
norme française

NF EN ISO 10140-4

13 Mars 2013

Indice de classement : **S 31-049-4**

ICS : 17.140.01 ; 91.120.20

**Acoustique — Mesurage en laboratoire
de l'isolation acoustique des éléments
de construction — Partie 4 : Exigences
et modes opératoires de mesure**

E : Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements — Part 4: Measurement procedures and requirements

D : Akustik — Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand — Teil 4: Messverfahren und Anforderungen

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Avec les parties 1 à 3 et 5 de la norme homologuée NF EN ISO 10140 de mars 2013, remplace la norme expérimentale XP S 31-079, d'avril 2000, les normes homologuées NF EN ISO 140-1, de décembre 1997 et son amendement A1, de juillet 2005, NF EN ISO 140-3, d'août 1995, et son amendement A1, de juillet 2005, NF EN ISO 140-6, de décembre 1998, NF EN ISO 140-8, de décembre 1997, NF EN ISO 140-11, de décembre 2005 et NF EN 20140-10, d'avril 1993.

Correspondance

La Norme européenne EN ISO 10140-4:2010 a le statut d'une norme française et reproduit intégralement la Norme internationale ISO 10140-4:2010.

Résumé

L'ISO 10140 (toutes les parties) concerne le mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction. Elle a été élaborée pour améliorer la présentation des mesurages en laboratoire, assurer la cohérence et simplifier les modifications et ajouts ultérieurs. La présente Partie 4 spécifie les techniques et procédures fondamentales de mesurage dans des installations d'essai en laboratoire de l'isolation au bruit aérien conformément à la Partie 2 (NF EN ISO 10140-2) et de l'isolation au bruit de choc conformément à la Partie 3 (NF EN ISO 10140-3) ou les qualifications d'installation conformément à la Partie 5 (NF EN ISO 10140-5).

Précision relative à la liste des documents remplacés : la norme européenne EN ISO 140-16 de 2006 n'a pas été publiée comme norme française.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : acoustique, isolation acoustique, bâtiment, élément de construction, essai acoustique, essai de laboratoire, mesurage acoustique, bruit aérien, pression acoustique, diminution du bruit, exigence, mode opératoire, réverbération acoustique.

Modifications

Par rapport aux documents remplacés, révision et remaniement de la série.

Corrections

La norme

La norme est destinée à servir de base dans les relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux.

La norme par nature est d'application volontaire. Référencée dans un contrat, elle s'impose aux parties. Une réglementation peut rendre d'application obligatoire tout ou partie d'une norme.

La norme est un document élaboré par consensus au sein d'un organisme de normalisation par sollicitation des représentants de toutes les parties intéressées. Son adoption est précédée d'une enquête publique.

La norme fait l'objet d'un examen régulier pour évaluer sa pertinence dans le temps.

Toute norme est réputée en vigueur à partir de la date présente sur la première page.

Pour comprendre les normes

L'attention du lecteur est attirée sur les points suivants :

Seules les formes verbales **doit et doivent** sont utilisées pour exprimer une ou des exigences qui doivent être respectées pour se conformer au présent document. Ces exigences peuvent se trouver dans le corps de la norme ou en annexe qualifiée de «normative». Pour les méthodes d'essai, l'utilisation de l'infinitif correspond à une exigence.

Les expressions telles que, **il convient et il est recommandé** sont utilisées pour exprimer une possibilité préférée mais non exigée pour se conformer au présent document. Les formes verbales **peut et peuvent** sont utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires, ou une autorisation.

En outre, le présent document peut fournir des renseignements supplémentaires destinés à faciliter la compréhension ou l'utilisation de certains éléments ou à en clarifier l'application, sans énoncer d'exigence à respecter. Ces éléments sont présentés sous forme de **notes ou d'annexes informatives**.

Commission de normalisation

Une commission de normalisation réunit, dans un domaine d'activité donné, les expertises nécessaires à l'élaboration des normes françaises et des positions françaises sur les projets de norme européenne ou internationale. Elle peut également préparer des normes expérimentales et des fascicules de documentation.

Si vous souhaitez commenter ce texte, faire des propositions d'évolution ou participer à sa révision, adressez-vous à <norminfo@afnor.org>.

La composition de la commission de normalisation qui a élaboré le présent document est donnée ci-après. Lorsqu'un expert représente un organisme différent de son organisme d'appartenance, cette information apparaît sous la forme : organisme d'appartenance (organisme représenté).

Acoustique dans les bâtiments

AFNOR S30F

Membres de la commission de normalisation

Président : M REHFELD

Secrétariat : MME CAILLAT-MAGNABOSCO — AFNOR

M	ASSELINEAU	PEUTZ ET ASSOCIES
M	BARTHOUS	CERIB
M	BELBENOIT	PLANCHERS COMEY (SNI — SYNDICAT NATIONAL DE L'ISOLATION)
M	BERGER	AFNOR EXPERTS (FILMM)
M	CASOLI	TARKETT FRANCE (SFEC)
M	CHÂTELAIN	SYPLAST (SNEP)
M	CHÉNÉ	CSTB
M	CIUKAJ	CTMNC (FFTB)
M	CLERC	KNAUF SAS
M	DAUTIN	SOCOTEC SA
MME	DE CHAURAND	ROCKWOOL FRANCE SAS (FILMM)
M	DEMANET	SINIAT
M	DUTILLEUX	CETE DE L'EST — LABO REGIONAL (DGALN — DG AMENAGEMENT LOGEMENT NATURE)
M	FOY	CETE DE L'EST — LABO REGIONAL (DGALN — DG AMENAGEMENT LOGEMENT NATURE)
M	GAMBA	GAMBA ACOUSTIQUE ET ASSOCIES
M	GUERING	SAINT GOBAIN RECHERCHE
MME	GUIGOU-CARTER	CSTB
M	LECOCQ	CIAL — CABINET INGENIERIE ACOUSTIQUE LECOCQ (GIAC — GPT INGENIERIE ACOUSTIQUE)
M	LOI	CONSEIL NATIONAL PROTECTION CIVILE / ENVIRONNEMENT
M	LOPPIN	SNFA
M	LOUWERS	IMPEDANCE SAS (GIAC — GPT INGENIERIE ACOUSTIQUE)
MME	MAILLET	GINGER CEBTP
M	MATZ	SILENT WAY (SNI — SYNDICAT NATIONAL DE L'ISOLATION)
M	MAURIN	SAINT GOBAIN EUROCOUSTIC (SNI — SYNDICAT NATIONAL DE L'ISOLATION)
M	MEISSER	SNI — SYNDICAT NATIONAL DE L'ISOLATION
M	OZOUF	PLACOPLATRE
M	PINÇON	BNTEC
M	POUX	SNI — SYNDICAT NATIONAL DE L'ISOLATION
M	REHFELD	SAINT GOBAIN GLASS FRANCE — CRDC
MME	SCHMICH	CSTB
MME	SOULIER	DGALN — DG AMENAGEMENT LOGEMENT NATURE
MME	VILLENAVE	FCBA
M	VILLOT	CSTB
M	WAGNER	BNIB

**NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD**

EN ISO 10140-4

Septembre 2010

ICS : 91.120.20

Remplace EN 20140-10:1992, EN ISO 140-1:1997,
EN ISO 140-11:2005, EN ISO 140-16:2006, EN ISO 140-3:1995,
EN ISO 140-6:1998, EN ISO 140-8:1997

Version française

**Acoustique — Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique
des éléments de construction —
Partie 4: Exigences et modes opératoires de mesurage
(ISO 10140-4:2010)**

Akustik — Messung der Schalldämmung
von Bauteilen im Prüfstand —
Teil 4: Messverfahren und Anforderungen
(ISO 10140-3:2010)

Acoustics — Laboratory measurement
of sound insulation of building elements —
Part 4: Measurement procedures and requirements
(ISO 10140-3:2010)

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 14 août 2010.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Ancienne République yougoslave de Macédoine, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Centre de Gestion : 17 Avenue Marnix, B-1000 Bruxelles

EN ISO 10140-4:2010 (F)**Avant-propos**

Le présent document (EN ISO 10140-4:2010) a été élaboré par le Comité Technique ISO/TC 43 «Acoustique» en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 126 «Propriétés acoustiques des éléments de construction et des bâtiments», dont le secrétariat est tenu par AFNOR.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en mars 2011, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en mars 2011.

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. Le CEN et/ou le CENELEC ne saurait [sauraient] être tenu[s] pour responsable[s] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Le présent document remplace les EN ISO 140-1:1997, EN ISO 140-8:1997, EN ISO 140-11:2005, EN 20140-10:1992, EN ISO 140-3:1995, EN ISO 140-6:1998, EN ISO 140-16:2006.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Croatie, Chypre, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

Notice d'entérinement

Le texte de l'ISO 10140-4:2010 a été approuvé par le CEN comme EN ISO 10140-4:2010 sans aucune modification.

Sommaire	Page
Avant-propos	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Modes opératoires de mesurage et exigences	2
5 Mesurages de l'isolation acoustique.....	8
Annexe A (informative) Modes opératoires supplémentaires pour les mesurages à basses fréquences	11
Bibliographie.....	13

ISO 10140-4:2010(F)

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 10140-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 2, *Acoustique des bâtiments*.

Cette première édition de l'ISO 10140-4, associée à l'ISO 10140-1, l'ISO 10140-2, l'ISO 10140-3 et l'ISO 10140-5, annule et remplace l'ISO 140-1:1997, l'ISO 140-3:1995, l'ISO 140-6:1998, l'ISO 140-8:1997, l'ISO 140-10:1991, l'ISO 140-11:2005 et l'ISO 140-16:2006, qui ont fait l'objet d'une révision technique.

Elle incorpore également les Amendements ISO 140-1:1997/Amd.1:2004 et ISO 140-3:1995/Amd.1:2004.

L'ISO 10140 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Acoustique — Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction*:

- *Partie 1: Règles d'application pour produits particuliers*
- *Partie 2: Mesurage de l'isolation au bruit aérien*
- *Partie 3: Mesurage de l'isolation au bruit de choc*
- *Partie 4: Exigences et modes opératoires de mesurage*
- *Partie 5: Exigences relatives aux installations et appareillages d'essai*

Introduction

L'ISO 10140 (toutes les parties) concerne le mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction (voir Tableau 1).

L'ISO 10140-1 spécifie les règles d'application pour des éléments et produits particuliers, y compris les exigences spécifiques relatives à la préparation, au montage, au fonctionnement et aux conditions d'essai. L'ISO 10140-2 et l'ISO 10140-3 contiennent respectivement les modes opératoires généraux de mesurage de l'isolation aux bruits aériens et aux bruits de choc, et font référence à la présente partie de l'ISO 10140 et à l'ISO 10140-5 le cas échéant. Pour les éléments et produits sans règle d'application spécifique décrite dans l'ISO 10140-1, il est possible d'appliquer l'ISO 10140-2 et l'ISO 10140-3. La présente partie de l'ISO 10140 comprend les techniques et processus fondamentaux de mesurage. L'ISO 10140-5 concerne les exigences relatives aux installations et appareillages d'essai. Pour la structure de l'ISO 10140 (toutes les parties), voir le Tableau 1.

L'ISO 10140 (toutes les parties) a été élaborée pour améliorer la présentation des mesurages en laboratoire, assurer la cohérence et simplifier les modifications et ajouts ultérieurs concernant les conditions de montage des éléments d'essai pour les mesurages en laboratoire et in situ. L'ISO 10140 (toutes les parties) a pour objet d'offrir un format convenablement rédigé et organisé pour les mesurages en laboratoire.

Il est prévu de mettre à jour l'ISO 10140-1 avec les règles d'application relatives à d'autres produits. Il est également prévu d'incorporer l'ISO 140-18 dans l'ISO 10140 (toutes les parties).

ISO 10140-4:2010(F)

Tableau 1 — Structure et contenu de l'ISO 10140 (toutes les parties)

Partie pertinente de l'ISO 10140	Objectif principal, contenu et utilisation	Contenu détaillé
ISO 10140-1	Elle indique le mode opératoire d'essai approprié pour les éléments et les produits. Pour certains types d'élément/produit, elle peut comporter des instructions supplémentaires et plus spécifiques relatives aux grandeurs et à la dimension de l'élément d'essai et relatives à la préparation, au montage et aux conditions de fonctionnement. Lorsqu'aucun détail spécifique n'est inclus, les lignes directrices générales sont conformes à l'ISO 10140-2 et à l'ISO 10140-3.	Références appropriées à l'ISO 10140-2 et à l'ISO 10140-3 et instructions spécifiques supplémentaires pour les produits relatives: <ul style="list-style-type: none"> — aux grandeurs spécifiques mesurées; — à la dimension de l'élément d'essai; — aux conditions limites et de montage; — au conditionnement, aux essais et aux conditions de fonctionnement; — aux précisions supplémentaires pour le rapport d'essai.
ISO 10140-2	Elle donne un mode opératoire complet relatif aux mesurages de l'isolation au bruit aérien conformément à l'ISO 10140-4 et à l'ISO 10140-5. Pour les produits sans règle d'application spécifique, elle est suffisamment complète et générale pour permettre l'exécution des mesurages. Toutefois, pour les produits avec des règles d'application spécifiques, les mesurages sont effectués conformément à l'ISO 10140-1, si elle est disponible.	<ul style="list-style-type: none"> — Définitions des principales grandeurs mesurées — Montage général et conditions limites — Mode opératoire général de mesurage — Traitement des données — Rapport d'essai (points généraux)
ISO 10140-3	Elle donne un mode opératoire complet relatif aux mesurages de l'isolation au bruit de choc conformément à l'ISO 10140-4 et à l'ISO 10140-5. Pour les produits sans règle d'application spécifique, elle est suffisamment complète et générale pour permettre l'exécution des mesurages. Toutefois, pour les produits avec des règles d'application spécifiques, les mesurages sont effectués conformément à l'ISO 10140-1, si elle est disponible.	<ul style="list-style-type: none"> — Définitions des principales grandeurs mesurées — Montage général et conditions limites — Mode opératoire général de mesurage — Traitement des données — Rapport d'essai (points généraux)
ISO 10140-4	Elle donne toutes les techniques et procédures fondamentales de mesurage conformément à l'ISO 10140-2 et à l'ISO 10140-3 ou les qualifications d'installation conformément à l'ISO 10140-5. La majorité du contenu est mise en œuvre par logiciel.	<ul style="list-style-type: none"> — Définitions — Gamme de fréquences — Positions du microphone — Mesurages du SPL (niveau de pression acoustique) — Moyennage, espace et temps — Correction du bruit de fond — Mesurage des durées de réverbération — Mesurage du facteur de perte — Mesurages en basse fréquence — Puissance acoustique rayonnée par mesurage de la vitesse

Tableau 1 (suite)

Partie pertinente de l'ISO 10140	Objectif principal, contenu et utilisation	Contenu détaillé
ISO 10140-5	Elle spécifie toutes les informations nécessaires pour concevoir, construire et qualifier l'installation du laboratoire, ses accessoires supplémentaires et équipements de mesure (matériel).	<p>Installations d'essai, critères de conception:</p> <ul style="list-style-type: none"> — volumes, dimensions; — transmission latérale; — facteur de perte en laboratoire; — indice maximal d'affaiblissement acoustique réalisable; — durée de réverbération; — influence du manque de diffusivité en laboratoire. <p>Ouvertures d'essai:</p> <ul style="list-style-type: none"> — ouvertures normalisées pour les murs et planchers; — autres ouvertures (fenêtres, portes, petits éléments techniques); — murs de complément en général. <p>Exigences relatives aux équipements:</p> <ul style="list-style-type: none"> — haut-parleurs, nombre, positions; — machine à chocs et autres sources de choc; — équipements de mesure. <p>Constructions de référence:</p> <ul style="list-style-type: none"> — éléments de base pour l'amélioration de l'isolation au bruit aérien et au bruit de choc; — courbes de performance de référence correspondantes.

Acoustique — Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction —

Partie 4: Exigences et modes opératoires de mesure

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10140 spécifie les modes opératoires de base de mesurage de l'isolation au bruit aérien et au bruit de choc dans des installations d'essai en laboratoire.

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 3382-2, *Acoustique — Mesurage des paramètres acoustiques des salles — Partie 2: Durée de réverbération des salles ordinaires*

ISO 10140-1:2010, *Acoustique — Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction — Partie 1: Règles d'application pour produits particuliers*

ISO 10140-2, *Acoustique — Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction — Partie 2: Mesurage de l'isolation au bruit aérien*

ISO 10140-3, *Acoustique — Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction — Partie 3: Mesurage de l'isolation au bruit de choc*

ISO 10140-5:2010, *Acoustique — Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction — Partie 5: Exigences relatives aux installations et appareillages d'essai*

ISO 10848-1:2006, *Acoustique — Mesurage en laboratoire des transmissions latérales du bruit aérien et des bruits de choc entre pièces adjacentes — Partie 1: Document cadre*

ISO 18233, *Acoustique — Application de nouvelles méthodes de mesurage dans l'acoustique des bâtiments et des salles*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

ISO 10140-4:2010(F)

3.1

niveau moyen de pression acoustique dans une salle

L

dix fois le logarithme décimal du rapport de la moyenne spatio-temporelle du carré de la pression acoustique au carré de la pression acoustique de référence, la moyenne spatiale étant prise dans l'ensemble de la salle, à l'exception des zones où le rayonnement direct de la source sonore ou le champ proche des limites (parois, etc.) a une influence notable

NOTE L est exprimé en décibels.

3.2

durée de réverbération

T

durée nécessaire pour que le niveau de pression acoustique dans une salle décroisse de 60 dB après l'arrêt de la source de bruit

NOTE 1 La durée de réverbération est exprimée en secondes.

NOTE 2 La gamme évaluée est définie par les durées auxquelles la courbe de décroissance atteint d'abord 5 dB et 25 dB, respectivement, au-dessous du niveau initial.

3.3

durée de réverbération structurale

T_s

durée nécessaire pour le niveau d'accélération dans une structure décroisse de 60 dB après l'arrêt de la source soléidienne

NOTE 1 La durée de réverbération structurale est exprimée en secondes.

NOTE 2 T_s est calculée par extrapolation linéaire de gammes d'évaluation beaucoup plus courtes que 60 dB, de préférence 15 dB ou 20 dB.

3.4

niveau de bruit de fond

niveau de pression acoustique mesuré dans la salle de réception provenant de toutes les sources autres que le haut-parleur ou la machine à chocs dans la salle d'émission

3.5

microphone en déplacement continu

microphone qui, par rapport à un point fixe,

- a) se déplace à vitesse approximativement constante dans un cercle, ou
- b) effectue un va-et-vient le long d'un arc de cercle aussi grand que possible, mais pas inférieur à 270°, sur une période fixe.

4 Modes opératoires de mesurage et exigences

4.1 Gamme de fréquences

Toutes les grandeurs doivent être mesurées au moyen de filtres de bandes de tiers d'octave ayant au moins les fréquences centrales suivantes, en hertz:

100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000.

Si des informations supplémentaires dans la gamme de basses fréquences sont exigées, utiliser des filtres de bandes de tiers d'octave avec les fréquences centrales suivantes, en hertz:

50, 63, 80.

Pour les mesurages supplémentaires à basses fréquences, des lignes directrices sont données dans l'Annexe A.

4.2 Mesurage des niveaux de pression acoustique

4.2.1 Généralités

Obtenir le niveau moyen de pression acoustique d'énergie en utilisant un seul microphone déplacé de position en position, un ensemble de microphones fixes ou un microphone en déplacement continu.

4.2.2 Distances de séparation minimales pour les positions de microphone

Les distances de séparation suivantes sont des valeurs minimales; elles doivent être plus grandes lorsque cela est possible:

- a) 0,7 m entre les positions de microphone fixe;
- b) 0,7 m entre une position quelconque de microphone et les limites de la salle;
- c) 0,7 m entre une position quelconque de microphone et tout diffuseur;
- d) 1,0 m entre une position quelconque de microphone et l'élément d'essai;
- e) 1,0 m entre une position quelconque de microphone et la source sonore.

4.2.3 Durée de moyennage

4.2.3.1 Positions de microphone fixe

Pour chaque position individuelle de microphone, la durée de moyennage doit être au minimum de 6 s pour chacune des bandes de fréquence dont les fréquences centrales sont comprises dans la gamme de fréquences de 100 Hz à 400 Hz. Pour les bandes de fréquences plus élevées, il est admis de diminuer le temps jusqu'à une valeur non inférieure à 4 s.

4.2.3.2 Microphone en déplacement continu

La durée de moyennage doit couvrir un nombre entier de déplacements et ne doit pas être inférieure à 30 s. Lorsqu'on utilise un haut-parleur mobile, la période de mesurage doit être égale à la durée de déplacement du haut-parleur qui doit être d'au moins 30 s.

4.2.4 Niveau moyen de pression acoustique d'énergie

4.2.4.1 Positions de microphone fixe

Le niveau moyen de pression acoustique d'énergie est déterminé en utilisant l'Équation (1).

$$L = 10 \lg \frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{np_0^2} \quad (1)$$

où p_1, p_2, \dots, p_n sont les pressions acoustiques quadratiques moyennes (efficaces) pour n différentes positions dans la salle.

ISO 10140-4:2010(F)

En pratique, ce sont généralement les niveaux de pression acoustique qui sont mesurés et le niveau moyen d'énergie, L , doit être déterminé en utilisant l'Équation (2).

$$L = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_j/10} \quad (2)$$

où L_1, L_2, \dots, L_n sont les niveaux de pression acoustique pour n différentes positions dans la salle.

4.2.4.2 Microphone en déplacement continu

Le niveau moyen de pression acoustique d'énergie est déterminé en utilisant l'Équation (3).

$$L = 10 \lg \frac{\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} p^2(t) dt}{p_0^2} \quad (3)$$

où

p est la pression acoustique, en pascals;

p_0 est la pression acoustique de référence égale à 20 μPa ;

T_m est le temps d'intégration, en secondes.

4.3 Correction pour le niveau de bruit de fond

Les niveaux du bruit de fond doivent être mesurés pour s'assurer que les observations faites dans la salle de réception ne sont pas influencées par le bruit de fond. Les bruits perturbateurs comme ceux provenant de l'extérieur de la salle d'essai, le bruit électrique du système récepteur ou les interférences électriques entre les systèmes d'émission et de réception contribuent tous au niveau de bruit de fond. Le niveau de bruit de fond doit être au minimum inférieur de 6 dB (et, de préférence, de plus de 15 dB) au niveau du signal et du bruit de fond combinés à chaque bande de fréquences.

Si la différence de niveau est inférieure à 15 dB mais supérieure à 6 dB, calculer les corrections pour le niveau de signal conformément à l'Équation (4).

$$L = 10 \lg(10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10}) \quad (4)$$

où

L est le niveau du signal corrigé, en décibels;

L_{sb} est le niveau du signal et du bruit de fond combinés, en décibels;

L_b est le niveau du bruit de fond, en décibels.

Si la différence de niveau est inférieure ou égale à 6 dB pour n'importe laquelle des bandes de fréquences considérées, utiliser la correction de 1,3 dB. Dans ce cas, pour chaque bande de fréquences, il doit être clairement indiqué dans le rapport qu'une correction de 1,3 dB a été effectuée et que ces valeurs constituent la limite du mesurage.

Pour vérifier le bruit électrique dans le système récepteur ou les interférences électriques entre les systèmes d'émission et de réception, remplacer le microphone par un microphone factice ou remplacer le haut-parleur par une impédance équivalente.

4.4 Mesurage de l'isolation au bruit aérien

4.4.1 Généralités

Le bruit doit être généré dans la salle d'émission à l'aide de haut-parleurs dans au moins deux positions ou d'un seul haut-parleur déplacé sur au moins deux positions ou d'un haut-parleur mobile. Le mode opératoire de qualification pour les haut-parleurs et les positions de haut-parleur est donné dans l'ISO 10140-5:2010, Annexe D. Le niveau de pression acoustique doit être mesuré à l'aide de microphones dans des positions fixes ou d'un microphone mobile.

4.4.2 Mesurages avec les positions de microphone fixe

- a) Si l'on utilise plusieurs haut-parleurs en même temps ou un haut-parleur mobile, au moins cinq positions de microphone doivent être utilisées dans chaque salle. Elles doivent être réparties dans l'espace maximal autorisé dans chaque salle. Deux positions de microphones ne doivent pas se situer dans le même plan par rapport aux limites de la salle.
- b) Si l'on utilise un seul haut-parleur, au moins cinq positions de microphone doivent être utilisées dans chaque salle pour chaque position de haut-parleur (les ensembles supplémentaires de positions de microphone peuvent être différents du premier ensemble de positions). Chaque ensemble de positions de microphone doit être réparti dans l'espace maximal autorisé dans chaque salle. Deux positions de microphones ne doivent pas se situer dans le même plan par rapport aux limites de la salle et les positions ne doivent pas être réparties de manière uniforme.

4.4.3 Mesurages avec un microphone en déplacement continu

- a) Si l'on utilise plusieurs haut-parleurs en même temps ou un haut-parleur mobile, au moins un mesurage avec un microphone en déplacement continu doit être utilisé. Le rayon de balayage doit être égal à 1 m au moins. Le plan de rotation doit être incliné afin de couvrir une proportion importante de l'espace autorisé de la salle et ne doit pas se situer dans un plan faisant un angle de moins de 10° par rapport à une surface de la salle (mur, plancher ou plafond). La durée d'une période de déplacement ne doit pas être inférieure à 15 s.
- b) Si l'on utilise un haut-parleur unique, au moins un mesurage avec un microphone en déplacement continu doit être utilisé pour chaque position de haut-parleur. Le rayon de balayage doit être égal à 1 m au moins. Le plan de rotation doit être incliné afin de couvrir une proportion importante de l'espace autorisé de la salle et ne doit pas se situer dans un plan faisant un angle de moins de 10° par rapport à une surface de la salle (mur, plancher ou plafond). La durée d'une période de déplacement ne doit pas être inférieure à 15 s.

L'emplacement du point fixe autour duquel le microphone en déplacement continu se déplace peut être modifié pour chaque position de haut-parleur. Le même nombre de mesurages doit être effectué à chaque emplacement.

4.5 Mesurage de l'isolation au bruit de choc

4.5.1 Généralités

Le bruit doit être généré avec la machine à chocs normalisée. Les exigences relatives à la machine à chocs sont spécifiées dans l'ISO 10140-5:2010, Annexe E. Pas moins de quatre positions de la machine à chocs doivent être utilisées pour n'importe quel mesurage.

4.5.2 Mesurages avec les positions de microphone fixe

Le nombre de positions de microphone doit être égal au nombre de positions de la machine à chocs ou aux multiples du nombre entier des positions de la machine à chocs.

ISO 10140-4:2010(F)

Le même nombre de positions de microphone doit être utilisé pour chaque position de la machine à chocs.

Si quatre ou cinq positions de la machine à chocs sont utilisées, au moins deux mesurages du niveau de pression du bruit de choc doivent être effectués pour chaque position de la machine à chocs. Des mesurages doivent être effectués à au moins deux positions de microphone pour chaque position de la machine à chocs.

Si six positions de la machine à chocs ou plus sont utilisées, au moins un mesurage du niveau de pression du bruit de choc doit être effectué pour chaque position de la machine à chocs. Des mesurages doivent être effectués à une position de microphone différente pour chaque position de la machine à chocs.

4.5.3 Microphone en déplacement continu

Le même nombre de mesurages doit être effectué pour chaque position de la machine à chocs et au moins un mesurage doit être effectué pour chaque position de la machine à chocs. Le rayon de balayage doit être égal à 1 m au moins. Le plan de rotation doit être incliné afin de couvrir une proportion importante de l'espace autorisé de la salle et ne doit pas se situer dans un plan faisant un angle de moins de 10° par rapport à une surface de la salle (mur, plancher ou plafond). La durée d'une période de déplacement ne doit pas être inférieure à 15 s.

L'emplacement du point fixe autour duquel le microphone en déplacement continu se déplace peut être modifié pour chaque position de la machine à chocs. Le même nombre de mesurages doit être effectué à chaque emplacement.

4.6 Mesurage de la durée de réverbération et évaluation de l'aire d'absorption acoustique équivalente

4.6.1 Généralités

Conformément à l'ISO 3382-2, la méthode d'expertise est le mode opératoire privilégié bien que la méthode de laboratoire puisse être utilisée. L'évaluation de la durée de réverbération à partir de la courbe de décroissance doit commencer à 5 dB au-dessous du niveau de pression acoustique initial. La plage d'évaluation privilégiée est de 20 dB. La limite inférieure de la plage d'évaluation doit être à 10 dB au moins au-dessus du bruit de fond global du système de mesurage.

4.6.2 Mesurage de la durée de réverbération

La durée de réverbération doit être mesurée en utilisant la méthode du bruit interrompu ou la méthode de réponse impulsionnelle intégrée, telles que décrites dans l'ISO 3382-2 et l'ISO 18233.

Il peut être avantageux d'utiliser une source sonore à rayonnement omnidirectionnel pour générer un champ acoustique approprié, mais d'autres types de source peuvent être utilisés.

4.6.2.1 Méthode du bruit interrompu

Pour des positions de microphone fixe, le nombre minimal de mesurages requis pour chaque bande de fréquences est six. Au moins une position de haut-parleur doit être utilisée avec trois positions de microphone fixe et deux mesurages à chaque position, ou six positions de microphone fixe et un mesurage à chaque position.

Pour un microphone mobile, le nombre minimal de mesurages requis pour chaque bande de fréquences est six. Au moins une position de haut-parleur doit être utilisée avec six mesurages répartis le long de la trajectoire du microphone.

4.6.2.2 Méthode de réponse impulsionnelle intégrée

Pour la méthode de réponse impulsionnelle intégrée, le mesurage de la durée de réverbération doit utiliser des positions de microphone fixe.

Si l'on utilise une source impulsionnelle, le nombre minimal de mesurages requis pour chaque bande de fréquences est six. Au moins une position de source et six positions de microphone fixe doivent être utilisées.

La durée de réverbération doit être calculée par intégration inverse du temps des réponses impulsionnelles au carré.

4.6.3 Aire d'absorption acoustique équivalente

Calculer l'aire d'absorption acoustique équivalente, A , en mètres carrés, à partir de la durée de réverbération en utilisant la formule de Sabine donnée dans l'Équation (5).

$$A = \frac{0,16 V}{T} \quad (5)$$

où

V est le volume de la salle de réception, en mètres cubes;

T est la durée de réverbération, en secondes.

4.7 Mesurage de la durée de réverbération structurale

La durée de réverbération structurale doit être mesurée conformément à l'ISO 10848-1:2006, 7.3.

La relation entre le facteur de perte total, η_{total} , et la durée de réverbération structurale, T_s , de l'élément est donnée par l'Équation (6):

$$\eta_{\text{total}} = \frac{2,2}{f T_s} \quad (6)$$

où f est la fréquence centrale de la bande de tiers d'octave, en hertz.

Le facteur de perte total comprend les pertes internes, les pertes aux bords et les pertes par rayonnement.

NOTE Des limites inférieures pour obtenir des résultats fiables avec un filtre et un détecteur sont données dans l'ISO 10848-1.

4.8 Mesurage de la puissance acoustique rayonnée par la vitesse vibratoire des éléments

La puissance acoustique rayonnée par l'élément d'essai et les éléments latéraux peut être utilisée pour déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique maximal réalisable dans la situation d'essai (voir l'ISO 10140-5:2010, Annexe A). Ceci peut être calculé à partir des mesurages de vibration sur ces éléments. Si la vitesse de surface des éléments est mesurée à l'aide d'un accéléromètre, il convient de le fixer solidement à la surface et que son impédance de masse soit suffisamment faible par rapport à l'impédance ponctuelle de l'élément.

Si la fréquence critique de l'élément d'essai ou des éléments latéraux est basse par rapport à la gamme de fréquences considérée, la puissance, W_k , rayonnée par un élément particulier, k , d'aire S_k dans la salle de réception, peut être évaluée par l'Équation (7).

$$W_k = \rho c S_k \overline{v_k^2} \sigma_k \quad (7)$$

où

$\overline{v_k^2}$ est la moyenne spatiale du carré de la valeur efficace des vitesses vibratoires normales à la surface;

ISO 10140-4:2010(F)

σ_k est le facteur de rayonnement, supposé égal à 1 au-dessus de la fréquence critique;

ρc est l'impédance caractéristique de l'air.

Le niveau moyen de vitesse vibratoire, L_v , de l'élément est donné par l'Équation (8).

$$L_v = 10 \lg \left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n v_0^2} \right) \quad (8)$$

où

v_0, v_2, \dots, v_n sont les valeurs efficaces des vitesses vibratoires normales à la surface, pour n différentes positions sur l'élément;

v_0 est la vitesse vibratoire de référence (10^{-9} m/s).

En acoustique du bâtiment, la vitesse de référence de 5×10^{-8} m/s est également appliquée. Par conséquent, il convient que la vitesse de référence utilisée dans l'Équation (8) soit toujours mentionnée. Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 10140, la valeur privilégiée pour la vitesse vibratoire de référence est de 10^{-9} m/s.

La moyenne spatiale du carré de la valeur efficace des vitesses vibratoires normales à la surface présentée dans l'Équation (7) suit cette Équation (9):

$$\overline{v_k^2} = v_0^2 10^{L_v/10} \quad (9)$$

Il convient de fixer solidement l'accéléromètre à la surface et que son impédance de masse soit suffisamment faible par rapport à l'impédance ponctuelle de la surface.

NOTE La transmission latérale peut également être mesurée en utilisant la méthode par intensité acoustique (voir l'ISO 15186-1).

5 Mesurages de l'isolation acoustique

5.1 Généralités

Les mesurages peuvent être effectués avec des microphones fixes ou en déplacement continu et des haut-parleurs mobiles ou fixes.

Il ne doit y avoir aucune modification significative des caractéristiques d'absorption de la salle entre les mesurages.

Il est préférable de réaliser des mesurages simultanés dans la salle d'émission et dans la salle de réception.

5.2 Mode opératoire général de détermination de l'isolation au bruit aérien

5.2.1 Généralités

Choisir l'une des quatre options suivantes décrites en 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4 et 5.2.5.

5.2.2 Positions de microphone fixe et plusieurs haut-parleurs fonctionnant simultanément ou un haut-parleur mobile

Mesurer les niveaux de pression acoustique dans la salle d'émission et la salle de réception (voir 4.4.2). Calculer le niveau moyen de pression acoustique d'énergie dans les salles d'émission et de réception [avec correction pour le bruit de fond (voir 4.3)] et déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique ou l'isolement acoustique normalisé d'un élément tel que donné dans l'ISO 10140-2.

5.2.3 Positions de microphone fixe et un seul haut-parleur fonctionnant dans plusieurs positions

Mesurer le niveau de pression acoustique dans les salles d'émission et de réception pour la première position de haut-parleur (voir 4.4.2). Calculer le niveau moyen de pression acoustique d'énergie dans les salles d'émission et de réception [avec correction pour le bruit de fond (voir 4.3)]. Calculer l'indice d'affaiblissement acoustique ou l'isolement acoustique normalisé d'un élément pour cette position de haut-parleur tel que donné dans l'ISO 10140-2. Les niveaux dans la salle d'émission et la salle de réception doivent être mesurés avant de déplacer le haut-parleur.

Répéter le mode opératoire ci-dessus pour les autres positions de haut-parleur. Calculer l'indice moyen d'affaiblissement acoustique ou l'isolement acoustique normalisé d'un élément en utilisant l'Équation (10) ou (11):

$$R = -10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{-R_i/10} \quad (10)$$

$$D_{n,e} = -10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{-D_{n,e_i}/10} \quad (11)$$

5.2.4 Microphone en déplacement continu et plusieurs haut-parleurs fonctionnant simultanément ou un haut-parleur mobile

Mesurer le niveau de pression acoustique dans les salles d'émission et de réception (voir 4.4.3). Calculer le niveau moyen de pression acoustique d'énergie dans les salles d'émission et de réception [avec correction pour le bruit de fond (voir 4.3)]. Déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique tel que donné dans l'ISO 10140-2.

NOTE Si le microphone mobile est déplacé autour d'un seul point fixe dans chaque salle, les niveaux mesurés corrigés pour le bruit de fond sont les niveaux moyens d'énergie dans les salles d'émission et de réception.

5.2.5 Microphone en déplacement continu et un seul haut-parleur fonctionnant dans plusieurs positions

Mesurer le niveau de pression acoustique dans les salles d'émission et de réception pour la première position de haut-parleur (voir 4.4.3). Calculer le niveau moyen de pression acoustique d'énergie dans les salles d'émission et de réception pour la première position de haut-parleur [avec correction pour le bruit de fond (voir 4.3)]. Calculer l'indice d'affaiblissement acoustique ou l'isolement acoustique normalisé d'un élément pour cette position de haut-parleur tel que donné dans l'ISO 10140-2. Les niveaux dans les salles d'émission et de réception doivent être mesurés avant de déplacer le haut-parleur.

Répéter le mode opératoire ci-dessus pour les autres positions de haut-parleur. Calculer l'indice moyen d'affaiblissement acoustique ou l'isolement acoustique normalisé d'un élément en utilisant l'Équation (10) ou (11), selon le cas.

5.3 Mode opératoire général de détermination de l'isolation au bruit de choc des planchers

Les mesurages peuvent être réalisés avec les microphones fixes ou mobiles et la machine à chocs normalisée.

ISO 10140-4:2010(F)

Il faut s'assurer qu'il n'y a aucune modification significative des caractéristiques d'absorption de la salle entre les mesurages.

Le nombre minimal de positions de la machine à chocs est donné dans l'ISO 10140-1:2010, Annexe H ou dans l'ISO 10140-3. Chaque série de mesurages doit être effectuée avec autant de positions de la machine à chocs que nécessaires pour obtenir une valeur moyenne fiable.

5.3.1 Position de microphone fixe

Mesurer le niveau de pression acoustique dans la salle de réception à chaque position de microphone (voir 4.4.2). Calculer le niveau moyen de pression acoustique d'énergie [avec correction pour le niveau de bruit de fond (voir 4.3)]. Déterminer le niveau de pression du bruit de choc normalisé tel que donné dans l'ISO 10140-3.

5.3.2 Microphone en déplacement continu

Mesurer le niveau de pression acoustique dans la salle de réception à chaque position de microphone mobile (voir 4.4.3). Calculer le niveau moyen de pression du bruit de choc [avec correction pour le niveau de bruit de fond (voir 4.3)]. Déterminer le niveau de pression du bruit de choc normalisé tel que donné dans l'ISO 10140-3.

NOTE Si le microphone mobile est déplacé autour d'un seul point fixe, les niveaux mesurés corrigés pour le bruit de fond sont les niveaux moyens d'énergie dans les salles d'émission et de réception.

Annexe A (informative)

Modes opératoires supplémentaires pour les mesurages à basses fréquences

A.1 Généralités

Dans les bandes de basses fréquences (inférieures à 400 Hz en général, et plus spécialement inférieures à 100 Hz), les conditions de champ diffus dans les salles d'essai ne peuvent être vérifiées, notamment lorsque les salles ont un volume de 50 m³ à 100 m³ seulement. L'exigence générale selon laquelle il convient que les dimensions de la salle soient au moins égales à une longueur d'onde ne peut être remplie pour les bandes de fréquences les plus basses.

L'excitation des modes de salle dépend étroitement des emplacements des sources. L'indice d'affaiblissement acoustique dépend fortement des modes de salle qui sont excités. Même si la répétabilité est satisfaisante aux basses fréquences, la reproductibilité et la comparabilité avec les résultats d'essai d'autres salles peuvent être très médiocres et les résultats d'essai deviennent dépendants de l'installation d'essai.

Afin de diminuer la dispersion des résultats obtenus, des efforts supplémentaires sont nécessaires en ce qui concerne l'excitation et l'échantillonnage du champ acoustique dans les salles et les exigences spéciales auxquelles les salles doivent satisfaire.

Les salles de faible volume et de dimensions peu favorables ne sont pas utilisables pour les mesurages à basses fréquences. Il convient qu'au moins une dimension de salle soit d'une longueur d'onde et qu'une autre soit d'au moins une demi-longueur d'onde de la fréquence centrale de la bande la plus basse. Il convient de disposer de l'espace nécessaire pour placer la source et les microphones conformément aux exigences imposées.

A.2 Distances minimales

Une augmentation importante du niveau de pression acoustique est mesurée en direction des parois de la salle à partir d'une distance d'environ un quart de longueur d'onde. Il convient donc que les distances de séparation minimales (voir 4.2.2) soient doublées pour des mesurages jusqu'à la bande de tiers d'octave de 50 Hz. Pour la distance entre les positions de microphone et les limites de la salle, il convient que la valeur maximale soit d'environ 1,2 m. Ceci vaut également pour les distances entre les positions de microphone et la surface de l'élément d'essai.

A.3 Échantillonnage du champ acoustique

Afin d'obtenir une moyenne fiable des niveaux de pression acoustique dans le volume de la salle, il convient d'augmenter le nombre de positions de microphone. Il convient de répartir les positions de microphone uniformément dans le volume disponible de la salle. Si un microphone mobile est utilisé, il convient qu'il échantillonne toutes les parties du volume autorisé de façon aussi uniforme que possible. Aux très basses fréquences où les dimensions de la salle tendent à être de l'ordre d'une demi-longueur d'onde, des valeurs de pression acoustique extrêmement faibles sont mesurées au centre de la salle. Par conséquent, il convient que des positions de microphone appropriées soient également trouvées en dehors de cette zone.

ISO 10140-4:2010(F)

A.4 Positions de haut-parleur

Le manque de diffusivité dans de petites salles aux mesurages de basses fréquences peut être partiellement compensé en excitant différents champs acoustiques les uns après les autres et en moyennant les résultats. Par conséquent, il convient d'augmenter le nombre de positions de haut-parleur, leur nombre minimal étant égal à trois. Il est recommandé d'utiliser un haut-parleur à déplacement continu.

A.5 Durée de moyennage

En raison de la petitesse de la largeur de bande absolue du filtre et d'un recouvrement modal faible, il convient de porter les durées de moyennage à une valeur non inférieure à 15 s pour des mesurages réalisés dans la bande de 50 Hz (environ le triple des exigences pour les mesurages à 100 Hz). Lorsqu'on utilise un microphone mobile, il convient que la durée de moyennage ne soit pas inférieure à 60 s.

A.6 Durée de réverbération

Aux très basses fréquences, les salles d'essai dont les surfaces sont rigides tendent à avoir des durées de réverbération longues (voir l'ISO 10140-5).

Bibliographie

- [1] ISO 140-2, *Acoustique — Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction — Partie 2: Détermination, vérification et application des données de fidélité*
- [2] ISO 140-4, *Acoustique — Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction — Partie 4: Mesurage in situ de l'isolement aux bruits aériens entre les pièces*
- [3] ISO 140-5, *Acoustique — Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction — Partie 5: Mesurages in situ de la transmission des bruits aériens par les éléments de façade et les façades*
- [4] ISO 140-7, *Acoustique — Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction — Partie 7: Mesurage in situ de la transmission des bruits de choc par les planchers*
- [5] ISO 140-14, *Acoustique — Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction — Partie 14: Lignes directrices pour des situations particulières in situ*
- [6] ISO 140-18, *Acoustique — Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction — Partie 18: Mesurage en laboratoire du bruit produit par la pluie sur les éléments de construction*
- [7] ISO 15186-1, *Acoustique — Mesurage par intensité de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction — Partie 1: Mesurages en laboratoire*
- [8] HOPKINS, C. *Sound insulation*. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2007, 622 pp.