SPÉCIFICATION PUBLIQUEMENT DISPONIBLE

ISO 20065

Première édition
2016-07-01

Acoustique — Méthode objective d'évaluation de l'audibilité des tonalités dans le bruit — Méthode d'expertise

Acoustics — Objective method for assessing the audibility of tones in noise — Engineering method

Numéro de référence
ISO/PAS 20065:2016(F)

© ISO 2016



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **iv**

1 Domaine d'application **1**

2 Références normatives **1**

3 Termes et définition **1**

4 Mode opératoire de mesurage **5**
4.1 Généralités 5
4.2 Instruments de mesurage 5
4.3 Moyennage des spectres de base 6

5 Évaluation **6**
5.1 Informations générales 6
5.2 Largeur Δf_c de la bande critique 7
5.3 Détermination des tonalités marquées 7
5.3.1 Informations générales 7
5.3.2 Détermination du niveau moyen en bande fine L_S du bruit de masquage 7
5.3.3 Détermination du niveau de la tonalité L_T d'une tonalité dans une bande critique 8
5.3.4 Distinction d'une tonalité 9
5.3.5 Détermination du niveau de bande critique L_G du bruit de masquage 10
5.3.6 Indice de masquage 10
5.3.7 Détermination de l'audibilité ΔL *10*
5.3.8 Détermination de l'audibilité décisive ΔL_j d'un spectre en bande fine 11
5.3.9 Détermination de l'audibilité moyenne ΔL d'un nombre de spectres 12

6 Calcul de l'incertitude de l'audibilité ΔL **13**

7 Recommandations pour la présentation des résultats **16**
7.1 Mesurage 16
7.2 Environnement acoustique 16
7.3 Instruments de mesurage, d'enregistrement et d'évaluation 16
7.4 Données acoustiques 16

Annexe A (informative) **Effet de fenêtre et effet de palissade** **17**

Annexe B (informative) **Pouvoir de résolution de l'oreille humaine à des fréquences inférieures à 1 000 Hz et positions géométriques des bandes critiques — fréquences de coupure** **20**

Annexe C (informative) **Masquage, seuil de masquage, indice de masquage** **22**

Annexe D (informative) **Méthode itérative de détermination de l'audibilité ΔL** **23**

Annexe E (informative) **Exemple de détermination de l'audibilité tonale** **27**

Bibliographie **33**

© ISO 2016 – Tous droits réservés

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 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).

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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: Avant-propos — Informations supplémentaires.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 43, *Acoustique* sous-comité SC 1, *Bruit*.

© ISO 2016 – Tous droits réservés

Acoustique — Méthode objective d'évaluation de l'audibilité des tonalités dans le bruit — Méthode d'expertise

1 Domaine d'application

La présente Spécification publiquement disponible décrit une méthode de détermination objective de l'audibilité des tonalités dans le bruit environnemental.

La présente Spécification publiquement disponible est destinée à améliorer la méthode habituelle d'évaluation sur la base de l'impression auditive, en particulier en cas d'absence d'accord sur le degré d'audibilité des tonalités. La méthode décrite peut être utilisée lorsque la fréquence de la tonalité évaluée est égale ou supérieure à 50 Hz. Dans les autres cas, si la fréquence de la tonalité est inférieure à 50 Hz ou si d'autres types de bruit (par exemple un crissement) doivent être capturés, la présente méthode ne peut pas remplacer l'évaluation subjective.

La méthode présentée ici peut être utilisée sur les postes de mesurage continu qui fonctionnent automatiquement.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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 1996-1, *Acoustique — Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement — Partie 1: Grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation*.

IEC 61672-1, *Électroacoustique — Sonomètres — Partie 1: spécifications.*

3 Termes et définition

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions donnés dans l'ISO 1996-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1
tonalité
présence d'une tonalité dans un bruit, dont le niveau est inférieur à celui des autres composantes de bruit dans la *bande critique* (3.5) autour de la *fréquence de la tonalité* (3.2) de moins de la valeur de l'*indice de masquage* (3.16), a_V

3.2
fréquence de la tonalité
f_T
fréquence de la *raie spectrale* (3.23) (ou de la fréquence à mi-bande du filtre en bande fine), au niveau de laquelle la tonalité contribue le plus fortement

© ISO 2016 – Tous droits réservés

3.3
niveau de la tonalité
L_T
sommation d'énergie du *niveau en bande fine* (3.22) contenant la *fréquence de la tonalité* (3.2), f_T, et de ceux des raies latérales autour de f_T pouvant être assignées à cette tonalité

Note 1 à l'article: Si la *bande critique* (3.5) pour la fréquence f_T considérée contient un certain nombre de tonalités, alors le niveau de la tonalité L_T est la somme de l'énergie de ces tonalités. Ce niveau L_T est ensuite assigné à la fréquence de la tonalité participante qui présente la valeur maximale d'*audibilité* (3.4) ΔL.

Note 2 à l'article: Le procédé de détermination du niveau de la tonalité L_T d'une tonalité dans une bande critique est décrit en 5.3.3.

3.4
audibilité
ΔL
différence entre le *niveau de la tonalité* (3.3), L_T et le *seuil de masquage* (3.15), L'_T

Note 1 à l'article: Le procédé de détermination de l'*audibilité décisive* (3.24), ΔL_j d'un *spectre à bande fine* (3.12) est décrit en 5.3.8.

3.5
bande critique
bande de fréquence d'une *largeur de bande* (3.17) Δf_c dans laquelle le système auditif intègre l'intensité acoustique dans la formation de la sonie et dans laquelle il intègre l'intensité acoustique dans la formation du *seuil de masquage* (3.15)

Note 1 à l'article: Cette caractéristique d'une bande critique (voir également les Références [3] et [4]) ne vaut que pour une gamme de niveau sonore limitée. Cette dépendance est ici négligée.

3.6
niveau moyen de la bande critique en bande fine
L_S
valeur énergétique moyenne de tous les *niveaux à bande fine* (3.22) dans une *bande critique* (3.5) qui (en règle générale) ne dépasse pas cette valeur moyenne de plus de 6 dB

Note 1 à l'article: Le procédé de détermination du niveau moyen à bande fine L_S du bruit de masquage est décrit en 5.3.2 et à l'Annexe D (méthode itérative).

3.7
niveau de bande critique
L_G
niveau de bruit qui est assigné à la *bande critique* (3.5) qui décrit la caractéristique de masquage du bruit pour une ou plusieurs tonalités du bruit dans cette bande critique

Note 1 à l'article: Voir *niveau à bande fine* (3.22) et Annexe C pour le masquage.

Note 2 à l'article: Pour la formule de définition de L_G, voir la Formule (12).

3.8
fréquence d'échantillonnage
f_S
nombre d'échantillons pris par seconde

Note 1 à l'article: Les données analogiques fournies en continu sont converties en échantillons par échantillonnage à des intervalles de temps discrets pour le traitement numérique.

© ISO 2016 – Tous droits réservés

Note 2 à l'article: Pour garantir la reproductibilité d'un signal numérisé, le théorème de Shannon exige que la fréquence d'échantillonnage f_S soit au moins 2 fois supérieure à la fréquence la plus élevée des composantes de signaux utilisés pour l'évaluation du signal temporel [$f_S \geq 2\ f_N$, voir également *repliement* (3.9), *filtre anti-repliement* (3.10) et *fréquence utile* (3.20)]. L'algorithme d'analyse de transformée de Fourier rapide (la variante d'une transformation de Fourier discrète généralement utilisée pour le calcul optimisé) ne permet que des *longueurs de bloc* (3.11), N qui correspondent à une puissance de deux. Les analyseurs FFT exigent donc une fréquence d'échantillonnage qui est au moins égale à 2,56 fois la fréquence maximale à analyser.

3.9
repliement
réflexion dans le *spectre de raies* (3.12) des composantes de fréquence de la gamme supérieure à la *fréquence d'échantillonnage* (3.8) divisée par deux ($f_S/2$) vers la gamme inférieure à $f_S/2$

Note 1 à l'article: Les *filtres anti-repliement* (3.10) sont utilisés pour éviter les erreurs dues à ces réflexions.

Note 2 à l'article: La moitié de la fréquence d'échantillonnage ($f_S/2$) est également connue comme la fréquence de Nyquist.

3.10
filtre anti-repliement
filtre passe-bas
filtre idéal qui permet aux fréquences inférieures à la moitié de la *fréquence d'échantillonnage* (3.8) de traverser complètement (sans influencer le signal), mais bloque complètement toutes les fréquences plus élevées

Note 1 à l'article: Pour éviter le *repliement* (3.9), le bruit étudié doit être filtré en utilisant un filtre anti-repliement avant la conversion analogique-numérique.

Note 2 à l'article: Les filtres anti-repliement réels ont un amortissement final (généralement 120 dB/octave) dans la plage de blocage, c'est à dire que les composantes du signal dans cette gamme de transition sont réfléchies (amorties). Par exemple, dans la transformation de 2 048 (2 k) points de données, 1 024 lignes de fréquence sont calculées et 800 lignes sont affichées. Une composante de la ligne numéro 1 248 est repliée dans le numéro de ligne 800. Avec un filtre passe-bas de 120 dB/octave, l'amortissement de ces composantes est d'environ 75 dB.

Note 3 à l'article: Les analyseurs FFT commerciaux habituels possèdent un filtre anti-repliement dont la fréquence limite peut être commutée automatiquement avec la fréquence d'échantillonnage sélectionnable. La réflexion des *niveaux à bande fine* simulés (3.22) est supprimée.

3.11
longueur de bloc
N
bloc de valeurs d'échantillonnage qui sous une forme discrète, représente un intervalle de temps limité du signal temporel à analyser

Note 1 à l'article: Contrairement à l'analyse de fréquence avec les filtres analogiques et numériques, le bruit avec la transformée de Fourier rapide est traité dans des blocs de données. En général, ces blocs englobent seulement une partie de l'enregistrement sonore. La longueur du bloc N indique le nombre de points de données traités en même temps. En raison de la nature de la transformée de Fourier, la valeur de N a une valeur entière de puissance de 2. La valeur est par exemple de $N = 2^{10} = 1\ 024$ points de données.

3.12
spectre de raies
spectre en bande fine
spectre de fréquence
tracé du niveau de pression sonore (*niveau en bande fine*) (3.22) en fonction de la fréquence dans des bandes de fréquences de *largeur de bande* constante (3.17) (*espacement des raies*, Δf) (3.13)

Note 1 à l'article: Une pondération A du niveau est supposée dans la présente Spécification publiquement disponible.

Note 2 à l'article: L'analyse de fréquence délivre un spectre de raies, dans lequel chaque raie représente la sortie d'un filtre dont la fréquence moyenne correspond à la fréquence de la *raie spectrale* (3.23).

© ISO 2016 – Tous droits réservés

3.13
espacement des raies
résolution en fréquence
distance entre des *raies spectrales* voisines (3.23), où l'espacement des raies dans la FFT est donné par

$$\Delta f = f_S / N$$

où

f_S est la *fréquence d'échantillonnage* (3.8);

N est la *longueur de bloc* (3.11)

Note 1 à l'article: Dans la présente Spécification publiquement disponible, l'espacement des raies est dans l'intervalle 1,9 Hz ≤ Δf ≤ 4,0 Hz.

3.14
fenêtre temporelle
ensemble de données temporelles du segment de signal (*longueur de bloc*) (3.11) qui est multiplié par une fonction de pondération (fenêtrage)

Note 1 à l'article: Conformément à la définition de l'intégrale de Fourier, un prérequis de l'analyse FFT est que l'ensemble des données temporelles est périodique. Si ce n'est pas le cas (comme avec les signaux stochastiques), alors les effets de coupure sur les bords de la fenêtre temporelle entraînent une distorsion du spectre. Ces distorsions sont évitées grâce à des fonctions de pondération telles que la fonction de Hanning.

Note 2 à l'article: Pour plus d'informations sur la fonction de fenêtrage et la fonction de pondération, voir par exemple la Référence [5] et l'Annexe A.

3.15
seuil de masquage
L'_T
seuil d'*audibilité* (3.4) pour un son spécifique en présence d'un son de masquage (masqueur)

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe C pour plus d'informations sur le seuil d'audibilité et le bruit de masquage.

3.16
indice de masquage
a_V
différence entre le *seuil de masquage* (3.15), L'_T, et le *niveau de bande critique* (3.7) L_G du bruit de masquage

Note 1 à l'article: Pour un indice de masquage dépendant de la fréquence a_V, masquage et bruit de masquage, voir l'Annexe C.

3.17
largeur de bande
largeur de bande de fréquences
gamme de fréquences d'un certain nombre de *raies spectrales* voisines (3.23)

Note 1 à l'article: Si la largeur d'une bande de fréquence est calculée pour que son début ou sa fin ne corresponde pas à la limite entre deux raies spectrales, alors seules les raies spectrales qui se trouvent dans toute leur largeur dans la plage de fréquences calculée sont affectées à la bande de fréquences.

3.18
distinction
clarté
rapport de la netteté d'une tonalité sur la base d'un bruit passe-bande sur la netteté d'un signal sinusoïdal de même *fréquence de tonalité* (3.2) f_T et de même *niveau de tonalité* (3.3) L_T

© ISO 2016 – Tous droits réservés

3.19
pente de signal
rapport de la différence de niveau entre le *niveau à bande fine* maximal (3.22) d'une tonalité L_{Tmax} et les niveaux à bande fine de la première ligne au-dessous/au-dessus de la tonalité à la différence de fréquence correspondante

3.20
fréquence utile
f_N
fréquence de limite supérieure des composantes de signal utilisées pour l'évaluation

3.21
gamme d'investigation
gamme dans laquelle les tonalités sont étudiées dans le *spectre de raies* (3.12)

3.22
niveau à bande fine
niveau moyenné dans une *raie spectrale* (3.23)

3.23
raie spectrale
bande de fréquences de *largeur de bande* (3.17) Δf (*espacement des raies*) (3.13) dans un *spectre de raies* (3.12)

3.24
audibilité décisive
ΔL_j
audibilité maximale (3.4) ΔL dans le spectre individuel j

4 Mode opératoire de mesurage

4.1 Généralités

Le mode opératoire de mesurage dépend des objectifs. Les exigences relatives à la mesure et à la procédure d'évaluation en termes de choix du point de mesure, du moment et de la durée de la mesure, du bruit perturbateur, etc., doivent être satisfaites.

La variable pour la détermination de l'audibilité des tonalités prédominantes est la pression acoustique $p(t)$. Pour l'analyse de la fréquence, le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A L_{Aeq}, tel que donné dans l'ISO 1996-1, doit être déterminé pour les raies spectrales respectives. Si le spectre est non pondéré (linéaire), alors il doit être corrigé avec la pondération A conformément à l'IEC 61672-1.

4.2 Instruments de mesurage

Des sonomètres qui satisfont aux ou qui dépassent les exigences de la Classe 1 de l'IEC 61672-1 doivent être utilisés. Ceux-ci présentent une pondération en fréquence «A»/«LIN» ou «A»/«Z» avec une fréquence limite inférieure égale ou inférieure à 20 Hz.

D'autres instruments tels que des enregistreurs (bande magnétique ou numérique) peuvent également être utilisés. Les valeurs mesurées dérivées par les instruments d'enregistrement doivent se trouver dans la plage de tolérance donnée dans l'IEC 61672-1.

L'analyse des composantes de fréquence dans les signaux de mesurage est effectuée au moyen d'un analyseur de fréquence. L'espacement constant des raies Δf doit se trouver dans la plage comprise entre 1,9 Hz et 4 Hz (compris). L'utilisation de la fenêtre de Hanning est obligatoire dans la présente Spécification publiquement disponible. Pour le traitement ultérieur, il faut s'assurer que la numérisation du signal de pression acoustique sur toute la plage dynamique utilisée a une résolution d'au moins 0,1 dB.

© ISO 2016 – Tous droits réservés