité à partir de l'unité dans le cas d'individus sains.

### 3.1.12

#### **tactogramme**

représentation graphique des déplacements de seuil en fonction de la fréquence



### 3.2 Symboles et termes abrégés

Les symboles et termes abrégés suivants sont utilisés dans le présent document:

FAI	mécanorécepteurs à adaptation rapide, de type 1
FAII	mécanorécepteurs à adaptation rapide, de type 2
$N$	nombre de sujets
$N_F$	nombre de doigts
$p$	probabilité
SAI	mécanorécepteurs à adaptation lente, de type 1
SPV	seuil de perception vibrotactile
$s(f_j)$	paramètre d'une distribution de Gauss pour $T(f_j)_{\text{réf}}$ à la fréquence $f_j$
$T(f_j)_{\text{base}}$	seuil de perception vibrotactile de base à la fréquence $f_j$
$T(f_j)_i$	$i^{\text{e}}$ seuil de perception vibrotactile à la fréquence $f_j$
$T(f_j)_M$	seuil de perception vibrotactile moyen à la fréquence $f_j$
$T(f_j)_{\text{obs}}$	seuil de perception vibrotactile observé à la fréquence $f_j$
$T(f_j)_{\text{réf}}$	seuil de perception vibrotactile de référence à la fréquence $f_j$
$T(f_j)_{\text{réf},M}$	seuil de perception vibrotactile de référence moyen à la fréquence $f_j$
$V(f_j)$	variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests à la fréquence $f_j$
$\Delta T(f_j)_{\text{réf}}$	déplacement du seuil par rapport à la référence à la fréquence $f_j$
$\Delta T(f_j)_{\text{réf},i}$	$i^{\text{e}}$ déplacement du seuil par rapport à la référence à la fréquence $f_j$
$\Delta T(f_j)_{\text{réf},M}$	déplacement moyen du seuil par rapport à la référence à la fréquence $f_j$
$\Delta T(f_j)_{\text{rel}}$	décalage relatif du seuil à la fréquence $f_j$
$\Delta T(f_j)_{\text{rel},i}$	$i^{\text{e}}$ décalage relatif du seuil à la fréquence $f_j$
$\Delta T(f_j)_{\text{rel},M}$	décalage relatif moyen du seuil à la fréquence $f_j$
$\Delta T(\text{SAI, FAI ou FAII})_{\text{réf},M}$	déplacement moyen du seuil par rapport à la référence pour les populations de récepteurs SAI, FAI ou FAII
$\Delta T(\text{SAI, FAI ou FAII})_{\text{rel},M}$	décalage relatif moyen du seuil pour les populations de récepteurs SAI, FAI ou FAII

NOTE Les symboles comprenant la lettre majuscule  $T$  se rapportent aux seuils exprimés en dB (réf.  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>). Le seuil équivalent, exprimé en m/s<sup>2</sup>, est indiqué par le symbole  $t$  en caractère minuscule.

## 4 Traitement des seuils de perception vibrotactile

### 4.1 Généralités

Les informations requises pour la notation, l'analyse et l'interprétation des SPV déterminés conformément aux dispositions de l'ISO 13091-1 sont spécifiées dans l'ISO 13091-1:2001, Article 7.

Les SPV d'un sujet sont généralement mesurés une seule fois. Pour qu'ils soient interprétables, il est nécessaire de connaître la variabilité des SPV attendue si le mesurage devait être répété en une autre occasion (par exemple un autre jour).

Deux situations sont étudiées dans le présent document. Si le SPV d'un sujet est déterminé de manière répétée à la pulpe du même doigt pendant une durée de plusieurs jours, la variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests, applicable à la valeur moyenne des SPV observés, exprimée en dB, doit être égale à l'écart-type calculé à partir des SPV observés lorsqu'ils sont exprimés en dB. Sinon, dans des circonstances où il n'est pas possible de calculer d'écart-type valide à partir des mesures effectuées (par exemple quand on n'effectue qu'une mesure unique du SPV d'un sujet), la variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests caractérisant les SPV observés doit être estimée pour la méthode de mesure mise en œuvre. L'estimation doit être basée sur des mesures répétées conduites sur des individus sains en utilisant la même méthode de mesure.

## 4.2 Valeur moyenne des mesures répétées

Si le SPV à une fréquence de stimulation donnée, ou fréquence équivalente,  $f_j$ , est déterminé de manière répétée à la pulpe d'un doigt selon les dispositions de l'ISO 13091-1, la valeur moyenne du SPV doit être calculée sous la forme de la moyenne des SPV observés, exprimés en dB (réf.  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>), à l'aide de la [Formule \(1\)](#):

$$T(f_j)_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T(f_j)_i \quad (1)$$

où  $T(f_j)_i$  et  $T(f_j)_M$  sont exprimés en dB (réf.  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>).

NOTE Le SPV moyen calculé à partir de la moyenne arithmétique des SPV observés exprimés en dB (réf.  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>), comme dans la [Formule \(1\)](#), est équivalent à la moyenne géométrique des SPV observés, exprimés en m/s<sup>2</sup>.

## 4.3 Variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests

Si le SPV est déterminé de façon répétée à la pulpe du même doigt d'un sujet, en plusieurs occasions (par exemple à des jours différents), la variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests propre à un individu doit être calculée pour le sujet en question. La variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests,  $V(f_j)$ , à une fréquence de stimulation donnée, ou fréquence équivalente,  $f_j$ , (calculée à l'aide de la [Formule \(2\)](#)) doit être exprimée en dB sous forme d'écart-type par rapport à la valeur moyenne des SPV, exprimé en dB, tels qu'ils ont été déterminés lors de mesures répétées. Si les SPV,  $T(f_j)_i$ , résultant de mesures répétées à une fréquence de stimulation donnée ou fréquence équivalente,  $f_j$ , sont exprimés en dB (réf.  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>), alors:

$$V(f_j) = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [T(f_j)_i - T(f_j)_M]^2 \right\}^{1/2} \quad (2)$$

où  $T(f_j)_M$  est la moyenne de  $n$  mesures répétées, exprimée en dB (réf.  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>).

Dans des circonstances où il n'est pas possible de calculer d'écart-type valide pour un sujet donné (par exemple lorsque l'on n'effectue qu'une seule mesure du SPV du sujet), la variabilité des mesures des SPV observés due à la répétition des tests doit être estimée pour la méthode de mesure utilisée. La valeur estimée doit être déduite de l'écart-type des SPV déterminés à la pulpe des doigts d'individus sains à l'aide d'une même méthode de mesure. L'écart-type doit être basé sur au moins 10 mesurages des SPV réalisés en des occasions distinctes (par exemple à 10 jours différents). Les mesures doivent être effectuées conformément aux dispositions de l'ISO 13091-1 et l'écart-type, exprimé en dB, doit être calculé à partir des SPV observés, exprimés en dB, d'après la [Formule \(2\)](#). L'écart-type entre sujets enregistrés pour au moins trois individus sains à une fréquence donnée, ou fréquence équivalente, doit être utilisée comme estimation de la variabilité propre à un individu à la fréquence considérée, ou fréquence équivalente (analyse de la variance à un facteur).

Les modifications hormonales normales au cours du cycle menstruel induisent des variations des seuils des récepteurs FAII des femmes pouvant s'élever jusqu'à 20 dB. Lors de l'estimation de la variabilité due à la répétition des tests pour les seuils FAII des femmes, c'est-à-dire pour les SPV aux fréquences de mesure de 100 Hz, 125 Hz et 160 Hz, il convient de tenir compte de cette tendance du seuil à varier cycliquement. Ces variations de seuil se produisent plusieurs jours avant et après l'ovulation.

#### 4.4 Traitement des erreurs non corrigées

Dans certaines circonstances, l'examineur peut être amené à croire qu'il s'est produit des erreurs non corrigées au cours des mesures de seuil. De même, il se peut que des erreurs soient dues au fait que les mesurages aient été conduits en un site de mesure comportant une imperfection de la peau selon la description donnée dans l'ISO 13091-1.

Dans de telles situations, il n'est possible d'analyser et d'interpréter les SPV en utilisant les méthodes et modes opératoires indiqués dans le présent document que si l'on dispose d'informations supplémentaires. Une deuxième série de mesures doit être réalisée conformément aux dispositions de l'ISO 13091-1 s'il est considéré que des SPV plus fiables peuvent être obtenues. Cette deuxième série de seuils doit être traitée en conformité avec le présent document.

NOTE Si, en un seul site de mesure, les SPV exprimés par une même population de mécanorécepteurs sont déterminés en au moins deux fréquences ou fréquences équivalentes, la cohérence des décalages de seuil calculés selon 5.6 peut être examinée pour confirmer la présence d'erreurs.

#### 4.5 Traitement d'une augmentation soupçonnée de la variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests

Dans certaines circonstances, l'examineur peut croire que la variabilité due à la répétition des tests applicable à la méthode de mesure n'est pas applicable à un sujet. Cette opinion peut reposer sur le manque de cohérence caractérisant la détermination des valeurs des seuils ascendants et descendants tels que décrits dans l'ISO 13091-1:2001, 6.3 ou sur toute autre information.

Dans ces situations, l'analyse et l'interprétation des SPV à l'aide des méthodes et des modes opératoires contenus dans le présent document ne sont possibles que si la variabilité applicable au sujet est établie. La variabilité des mesures de seuil due à la répétition des tests propre à un sujet est établie en soumettant ce dernier à des mesurages de seuil répétés conformément aux dispositions de 4.3.

### 5 Calcul du décalage de seuil

#### 5.1 Généralités

L'interprétation des SPV est facilitée par le calcul de la modification du seuil observé à partir d'une valeur prédéfinie. Le calcul du décalage de seuil doit être réalisé à chaque fréquence, ou fréquence équivalente, et à la pulpe du doigt à laquelle les SPV ont été obtenus conformément aux dispositions de l'Article 4.

#### 5.2 Décalage relatif de seuil

Le décalage relatif de seuil doit être calculé en tant que différence entre deux SPV exprimée en dB (réf.  $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ), ou en tant que rapport de deux SPV, exprimé en  $\text{m/s}^2$ , l'un étant le SPV observé et l'autre un SPV de base. Ces deux SPV doivent être obtenus à partir de la pulpe du même doigt d'un sujet en utilisant une même méthode de mesure, et la même fréquence de mesure, ou fréquence équivalente.