

- GAAC -

Norme

NF EN ISO 3741

Aout 2000

AFNOR

Association Française
de Normalisation

www.afnor.fr

2e tirage : 2003:04

S31-022

Acoustique

Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique

Méthodes de laboratoire en salles réverbérantes

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent document, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5, et Code Pénal art. 425).

Imprimé par AFNOR le
14 avril 2003

pour

avec l'autorisation de l'Editeur

AFNOR

norme européenne**NF EN ISO 3741**

Août 2000

norme française

Indice de classement : S 31-022

ICS : 17.140.01

Acoustique

Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique**Méthodes de laboratoire en salles réverbérantes**

E : Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for reverberation rooms

D : Akustik — Ermittlung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen durch Schalldruckmessungen — Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 juillet 2000 pour prendre effet le 20 août 2000.

Remplace les normes homologuées NF EN 23741 (indice de classement : S 31-022) et NF EN 23742 (indice de classement : S 31-023), de février 1992.

Correspondance

La Norme européenne EN ISO 3741:1999 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la norme internationale ISO 3741:1999 et son corrigendum EN ISO 3741:1999/AC:2002.

Analyse

Le présent document fait partie d'une série de normes spécifiant diverses méthodes de détermination des niveaux de puissance acoustique des machines et des équipements.

Il spécifie une méthode directe et une méthode de comparaison, ainsi que des exigences concernant la salle d'essai, l'emplacement de la source et ses conditions de fonctionnement, l'appareillage, pour le calcul du niveau de puissance acoustique de la machine.

Descripteurs**Thésaurus International Technique** : acoustique, bruit acoustique, source sonore, essai de laboratoire, essai acoustique, mesurage acoustique, pression acoustique, puissance acoustique, réverbération acoustique, salle.**Modifications**

Par rapport aux documents remplacés, révision technique et publication d'une seule norme.

CorrectionsPar rapport au 1^{er} tirage, incorporation de l'Annexe ZB.

Membres de la commission de normalisation

Président : M JACQUES

Secrétariat : MME RAMIREZ — AFNOR

M	AFLALO	BRUEL ET KJAER DIV DE SPECTRIS FCE
M	ALLAIRE	UTE
M	BADIA	APPAVE
M	BESSAC	CETIAT
M	BOCKHOFF	CETIM
M	CHATEL	SECAV
M	DELFOSSÉ	CRAMIF
M	ESTEVE	RENAULT
M	GAMBA	ACOUSTIQUE GAMBA ET ASSOCIES SA
M	GAMBELLI	FIM
M	GUEDEL	CETIAT
MME	HUBERT	EUROGIP
M	JACQUES	INRS
M	JACQUES	M JACQUES JEAN
M	LECOCO	CIAL

Avant-propos national

Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

<i>ISO 354</i>	<i>: NF EN 20354 (indice de classement : S 31-003)</i>
<i>ISO 4871</i>	<i>: NF EN ISO 4871 (indice de classement : S 31-075)</i>
<i>ISO 7574-1</i>	<i>: NF EN 27574-1 (indice de classement : S 31-078-1)</i>
<i>ISO 7574-4</i>	<i>: NF EN 27574-4 (indice de classement : S 31-078-4)</i>
<i>ISO 12001</i>	<i>: NF EN ISO 12001 (indice de classement : S 31-400)</i>
<i>CEI 60942</i>	<i>: NF EN 60942 (indice de classement : S 31-139)</i>
<i>CEI 61183</i>	<i>: NF EN 61183 (indice de classement : S 31-011)</i>
<i>CEI 61260</i>	<i>: NF EN 61260 (indice de classement : C 97-010)</i>
<i>CEI 61672</i>	<i>: NF EN 61672 (indice de classement : S 31-009)</i>

Les autres normes mentionnées à l'article «Références normatives» qui n'ont pas de correspondance dans la collection des normes françaises sont les suivantes (elles peuvent être obtenues auprès d'AFNOR) :

ISO 6926

Version française

**Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique
émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique —
Méthodes de laboratoire en salles réverbérantes
(ISO 3741:1999)**

Akustik — Ermittlung der Schalleistungspegel
von Geräuschquellen durch Schalldruckmessungen —
Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1
(ISO 3741:1999)

Acoustics — Determination of sound power levels
of noise sources using sound pressure —
Precision methods for reverberation rooms
(ISO 3741:1999)

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 1^{er} juillet 1999.

Le corrigendum AC:2002 a pris effet le 24 juillet 2002 pour incorporation dans les trois versions linguistiques officielles du CEN

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 Secrétariat Central ou auprès des membres du CEN.

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

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Secrétariat Central : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles

Avant-propos

Le présent document a été préparé par l'ISO/TC 43 «Acoustique» en collaboration avec le CEN/TC 211 «Acoustique» dont le secrétariat est tenu par DS.

Le présent document remplace EN 23741:1991 et EN 23742:1991.

Cette norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en février 2000, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en février 2000.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre ce document en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

Le présent document a été établi dans le cadre d'un mandat donné au CEN par la Commission Européenne et l'Association Européenne de Libre Échange, et vient à l'appui des exigences essentielles de la (des) Directive(s) UE.

Notice d'entérinement

Le texte de la Norme internationale ISO 3741:1999 a été approuvé sans aucune modification.

NOTE Les références normatives aux Normes internationales publiées sous forme de normes européennes sont mentionnées en annexe ZA (normative) qui fait partie intégrante de ce document.

Annexe ZA
(normative)**Références normatives aux publications internationales
avec leurs publications européennes correspondantes**

Cette Norme européenne comporte par référence datée ou non datée des dispositions d'autres publications. Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette Norme européenne que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

Publication	Année	Titre	EN	Année
ISO 354	1985	Acoustique — Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante	EN ISO 354	1993
ISO 4871	1996	Acoustique — Déclaration et vérification des valeurs d'émission sonore des machines et équipement	EN ISO 4871	1996
ISO 7574-1	1985	Acoustique — Méthodes statistiques pour la détermination et le contrôle des valeurs déclarées d'émission acoustique des machines et équipements — Partie 1 : Généralités et définitions	EN 27574-1	1988
ISO 7574-4	1985	Acoustique — Méthodes statistiques pour la détermination et le contrôle des valeurs déclarées d'émission acoustique des machines et équipements — Partie 4 : Méthodes pour valeurs déclarées de lots de machines	EN 27574-4	1988
ISO 12001	1996	Acoustique — Bruit émis par les machines et équipements — Règles pour la préparation et la présentation d'un code d'essai acoustique	EN ISO 12001	1996

Annexe ZB
(informative)

**Articles de la présente norme européenne en rapport
avec des exigences essentielles ou d'autres dispositions
de Directives de l'Union Européenne**

La présente norme européenne a été élaborée dans le cadre d'un Mandat donné au CEN par la Commission Européenne et vient à l'appui d'exigences essentielles de la Directive de l'Union Européenne 98/37/CEE amendée par la Directive 98/79/CEE.

Les articles de la présente norme sont destinés à venir à l'appui de l'article 1.7.4 (f) de l'annexe I de la Directive 98/37/CEE.

La conformité avec ces articles de la présente norme est un des moyens de satisfaire aux exigences essentielles spécifiques de la Directive concernée et des règlements correspondant de l'AELE.

AVERTISSEMENT : D'autres exigences et d'autres directives de l'Union Européenne peuvent s'appliquer aux produits couverts par le domaine d'application de la présente norme.

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Incertitude de mesure	4
5 Environnement acoustique	6
5.1 Généralités	6
5.2 Volume et forme de la salle d'essai	6
5.3 Prescriptions relatives à l'absorption de la salle d'essai	6
5.4 Prescriptions relatives au niveau du bruit de fond	7
5.5 Prescriptions relatives à la température, à l'humidité et à la pression	7
6 Appareillage de mesure	7
6.1 Généralités	7
6.2 Étalonnage	8
7 Installation et fonctionnement de la source en essai	8
7.1 Généralités	8
7.2 Emplacement de la source	8
7.3 Montage de la source	9
7.4 Équipement auxiliaire	9
7.5 Fonctionnement de la source pendant l'essai	9
8 Mesurages de la pression acoustique et calcul de la puissance acoustique	10
8.1 Mesurages initiaux	10
8.2 Mesurages complémentaires	15
8.3 Détermination du niveau moyen de pression acoustique dans la salle réverbérante	15
8.4 Détermination du niveau de puissance acoustique de la source	16
8.5 Détermination du niveau de puissance acoustique pondéré A de la source	18
9 Informations à consigner	18
9.1 Sources de bruit en essai	18
9.2 Environnement acoustique	19
9.3 Appareillage	19
9.4 Données acoustiques	19
10 Informations à faire figurer dans le rapport d'essai	19
Annexe A (normative) Méthode de qualification de la salle pour le mesurage de composantes tonales	20
Annexe B (informative) Principes directeurs pour la conception des diffuseurs tournants	25
Annexe C (informative) Extension aux fréquences inférieures à 100 Hz	26
Annexe D (informative) Principes directeurs pour la conception des salles réverbérantes	27
Annexe E (normative) Méthode de qualification de la salle d'essai pour le mesurage de bruits à large bande	29
Annexe F (normative) Procédure de calcul des niveaux de puissance acoustique par bandes d'octave et du niveau de puissance acoustique pondéré A à partir des niveaux de puissance acoustique par bandes de tiers d'octave	31
Bibliographie	33

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 3.

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 de la présente Norme internationale 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.

La Norme internationale ISO 3741 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

Cette troisième édition annule et remplace l'ISO 3741:1988 et l'ISO 3742:1988 qui ont fait l'objet d'une révision technique et ont été réunies.

Les annexes A, E et F constituent des éléments normatifs de la présente Norme internationale. Les annexes B, C et D sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

La présente Norme internationale fait partie de la série ISO 3740 qui regroupe des normes spécifiant diverses méthodes de détermination du niveau de puissance acoustique des machines, équipements et sous-ensembles composants. Le choix de la méthode la mieux appropriée parmi l'ensemble des méthodes prescrites dans cette série de normes doit être effectué en fonction des conditions et des objectifs de l'essai. L'ISO 3740 et l'ISO 12001 fournissent des lignes directrices permettant de guider ce choix. Pour ce qui concerne les conditions de fonctionnement et de montage des machines ou équipements soumis à l'essai, les normes de la série ISO 3740 n'indiquent que des principes généraux. Il convient, pour les spécifications détaillées relatives aux conditions de montage et de fonctionnement, de se reporter au code d'essai spécifique au type de machine ou d'équipement, s'il existe.

La présente Norme internationale spécifie des méthodes de laboratoire visant à déterminer la puissance acoustique rayonnée par des sources en fonction de la fréquence, en utilisant une salle d'essai réverbérante ayant des caractéristiques acoustiques spécifiées. Lorsqu'on ne dispose pas d'une salle d'essai possédant ces caractéristiques, il est possible d'utiliser d'autres documents de la série de normes de base, spécifiant des prescriptions différentes pour ce qui concerne l'environnement (voir Tableau 1 et l'ISO 3744 ou l'ISO 9614).

Dans le cadre de la présente Norme internationale, le calcul de la puissance acoustique à partir des mesures de la pression acoustique repose sur l'hypothèse que, pour une source ayant une puissance acoustique donnée dans la salle d'essai réverbérante, la moyenne spatio-temporelle de la pression acoustique quadratique, $\overline{p^2}$, est directement proportionnelle à la puissance acoustique et par ailleurs dépend uniquement des caractéristiques géométriques et acoustiques de la salle et des constantes physiques de l'air.

Pour une source qui émet un bruit à bande étroite ou à fréquence discrète, une détermination précise de la puissance acoustique rayonnée exige plus de soins. Les raisons à cela sont les suivantes:

- a) la moyenne spatio-temporelle de la pression acoustique le long d'une trajectoire microphonique courte ou déterminée à partir d'un réseau comprenant un petit nombre de microphones, ne constitue pas toujours une estimation correcte de la moyenne spatio-temporelle de la pression quadratique dans la salle;
- b) la puissance acoustique rayonnée par les sources est plus fortement influencée par les modes normaux de la salle et par la position de la source dans cette dernière.

Lorsqu'une source émet un bruit à bande étroite ou à composantes tonales, la détermination de son niveau de puissance acoustique en salle réverbérante nécessite soit l'optimisation et la qualification de la salle et de la configuration d'essai (voir annexe A), soit un plus grand nombre d'emplacements de la source et de positions du microphone (ou une trajectoire microphonique plus longue dans le cas d'un microphone mobile). Ces valeurs peuvent être réduites avec l'ajout d'absorbants de basses fréquences, qui réduisent la durée de réverbération. Il est également utile qu'un ou plusieurs diffuseurs tournants soient présents dans la salle d'essai pendant les mesurages. Les principes directeurs pour la conception de diffuseurs tournants adéquats sont exposés à l'annexe B.

Tableau 1 — Résumé des Normes internationales relatives à la détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit, dans des conditions de réverbération conduisant à différentes précisions

Paramètre	ISO 3741 Méthode de laboratoire Classe 1	ISO 3743-1 Méthode d'expertise Classe 2	ISO 3743-2 Méthode d'expertise Classe 2
Environnement d'essai	Salle réverbérante	Salle à parois dures	Salle d'essai réverbérante spéciale
Critères de qualification de l'environnement d'essai	Volume de la salle, V , et durée de réverbération, T_{rev} , à qualifier	$V \geq 40 \text{ m}^3$ et $V > 40 V_Q$ Coefficient d'absorption acoustique $\bar{\alpha} < 0.20$ Qualification spéciale	Prescriptions spécifiées
Volume de la source sonore, V_Q	De préférence moins de 2 % du volume de la salle d'essai	De préférence, moins de 2,5 % du volume de la salle d'essai	
Type de bruit	Stable, à large bande, à bande étroite ou à fréquences discrètes	Tout type, mais les salves isolées sont interdites	
Limitation du bruit de fond	$\Delta L \geq 10 \text{ dB}$	$\Delta L \geq 6 \text{ dB}$	$\Delta L \geq 4 \text{ dB}$
Nombre de points de mesurage, N_M	$N_M \geq 6$ ou trajectoire microphonique continue	$N_M \geq 3$ ou trajectoire microphonique continue	$N_M \geq 3$ ou trajectoire microphonique continue
Appareillage de mesure: a) Sonomètre au moins conforme à la: b) Sonomètre intégrateur au moins conforme à la: c) Jeu de filtres passe-bande au moins conforme à la: d) Calibreur au moins conforme à la:	a) Classe 1 selon la CEI 61672 b) Classe 1 selon la CEI 61672 c) Classe 1 selon la CEI 61260 d) Classe 1 selon la CEI 60942		
Niveaux de puissance acoustique à déterminer	Par bandes de tiers d'octave ou d'octave	Par bandes d'octave	Pondéré A et par bandes d'octave
	Pondéré A (à calculer)		
Précision de la méthode de détermination de L_{WA} , exprimée par l'écart-type de reproductibilité	$\sigma_R \leq 0,5 \text{ dB}$	$\sigma_R \leq 1,5 \text{ dB}$	$\sigma_R \leq 2.0 \text{ dB}$
	Pour les sources émettant du bruit ayant un spectre relativement «plat»		

Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthodes de laboratoire en salles réverbérantes

1 Domaine d'application

1.1 La présente Norme internationale spécifie une méthode directe et une méthode de comparaison pour déterminer le niveau de puissance acoustique qui serait produit par une source fonctionnant dans les conditions météorologiques normalisées correspondant à une impédance caractéristique $\rho c = 400 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^3$ (ρ étant la densité de l'air et c la vitesse du son). Elle définit des prescriptions concernant la salle d'essai et l'emplacement de la source, et fixe des règles générales concernant les conditions de fonctionnement, l'appareillage de mesure et les techniques qui permettent d'obtenir une estimation des niveaux de pression acoustique quadratique moyenne, à partir desquels les niveaux de puissance acoustique de la source par bandes d'octave ou de tiers d'octave sont calculés avec une précision de classe 1. Les grandeurs à mesurer sont des niveaux de pression acoustique par bandes de fréquences, moyennés dans le temps. Les grandeurs à déterminer sont des niveaux de puissance acoustique, pondérés A et par bandes de fréquences. Les autres grandeurs, qui sont facultatives, sont les niveaux de puissance acoustique avec d'autres pondérations en fréquence, dont le calcul s'effectue à partir des mesurages par bandes de fréquences. La présente Norme internationale ne permet pas de déterminer la directivité ni la variation temporelle du son émis par une source.

Le domaine de fréquences représentatif comprend en règle générale les bandes de tiers d'octave de fréquences médianes 100 Hz à 10 000 Hz. Les principes directeurs pour l'application des méthodes spécifiées à une plage de fréquences étendue vers les basses fréquences, sont donnés à l'annexe F. La présente Norme internationale ne s'applique pas aux gammes de fréquences situées au-delà de la bande de tiers d'octave centrée sur 10 000 Hz. Pour les fréquences plus élevées, il est recommandé d'employer l'une des méthodes de l'ISO 9295.

1.2 La méthode spécifiée dans la présente Norme internationale est applicable aux bruits stables, à large bande, à bande étroite et à composantes tonales, tels que décrits dans l'ISO 12001. Le bruit peut être émis par un dispositif, une machine, un composant ou un sous-ensemble.

La présente Norme internationale est applicable aux sources de bruit dont le volume ne dépasse pas, de préférence, 2 % de celui de la salle réverbérante utilisée pour l'essai. Lorsque les sources sont plus volumineuses, les écarts-types mentionnés au Tableau 2 peuvent être dépassés.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 354. *Acoustique — Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante.*

ISO 4871. *Acoustique — Déclaration et vérification des valeurs d'émission sonore des machines et équipements.*

ISO 6926. *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Prescriptions relatives aux performances et à l'étalonnage des sources sonores de référence.*

ISO 7574-1:1985. *Acoustique — Méthodes statistiques pour la détermination et le contrôle des valeurs déclarées d'émission acoustique des machines et équipements — Partie 1: Généralités et définitions.*

ISO 7574-4:1985. *Acoustique — Méthodes statistiques pour la détermination et le contrôle des valeurs déclarées d'émission acoustique des machines, et équipements — Partie 4: Méthodes pour valeurs déclarées de lots de machines.*

ISO 12001. *Acoustique — Bruit émis par les machines et équipements — Règles pour la préparation et la présentation d'un code d'essai acoustique.*

CEI 60942. *Calibres acoustiques.*

CEI 61183. *Électroacoustique — Étalonnage des sonomètres sous incidence aléatoire et en champ diffus.*

CEI 61260. *Électroacoustique — Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave.*

CEI 61672. *Acoustique — Sonomètres.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

salle réverbérante

salle d'essai répondant aux spécifications de la présente Norme internationale

3.2

champ acoustique réverbéré

partie du champ acoustique existant dans la salle d'essai sur laquelle l'influence du son reçu directement de la source est négligeable

3.3

pression acoustique

fluctuation de pression autour de la pression statique qui résulte de l'émission d'un son

NOTE 1 Elle s'exprime en pascals.

NOTE 2 D'un point de vue quantitatif, la pression acoustique peut s'exprimer de différentes manières, mais dans le cadre de la présente Norme internationale, seule la racine carrée de la pression acoustique quadratique moyenne mesurée sur une durée et dans un espace déterminés s'applique.

3.4

pression acoustique quadratique moyenne

$\overline{p^2}$

pression acoustique moyennée quadratiquement dans le temps et dans l'espace

NOTE En pratique, le calcul de la moyenne spatio-temporelle sur un trajet limité ou pour un nombre donné de positions du microphone, ainsi que les écarts par rapport à un champ acoustique réverbéré idéal, ne conduisent qu'à une estimation de $\overline{p^2}$.

3.5**niveau de pression acoustique** L_p

dix fois le logarithme décimal du rapport du carré de la pression acoustique au carré de la pression acoustique de référence

NOTE Les niveaux de pression acoustique s'expriment en décibels. La pression acoustique de référence est égale à $20 \mu\text{Pa}$ ($2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$).

3.5.1**niveau de pression acoustique temporel moyen** $L_{p,eq,T}$

niveau correspondant au carré de la pression acoustique moyennée dans le temps, exprimé en décibels:

$$L_{p,eq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{dB} \quad (1)$$

NOTE 1 Les niveaux de pression acoustique temporels moyens s'expriment en décibels.

NOTE 2 En général, les indices «eq» et «T» sont omis car les niveaux de pression acoustique moyennés dans le temps sont nécessairement déterminés sur une certaine durée de mesurage.

3.5.2**intervalle de temps de mesurage**

fraction ou multiple d'une période ou d'un cycle de fonctionnement pour lequel le niveau de pression acoustique temporel moyen est déterminé

NOTE Voir 8.1.3.

3.6**puissance acoustique** W

énergie sonore rayonnée par la source par unité de temps

NOTE Elle s'exprime en watts.

3.7**niveau de puissance acoustique** L_W

dix fois le logarithme décimal du rapport de la puissance acoustique rayonnée par la source en essai à la puissance acoustique de référence

NOTE 1 Il s'exprime en décibels. La puissance acoustique de référence est égale à 1 pW (10^{-12} W).

NOTE 2 Par exemple, le niveau de puissance acoustique pondéré A est: L_{WA} .

3.8**bruit de fond**

bruit émis par l'ensemble des sources autres que la source en essai

3.9**source sonore de référence**

source stable et continue émettant un bruit constant à large bande et de niveau de puissance acoustique adéquat, dont le fonctionnement et l'étalonnage sont conformes à l'ISO 6926

3.10

durée de réverbération

T_{rev}

temps ou temps extrapolé nécessaire au niveau de pression acoustique pour décroître de 60 dB après arrêt instantané de la source sonore dans un espace

NOTE 1 Cette durée s'exprime en secondes (s).

NOTE 2 Dans la présente Norme internationale, la durée de réverbération est calculée conformément à l'ISO 354, sauf qu'elle est extrapolée sur la base d'atténuation des premiers 10 dB, ou 15 dB, respectivement désignés par T_{-10} et T_{-15} .

3.11

domaine de fréquences utile

bandes d'un tiers d'octave de fréquences médianes comprises entre 100 Hz et 10 000 Hz

NOTE Ceci correspond au cas général. Pour des besoins particuliers, la plage de fréquences peut être abaissée jusqu'à 50 Hz, à condition que certains critères soient remplis (voir annexe C).

3.12

coefficient d'absorption acoustique

α

à une fréquence donnée et pour des conditions spécifiées, fraction de puissance acoustique incidente qui n'est pas réfléchiée par une surface, calculée conformément à l'ISO 354.

3.13

aire d'absorption équivalente

A

produit de l'aire de la surface et de son coefficient d'absorption

NOTE Elle est exprimée en mètres carrés (m²).

4 Incertitude de mesure

Il tend à résulter des mesurages, effectués conformément à la présente Norme internationale, des écarts-types de reproductibilité inférieurs ou égaux à ceux qui sont indiqués dans le Tableau 2. Il existe une probabilité donnée pour qu'une valeur du niveau de puissance acoustique d'une source de bruit, déterminée selon les méthodes prescrites dans la présente Norme internationale, présente par rapport à la valeur vraie un écart compris dans l'intervalle d'incertitude de mesure. L'incertitude sur les valeurs du niveau de puissance acoustique résulte de plusieurs facteurs affectant les résultats, dont certains sont liés aux conditions d'environnement dans le laboratoire de mesure et d'autres aux techniques expérimentales. Si l'on transportait tour à tour une source donnée dans plusieurs laboratoires différents et si, dans chacun de ces laboratoires, le niveau de puissance acoustique de cette source devait être déterminé conformément à la présente Norme internationale, les résultats obtenus présenteraient une certaine dispersion. Il serait possible de calculer, en fonction de la fréquence, l'écart-type des valeurs mesurées (voir exemples dans l'ISO 7574-4:1985, annexe B). À quelques exceptions près, cet écart-type ne dépasserait pas les valeurs indiquées dans le Tableau 2. Ces valeurs sont les écarts-types de reproductibilité, σ_R , définis dans l'ISO 7574-1. Elles reflètent les effets cumulés des différentes composantes de l'incertitude sur les mesures obtenues en appliquant les procédures de la présente Norme internationale, mais non les variations de puissance acoustique résultant de modifications des conditions de fonctionnement (vitesse de rotation, tension d'alimentation, etc.) ou de montage.

L'incertitude de mesure dépend à la fois de l'écart-type de reproductibilité dont les valeurs sont indiquées dans le Tableau 2 et du niveau de confiance souhaité. Par exemple, dans l'hypothèse d'une distribution normale des valeurs du niveau de puissance acoustique, la probabilité que la valeur vraie du niveau de puissance acoustique d'une source se situe dans un intervalle de $\pm 1,645 \sigma_R$ autour de la valeur mesurée est de 90 % et la probabilité qu'elle se situe dans un intervalle de $\pm 1,96 \sigma_R$ autour de la valeur mesurée de 95 %. D'autres exemples sont donnés dans les normes ISO 7574 et ISO 9296.

NOTE 1 La relation entre l'écart-type de reproductibilité et le niveau de confiance indiqué dans les normes ISO 7574 et ISO 9296 est valable pour des écarts-types inférieurs ou égaux à 2 dB. En cas d'écarts-types plus élevés, le niveau de confiance associé à une fourchette donnée sera plus faible. Toutefois, on peut généralement s'attendre à ce que la valeur réelle soit comprise dans une fourchette de $\pm 3 \sigma_R$ par rapport à la valeur mesurée.

NOTE 2 Les plus grandes sources d'incertitude, autres que les écarts éventuels par rapport au modèle théorique (méthode directe) et les erreurs d'étalonnage de la source sonore de référence (méthode de comparaison), dans les méthodes d'essai spécifiées dans la présente Norme internationale, sont dues à l'inadéquation de l'échantillonnage du champ sonore et aux variations du couplage acoustique de la source de bruit au champ sonore (pour différentes salles d'essai et différentes positions dans une salle d'essai). Dans tout laboratoire, il est parfois possible de réduire l'incertitude de mesure par l'un des procédés suivants:

- a) utilisation d'emplacements multiples de la source;
- b) amélioration de l'échantillonnage spatial du champ sonore en augmentant le nombre de positions microphoniques ou la longueur de la trajectoire microphonique;
- c) ajout d'absorbants de basses fréquences afin d'améliorer le chevauchement des modes;
- d) utilisation de diffuseurs mobiles.

Tableau 2 — Valeurs supérieures estimées de l'écart-type de reproductibilité pour les niveaux de puissance acoustique déterminés conformément à la présente Norme internationale

Largeur de bande	Fréquences médianes	Valeurs supérieures de l'écart-type de reproductibilité
	Hz	dB
Tiers d'octave	100 ^a à 160	3,0
	200 à 315	2,0
	400 à 5 000	1,5
	6 300 à 10 000	3,0
Octave	125 ^a	2,5
	250	1,5
	500 à 4 000	1,0
	8 000	2,0
Pondéré A selon l'annexe E		0,5 ^b
^a Les valeurs recommandées pour les fréquences inférieures à 100 Hz sont indiquées en annexe C.		
^b Applicable à une source émettant un bruit ayant un spectre relativement «plat» dans la gamme de fréquences comprise entre 100 Hz et 10 000 Hz.		

De plus, on peut utiliser une grande salle réverbérante pour réduire les incertitudes en basse fréquence, même si l'exactitude des déterminations du niveau de puissance acoustique en haute fréquence peut être réduite. Une petite salle peut, réciproquement, réduire les incertitudes en haute fréquence, mais augmenter les incertitudes en basse fréquence. Par conséquent, si une meilleure exactitude est exigée et si deux salles réverbérantes sont disponibles, il peut être utile de déterminer le niveau de puissance acoustique en basse fréquence dans la salle la plus grande et le niveau en haute fréquence dans la salle la plus petite.

NOTE 3 Si plusieurs laboratoires utilisent des installations et appareillages similaires, les valeurs du niveau de puissance acoustique obtenues dans ces laboratoires pour une source donnée peuvent présenter une meilleure concordance que celle annoncée par les écarts-types du Tableau 2.

NOTE 4 Les écarts-types de reproductibilité obtenus pour une famille donnée de sources de bruit de taille similaire présentant des spectres de puissance acoustique et des conditions de fonctionnement similaires, peuvent être plus faibles que

ceux du Tableau 2. Il est donc possible qu'un code d'essai acoustique s'appliquant à un type donné de machines ou d'équipements et faisant référence à la présente Norme internationale spécifie des écarts-types inférieurs aux valeurs données dans le Tableau 2, si des résultats d'essais interlaboratoires ont permis d'établir ces écarts-types.

NOTE 5 Les écarts-types de reproductibilité du Tableau 2 incluent l'incertitude associée à la répétition des mesurages sur la même source de bruit et dans des conditions identiques (pour l'écart-type de répétabilité, voir ISO 7574-1). Cette incertitude est généralement très inférieure à l'incertitude liée à la variabilité interlaboratoires. Elle peut toutefois prendre des valeurs non négligeables au regard de celles du Tableau 2 s'il est difficile de maintenir la stabilité des conditions de fonctionnement ou de montage d'une source donnée. Il convient dans ce cas de noter et de signaler dans le rapport d'essai le fait qu'il a été difficile d'obtenir des résultats stables du niveau de puissance acoustique dans les conditions de répétabilité.

NOTE 6 Les méthodes prescrites par la présente Norme internationale et les écarts-types indiqués dans le Tableau 2 sont applicables aux mesurages portant sur une machine donnée. La caractérisation de lots de machines d'une même famille ou d'un même type en termes de niveaux de puissance acoustique implique la mise en œuvre de techniques d'échantillonnage aléatoire, avec des intervalles de confiance spécifiés : les résultats sont exprimés sous forme de limites statistiques supérieures. L'application de ces techniques nécessite la connaissance ou l'estimation de l'écart-type total incluant l'écart-type de production (défini dans l'ISO 7574-1), qui est une mesure, en termes de puissance acoustique, de la variabilité intermachines à l'intérieur du lot. L'ISO 7574-4 décrit des méthodes statistiques destinées à la caractérisation de lots de machines.

5 Environnement acoustique

5.1 Généralités

L'annexe D donne des principes directeurs pour la conception des salles réverbérantes à utiliser pour la détermination de la puissance acoustique conformément à la présente Norme internationale. La salle d'essai doit être suffisamment grande et présenter une absorption acoustique totale suffisamment faible pour fournir un champ sonore réverbéré convenable dans toutes les bandes du domaine de fréquences utile (voir annexe D).

5.2 Volume et forme de la salle d'essai

Il convient que le volume minimal de la salle d'essai soit tel que spécifié au Tableau 3. Lorsque les salles réverbérantes présentent un volume inférieur aux valeurs du Tableau 3 pour la gamme de fréquences utile, ou lorsque ce volume dépasse 300 m³, l'adéquation de la salle pour des mesurages à large bande doit être démontrée selon la procédure de l'annexe E.

Tableau 3 — Volume minimal de la salle d'essai en fonction de la bande de fréquences utile la plus basse

Bande de tiers d'octave utile la plus basse Hz	Volume minimal de la salle d'essai m ³
100	200
125	150
160	100
200 et plus	70

5.3 Prescriptions relatives à l'absorption de la salle d'essai

L'absorption de la salle d'essai influe en priorité sur la distance minimale à conserver entre la source et les emplacements du microphone. Elle influe également sur le rayonnement acoustique de la source et sur les caractéristiques de réponse en fréquence de l'espace d'essai. L'absorption de la salle d'essai ne doit donc, pour ces raisons, ni être trop élevée, ni excessivement faible (voir annexe D).

Les surfaces de la salle d'essai les plus proches de la source doivent être conçues pour être réfléchissantes, avec un coefficient d'absorption inférieur à 0,06. Les surfaces restantes doivent présenter des caractéristiques d'absorption telles que la durée de réverbération, T_{rev} , (voir en 8.4.1 pour le mesurage), dans chaque bande d'un tiers d'octave, la source en essai n'étant pas en place, soit supérieure au rapport de V sur S :

$$T_{rev} > VS \quad (2)$$

où

T_{rev} est la durée de réverbération, exprimée en secondes;

V est le volume de la salle réverbérante, exprimé en mètres cubes (m^3);

S est la superficie totale de la salle d'essai, exprimée en mètres carrés (m^2).

Si la durée de réverbération ne satisfait pas à la prescription fixée par l'équation (2), la conformité de la salle d'essai pour les mesurages à large bande doit être démontrée à l'aide de la procédure décrite à l'annexe E.

5.4 Prescriptions relatives au niveau du bruit de fond

Le niveau de bruit de fond moyen à tous les emplacements ou sur une trajectoire du microphone, doit, dans toutes les bandes du domaine de fréquences utile, être inférieur d'au moins 10 dB au niveau de pression acoustique dû à la source en essai.

Pour les appareils à faible bruit, il peut être difficile d'obtenir $\Delta L > 10$ dB dans certaines bandes. Toutes les bandes pour lesquelles le niveau de puissance acoustique pondéré A (voir annexe F) de la source en essai est inférieur de plus de 15 dB au niveau de puissance acoustique par bandes pondéré A le plus élevé, peuvent être exclues du domaine de fréquences utile.

En cas de recours à la méthode de comparaison de 8.4.2, le bruit de fond doit être inférieur d'au moins 15 dB au niveau de pression acoustique émis par la source sonore de référence, dans toutes les bandes du domaine de fréquences utile.

5.5 Prescriptions relatives à la température, à l'humidité et à la pression

Dans la zone où sont situés les microphones, les variations de température et d'humidité relative dans la salle réverbérante doivent être comprises dans les limites indiquées au Tableau 4.

Les mesurages de la pression atmosphérique doivent être effectués à $\pm 1,5$ kPa.

Les limites du Tableau 4 sont généralement suffisantes (voir la référence [9]). Il est toutefois possible de spécifier, dans les codes d'essai acoustiques, d'autres conditions de température et d'humidité applicables à des types d'équipements particuliers, notamment lorsque le fonctionnement de l'équipement concerné dépend des conditions ambiantes. Dans ce cas, ces autres conditions doivent être appliquées lors du mesurage, avec la procédure de mesurage.

6 Appareillage de mesure

6.1 Généralités

L'appareillage, microphone inclus, doit répondre aux prescriptions des appareils de classe 1 selon la CEI 61672. Les filtres utilisés doivent répondre aux prescriptions des appareils de classe 1 selon la CEI 61260. Les microphones doivent être étalonnés en incidence aléatoire selon la CEI 61183.

Tableau 4 — Limites acceptables pour les variations de température et d'humidité relative pendant les mesurages en salle réverbérante

Plages de température θ °C	Plages d'humidité relative %		
	< 30	30 à 50	> 50
	Limites acceptables de température et d'humidité relative		
$-5 \leq \theta < 10$	± 1 °C	± 1 °C ± 5 %	± 3 °C
$10 \leq \theta < 20$	± 3 %	± 3 °C ± 5 %	± 10 %
$20 \leq \theta < 50$	± 2 °C ± 3 %	± 5 °C ± 5 %	± 5 °C ± 10 %

6.2 Étalonnage

Avant chaque série de mesurages, un calibre acoustique de précision conforme à la classe 1 selon la CEI 60942, doit être appliqué au microphone afin de contrôler l'étalonnage de l'ensemble de la chaîne de mesure, à une ou plusieurs fréquences prises dans le domaine de fréquences utile.

Le calibre doit être étalonné au moins une fois par an et la conformité de l'appareillage aux prescriptions de la CEI 61672 doit être vérifiée au moins tous les deux ans, dans un laboratoire effectuant des étalonnages traçables conformément aux normes appropriées.

La date du dernier contrôle de conformité aux normes CEI appropriées doit être consignée.

7 Installation et fonctionnement de la source en essai

7.1 Généralités

Les modalités d'installation et de fonctionnement de la source en essai peuvent influencer notablement sur la puissance acoustique émise par la source. Le présent paragraphe définit les conditions qui minimisent les variations de la puissance acoustique émise dues aux conditions d'installation et de fonctionnement de la source en essai. Les instructions d'un code d'essai acoustique, lorsqu'il existe, doivent être suivies pour ce qui concerne l'installation et le fonctionnement de la source en essai.

Il est notamment nécessaire, dans le cas de sources de grandes dimensions, de décider quels composants, sous-ensembles, équipements auxiliaires, sources d'énergie, etc. doivent être considérés comme faisant partie de la source en essai.

7.2 Emplacement de la source

La source sonore en essai doit être placée dans la salle réverbérante en un ou plusieurs emplacements par rapport aux surfaces de la salle, typiques d'une installation normale. Sauf spécification contraire concernant un emplacement particulier, la source doit être placée au sol, à au moins 1.5 m de toute paroi de la salle. Si deux emplacements de la source, ou plus, sont nécessaires, conformément à 8.1.7, la distance entre les différents emplacements doit être supérieure ou égale à une demi longueur d'onde du son correspondant à la plus basse fréquence médiane de bande pour laquelle un mesurage est effectué. Lorsque le sol de la salle réverbérante est de forme rectangulaire, il convient que la source soit disposée au sol de façon asymétrique.

7.3 Montage de la source

7.3.1 Généralités

Dans de nombreux cas, la puissance acoustique émise dépend du support ou des conditions de montage de la source en essai. Lorsque l'équipement soumis à l'essai fait l'objet d'une condition de montage spécifiée, celle-ci doit être utilisée, ou simulée lorsque cela est possible.

Lorsque l'équipement soumis à l'essai ne fait l'objet d'aucune spécification de montage ou si cette dernière est inapplicable pour l'essai, il faut prendre soin d'éviter les fluctuations d'émission de la source dues au système de montage utilisé pour l'essai. Des dispositions doivent être prises pour atténuer tout rayonnement acoustique émis par la structure sur laquelle l'équipement est éventuellement monté.

NOTE 1 De nombreuses sources de petite taille, bien que faiblement rayonnantes en elles-mêmes dans les basses fréquences, peuvent émettre davantage dans les basses fréquences, du fait du mode de montage, lorsque leur énergie vibratoire est transmise à des surfaces de dimensions suffisantes pour devenir des éléments rayonnants efficaces. Il convient dans ce cas, dans la mesure du possible, d'intercaler un élément élastique entre l'appareil à mesurer et les surfaces porteuses, de sorte que la transmission des vibrations au support, de même que la réaction sur la source, soient toutes deux réduites à des valeurs négligeables. Il convient alors que le socle de montage possède une impédance mécanique suffisamment élevée pour éviter les vibrations ou rayonnements acoustiques excessifs de ce dernier. Il convient de ne pas utiliser ce type de montage élastique lorsque, sur site, le montage de l'équipement soumis à l'essai n'est pas élastique.

NOTE 2 Les conditions de couplage, par exemple entre moteurs primaires et machines entraînées, peuvent influencer considérablement sur le rayonnement acoustique de la source en essai.

7.3.2 Machines et équipements portatifs

Les machines et équipements portatifs doivent être suspendus ou guidés manuellement, de façon à éviter toute transmission de bruit solidien par l'intermédiaire d'un système de fixation n'appartenant pas à la machine en essai. Si le fonctionnement de la machine exige l'utilisation d'un support, celui-ci doit être de petites dimensions, considéré comme partie intégrante de la source et décrit dans le code d'essai de la machine.

7.3.3 Machines et équipements montés sur un support ou une paroi

Ces machines et équipements doivent être placés sur un plan réfléchissant (mur, sol acoustiquement durs). Les machines montées sur support et exclusivement destinées à être placées face à un mur doivent être installées sur un sol acoustiquement dur et face à un mur acoustiquement dur. Les équipements sur table doivent être installés sur le sol, à 1,5 m au moins du mur le plus proche, à moins qu'il ne soit spécifié dans le code d'essai correspondant qu'ils doivent être installés sur une table ou un support. Dans ce cas, l'équipement doit être placé au centre de la table d'essai.

7.4 Équipement auxiliaire

Il convient de s'assurer que les lignes électriques, les tuyauteries ou les conduits d'air connectés à la source en essai ne rayonnent pas dans l'environnement d'essai des quantités notables d'énergie acoustique.

Dans la mesure du possible, l'ensemble des équipements auxiliaires nécessaire au fonctionnement de la source mais n'en faisant pas partie intégrante (voir 7.1) doit être situé hors de l'environnement d'essai. Si cela est impossible, l'équipement auxiliaire doit être inclus et ses conditions de fonctionnement doivent être décrites dans le rapport d'essai.

7.5 Fonctionnement de la source pendant l'essai

S'il existe un code d'essai applicable au type particulier de machine ou équipement en essai, les essais doivent être effectués dans les conditions de fonctionnement spécifiées dans ce code. En l'absence de code d'essai, la source doit si possible fonctionner dans des conditions caractéristiques de son emploi normal. Il faut dans ce cas choisir une ou plusieurs des conditions de fonctionnement suivantes:

- a) conditions de charge et de fonctionnement spécifiées;
- b) fonctionnement sous pleine charge (si elle diffère de la charge spécifiée);

- c) fonctionnement sous charge nulle (à vide);
- d) fonctionnement dans les conditions correspondant à une émission de bruit maximale en utilisation normale;
- e) fonctionnement sous charge simulée et dans des conditions bien définies.

Les conditions d'essai doivent être définies avant le début de l'essai et maintenues constantes pendant toute sa durée. Il faut attendre que la source se soit stabilisée aux conditions de fonctionnement souhaitées avant de commencer l'essai.

Si l'émission sonore dépend également de paramètres de fonctionnement secondaires, tels que le type de matériau usiné ou d'outil employé, il faut choisir, si possible, parmi l'ensemble de ces paramètres ceux qui entraînent les variations les plus faibles et sont typiques du mode de fonctionnement. Le code d'essai acoustique applicable à une famille de machines particulière doit spécifier l'outil et le matériau nécessaires pour l'essai.

Pour les applications particulières, il convient de définir une ou plusieurs conditions de fonctionnement qui permettent à la fois d'obtenir une bonne reproductibilité de l'émission sonore des machines appartenant à une même famille, et de couvrir l'ensemble des conditions de fonctionnement les plus courantes et les plus typiques pour cette famille de machines. Ces conditions de fonctionnement doivent être spécifiées dans des codes d'essai particuliers.

Si les conditions de fonctionnement sont simulées, elles doivent être choisies de façon à fournir des niveaux de puissance acoustique représentatifs des conditions normales d'utilisation de la source en essai.

Si cela convient, les résultats obtenus avec différentes conditions de fonctionnement, chacune utilisée pendant un temps spécifié, doivent être combinés par moyennage énergétique, afin d'obtenir un résultat unique correspondant au mode de fonctionnement composite ainsi défini.

Les conditions de fonctionnement et la configuration de montage de la source utilisées pour les mesurages acoustiques doivent être décrites de façon détaillée dans le rapport d'essai.

8 Mesurages de la pression acoustique et calcul de la puissance acoustique

8.1 Mesurages initiaux

8.1.1 Emplacement de la source

La source en essai doit être installée dans la salle réverbérante, conformément aux paragraphes 7.2 et 7.3.

8.1.2 Positions de microphone

La distance minimale entre la source et la position de microphone la plus proche, pour chaque bande du domaine de fréquences utile, ne doit pas être inférieure à:

$$d_{\min} = C_1 \sqrt{VT_{\text{rev}}} \quad (3)$$

où

d_{\min} est la valeur numérique de la distance minimale entre la source et le microphone, exprimée en mètres (m);

$C_1 = 0,08$;

V est le volume de la salle réverbérante, exprimé en mètres cubes (m³);

T_{rev} est la durée de réverbération, exprimée en secondes (s).

En cas de recours à la méthode de comparaison, la distance minimale entre la source sonore et le microphone le plus proche peut également être calculée à l'aide de l'équation:

$$d_{\min} = C_2 \times 10^{(L_{WR} - L_{pT})/20} \quad (4)$$

où

d_{\min} est la valeur numérique de la distance minimale entre la source et le microphone, exprimée en mètres (m);

$C_2 = 0,4$;

L_{WR} est le niveau de puissance acoustique connu de la source sonore de référence, exprimé en décibels (dB);

L_{pT} est le niveau moyen de pression acoustique lorsque la source sonore de référence fonctionne dans la salle d'essai, exprimé en décibels (dB).

Afin de réduire au minimum l'erreur systématique de champ proche, il est fortement recommandé d'attribuer à C_1 la valeur 0,16, et à C_2 la valeur 0,8.

Lorsque la salle d'essai n'a pas été qualifiée conformément à l'annexe C, il faut choisir six positions de microphone pour l'estimation de l'écart-type. Les six microphones doivent être situés à plus de 1,0 m de toute surface de la salle réverbérante, et à une distance supérieure à d_{\min} de la source. La distance minimale entre les positions du microphone doit correspondre à la demi-longueur d'onde de la plus basse fréquence médiane de bande du domaine de fréquences utile. Pour les mesurages autres que l'estimation de S_M à partir de l'équation (6), il est possible d'utiliser une trajectoire microphonique continue.

Lorsque la salle et la configuration d'essai ont fait l'objet d'une qualification selon l'annexe A, les positions de microphone ou la trajectoire continue utilisées à cet effet doivent également servir pour les mesurages de la pression acoustique.

En cas d'utilisation d'une trajectoire microphonique continue, celle-ci doit répondre aux prescriptions suivantes:

- aucun point de la trajectoire ne doit être situé à moins de d_{\min} de la source;
- aucun point de la trajectoire ne doit être situé à moins de 1,0 m de toute surface de la salle d'essai;
- aucun point de la trajectoire ne doit, à aucun moment, être situé à moins de 0,5 m de toute surface d'un diffuseur tournant;
- il convient que la trajectoire du microphone ne traverse jamais un plan formant un angle de 10° avec une surface de la salle;
- la trajectoire du microphone peut être rectiligne ou en arc de cercle. La longueur, l , doit être au moins égale à $l \geq 3 \lambda$, λ étant la longueur d'onde acoustique correspondant à la plus basse fréquence médiane de bande du domaine de fréquences utile.

NOTE La longueur de trajectoire requise peut s'obtenir par division de la trajectoire en deux éléments (ou plus), pourvu que la distance minimale entre chaque trajectoire soit plus du double de la longueur d'onde de la plus basse fréquence médiane de bande du domaine de fréquences utile.

8.1.3 Mesurage du niveau de pression acoustique

Pour chaque condition de fonctionnement, il faut mesurer le niveau de pression acoustique temporel moyen par bandes d'un tiers d'octave pour chaque position de microphone, ou moyenné sur toute la trajectoire du microphone.

Dans le cas des sources produisant un bruit continu, le temps de mesurage doit être d'au moins 30 s pour les bandes de fréquences centrées sur 160 Hz ou inférieures. Pour les bandes de fréquences centrées sur 200 Hz ou supérieures, le temps de mesurage doit être d'au moins 10 s.

Lorsqu'une machine présente des modes de fonctionnement produisant des niveaux sonores différents, il convient de choisir un temps de mesurage approprié à chaque mode et en faire état dans le rapport d'essai.

Lors de l'utilisation d'une trajectoire microphonique, le temps d'intégration doit correspondre à un nombre entier de trajectoires complètes et doit comprendre au minimum deux trajectoires complètes.

En cas d'utilisation d'un diffuseur tournant, le temps de mesurage doit satisfaire aux prescriptions ci-dessus et doit être un multiple entier du temps de rotation, ou être égal à au moins 10 fois celui-ci.

On mesure le niveau du bruit de fond dans la salle, source éteinte, en mesurant le niveau de pression acoustique temporel moyen par bande d'un tiers d'octave pour chaque position du microphone, moyenné dans le temps ou sur la trajectoire du microphone. L'intervalle de temps de mesurage doit être comparable à celui de la source en essai. Cette mesure sera relevée immédiatement avant ou après le mesurage de la source.

5.1.4 Correction de bruit de fond

Les niveaux de pression acoustique mesurés, par bandes de fréquences, doivent être corrigés pour tenir compte du bruit de fond [voir 8.3 et équation (9)], en soustrayant la valeur de K_1 calculée pour chaque bande à l'aide de l'équation suivante :

$$K_1 = -10 \lg (1 - 10^{-0,1\Delta L}) \quad (5)$$

où

K_1 est la correction de bruit de fond, exprimée en décibels (dB);

$$\Delta L = \overline{L'_p} - \overline{L''_p}$$

$\overline{L'_p}$ est le niveau de pression acoustique quadratique moyen, dans une bande de fréquences donnée, moyenné sur l'ensemble des positions microphoniques ou sur la trajectoire du microphone, mesuré avec la source en essai en fonctionnement et exprimé en décibels (dB);

$\overline{L''_p}$ est le niveau de pression acoustique quadratique moyen du bruit de fond, dans une bande de fréquences donnée, mesuré immédiatement après la source en essai et moyenné sur l'ensemble des positions microphoniques ou sur la trajectoire du microphone, en décibels.

Pour les valeurs de ΔL telles que $10 \text{ dB} \leq \Delta L \leq 15 \text{ dB}$, les corrections peuvent être effectuées avec l'équation (5). Si $\Delta L > 15 \text{ dB}$, aucune correction n'est apportée.

Dans le cas d'équipements à faible niveau sonore, il se peut que $\Delta L < 10 \text{ dB}$ pour quelques bandes de fréquences du domaine utile. Dans ce cas, la correction maximale à apporter à ces bandes doit être de 0,5 dB. Lorsque de telles données sont relevées, il doit être clairement mentionné dans le texte du rapport d'essai, ainsi que sous forme de tableaux de résultats ou de graphiques, que ces données constituent une limite supérieure du niveau de puissance acoustique de la source en essai.

De plus, si le niveau de puissance acoustique global pondéré A doit être déterminé, sa valeur doit faire l'objet de deux calculs distincts:

- a) en utilisant les données par bandes dans le domaine de fréquences utile;
- b) en excluant les bandes de fréquences pour lesquelles $\Delta L < 10 \text{ dB}$.

Si la différence entre ces deux niveaux est inférieure à 0,5 dB, le niveau total calculé à l'aide des données de toutes les bandes doit être considéré comme conforme à la présente Norme internationale. Lorsque cette différence est supérieure à 0,5 dB, le niveau total calculé à l'aide des données de toutes les bandes représente une limite supérieure du niveau de puissance acoustique et doit être clairement mentionné en tant que tel dans le texte du rapport, ainsi que dans les tableaux de résultats ou les graphiques.

8.1.5 Détermination de l'écart-type

Sur la base des niveaux de pression acoustique mesurés à l'aide des procédures ci-dessus, l'écart-type doit être déterminé pour chaque bande de fréquences selon l'équation suivante:

$$S_M = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_M} (L_{pi} - L_{pm})^2 / (N_M - 1)} \quad (6)$$

où

S_M est l'écart-type du niveau de pression acoustique, mesuré aux six positions de microphone (dB);

L_{pi} est le niveau de pression acoustique temporel moyen, mesuré à la position i du microphone (dB);

L_{pm} est la moyenne arithmétique des niveaux de pression acoustique, mesurés aux six positions de microphone (dB);

$N_M = 6$.

NOTE Lorsque la salle et la configuration d'essai ont fait l'objet d'une qualification pour le mesurage de composantes tonales conformément à l'annexe C, le calcul de l'écart-type décrit ci-dessus n'est pas nécessaire.

8.1.6 Évaluation du nombre nécessaire de positions supplémentaires de microphone

Le nombre de positions du microphone N_M , nécessaire pour calculer le niveau moyen de pression acoustique selon 8.3, doit être déterminé à partir du Tableau 5, les écarts-types étant déterminés à l'aide de l'équation (6).

En cas d'utilisation d'une trajectoire microphonique, la longueur de la trajectoire doit être:

$$l \geq (\lambda / 2) N_M \quad (7)$$

où

l est la longueur de la trajectoire microphonique (m);

λ est la longueur d'onde acoustique à la fréquence médiane de bande (m);

N_M est le nombre de positions du microphone déterminé selon le Tableau 5.

Lorsque la salle et la configuration d'essai ont fait l'objet d'une qualification pour le mesurage de composantes tonales conformément à l'annexe A, la procédure ci-dessus n'est pas nécessaire et la valeur du nombre de positions du microphone (ou de la longueur de trajectoire continue du microphone) doit être la même que lors de la qualification.

Tableau 5 — Nombre minimal de positions du microphone N_M pour le mesurage des niveaux de pression acoustique

Fréquence Hz		Valeur minimale de N_M		
		Écart-type dB		
Octave	Tiers d'octave	$s_M \leq 1,5$	$1,5 < s_M \leq 3$	$s_M > 3$
125	100, 125, 160	6	6	6
250	200, 250, 315		6	12
500	400, 500, 630		12	24
$\geq 1\ 000$	≥ 800		15	30

3.1.7 Évaluation du nombre d'emplacements supplémentaires de la source

Lorsque l'écart-type du niveau de pression acoustique déterminé selon 8.1.5 est supérieur à 1,5 dB, le son émis par la source en essai comporte une proportion significative de composantes tonales. Dans ce cas, soit la salle ou la configuration d'essai doit subir une modification de manière à être qualifiée conformément à l'annexe A, soit le nombre N_S d'emplacements de la source doit être déterminé à l'aide de l'équation suivante et du Tableau 6:

$$N_S \geq K_S \left[(T_{rev}/V)(1\ 000/f)^2 + vN_M \right] \quad (8)$$

où

N_S est le nombre d'emplacements de la source pour le mesurage;

K_S est la valeur prise dans le Tableau 6;

T_{rev} est la valeur numérique de la durée de réverbération de la salle réverbérante, exprimée en secondes (s);

V est la valeur numérique du volume de la salle réverbérante, exprimée en mètres cubes (m^3);

f est la valeur numérique de la fréquence médiane de bande, exprimée en hertz (Hz);

N_M est le nombre d'emplacements du microphone pour le mesurage du niveau de pression acoustique, déterminé à partir du Tableau 5.

NOTE Pour rectifier une erreur dans le calcul d'origine et pour mieux refléter les résultats d'études analytiques et expérimentales récentes, la constante qui multiplie le terme $(T_{rev}/V)(1\ 000/f)^2$ a été fixée à 1,0 au lieu de 0,79 (voir les références [12] à [15]).

Tableau 6 — Nombre minimal d'emplacements de la source N_S et valeur de K_S pour le mesurage du niveau de pression acoustique

Fréquence Hz		K_S		
		Écart-type dB		
Octave	Tiers d'octave	$s_M \leq 1.5$	$1.5 < s_M \leq 3$	$s_M > 3$
125	100, 125, 160	----	2.5	5
250	200, 250, 315		5	10
500	400, 500, 630		12	20
$\geq 1\ 000$	≥ 800		12.5	25
Valeur minimale de N_S		1	Calculé d'après l'équation (8)	

NOTE L'emploi d'un diffuseur tournant peut réduire le nombre nécessaire de positions supplémentaires du microphone (voir annexe B). Le nombre nécessaire d'emplacements supplémentaires de la source peut également être réduit en limitant la durée de réverbération, afin d'augmenter le chevauchement des modes. Pour les fréquences inférieures à 1 000 Hz, il est recommandé que :

$$T_{rev} < V/(f \cdot 1\ 000)^2$$

où

V est la valeur numérique du volume de la salle, exprimée en mètres cubes (m^3);

f est la valeur numérique de la fréquence médiane de la bande de fréquences concernée, exprimée en hertz (Hz).

8.2 Mesurages complémentaires

Si les mesurages initiaux à l'aide de six positions de microphone et un emplacement de la source sont insuffisants pour les besoins des 8.1.6 et 8.1.7, des mesurages doivent être effectués à l'aide d'autres positions de microphone et/ou emplacements de la source. Ces mesurages complémentaires doivent être faits selon les prescriptions s'appliquant aux mesurages initiaux (voir de 8.1.1 à 8.1.4).

NOTE Lorsqu'un grand nombre de positions de microphone est requis, il est recommandé d'utiliser une trajectoire microphonique.

8.3 Détermination du niveau moyen de pression acoustique dans la salle réverbérante

Dans chaque bande de fréquences et pour chaque emplacement de la source, les niveaux de pression acoustique mesurés à toutes les positions du microphone ou sur toute la longueur de la (des) trajectoire(s) doivent être mesurés conformément à 8.1.3. Pour chaque emplacement de la source, les niveaux moyens de pression acoustique dans chaque bande de fréquences doivent être mesurés en calculant d'abord la moyenne des positions ou trajectoire(s) microphonique(s), puis en appliquant la correction de bruit de fond K_1 (voir 8.1.4) à l'aide de l'équation (9):

$$(\overline{L_p})_j = 10 \lg \left[\frac{1}{N_M} \sum_{i=1}^{N_M} 10^{0,1 L_{pi}} \right] \text{dB} - K_1 \quad (9)$$

où

$(\overline{L_p})_j$ est le niveau de pression acoustique, dans une bande de fréquences donnée, pour la position j de la source, moyenné sur l'ensemble des positions ou des trajectoires microphoniques (dB);

L_{pi} est soit la moyenne temporelle du niveau de pression acoustique dans une bande de fréquences donnée, mesurée à la position i du microphone pour l'emplacement j de la source (dB),

soit la moyenne temporelle du niveau de pression acoustique dans une bande de fréquences donnée, mesurée pour la trajectoire i du microphone pour l'emplacement j de la source, suivant le cas (dB);

K_i est la correction de bruit de fond dans une bande de fréquences donnée (dB);

N_M est le nombre de positions fixes ou de trajectoires distinctes du microphone pour chaque emplacement de la source.

Le cas échéant, le résultat sera ensuite moyenné sur l'ensemble des positions de la source à l'aide de l'équation (10):

$$\overline{L_p} = 10 \lg \left[\frac{1}{N_S} \sum_{j=1}^{N_S} 10^{0,1 (\overline{L_p})_j} \right] \quad (10)$$

où

$\overline{L_p}$ est le niveau de pression acoustique dans une bande de fréquences donnée, moyenné sur tous les emplacements de la source et toutes les trajectoires microphoniques (dB);

N_S est le nombre d'emplacements de la source.

8.4 Détermination du niveau de puissance acoustique de la source

Le niveau de puissance acoustique de la source de bruit par bande de fréquences doit être déterminé à l'aide de l'une des méthodes indiquées en 8.4.1 et 8.4.2.

8.4.1 Méthode de détermination utilisant l'aire équivalente d'absorption acoustique (méthode directe)

Le niveau de puissance acoustique de la source en essai se détermine à l'aide de l'équation (11), en utilisant le niveau moyen de pression acoustique calculé en 8.3 et l'aire équivalente d'absorption de la salle réverbérante déterminée après l'installation de la source.

$$L_W = \overline{L_p} + \left\{ 10 \lg \frac{A}{A_0} + 4,34 \frac{A}{S} + 10 \lg \left(1 + \frac{S \cdot c}{8 \cdot V \cdot f} \right) - 25 \lg \left[\frac{423}{400} \sqrt{\frac{273}{273 + \theta}} \cdot \frac{B}{B_0} \right] - 6 \right\} \text{ dB} \quad (11)$$

où

L_W est le niveau de puissance acoustique de la source en essai (dB);

$\overline{L_p}$ est le niveau moyen de pression acoustique dans la salle (dB);

A est l'aire équivalente d'absorption acoustique de la salle (m²);

$A_0 = 1 \text{ m}^2$;

S est la surface totale de la salle réverbérante (m²);

V est le volume de la salle (m^3);

f est la fréquence médiane de bande (Hz);

c est la vitesse du son à la température θ

$$c = 20,05 \sqrt{273 + \theta} \text{ m/s}$$

θ est la température ($^{\circ}C$);

B est la pression atmosphérique (Pa);

$B_0 = 10^5 \text{ Pa}$.

NOTE 1 Dans l'équation (11), le terme 4,34 A/S dB a été ajouté afin de prendre en compte l'absorption de l'air dans la salle d'essai (voir la référence [16]).

NOTE 2 Dans l'équation (11), le terme comprenant la température, θ , et la pression, B , est calculé pour les conditions météorologiques réelles du site de mesure. Ce terme sert à ajuster les niveaux de puissance acoustique mesurés sur ceux mesurés dans des conditions météorologiques correspondant à une impédance caractéristique $\rho c = 400 \text{ N}\cdot\text{s m}^{-3}$.

L'aire équivalente d'absorption de la salle, A , doit être calculée pour chaque bande de fréquences, à l'aide de l'équation de Sabine donnant la durée de réverbération (voir l'ISO 354):

$$A = \frac{55,26}{c} \left(\frac{V}{T_{\text{rev}}} \right) \quad (12)$$

où

A est la valeur numérique de l'aire équivalente d'absorption acoustique de la salle, exprimée en mètres carrés (m^2);

T_{rev} est la valeur numérique de la durée de réverbération dans une bande de fréquences donnée, exprimée en secondes (s);

V est la valeur numérique du volume de la salle d'essai, exprimée en mètres cubes (m^3).

Mesurer la durée de réverbération, T_{rev} , conformément à l'ISO 354, en utilisant seulement la décroissance sur les dix ou quinze premiers décibels, appelées respectivement T_{10} et T_{15} . Pour les bandes de tiers d'octave comprises entre 6 300 Hz et 10 kHz, utiliser le même nombre de mesurages que pour la bande de tiers d'octave de 5 000 Hz.

8.4.2 Méthode de détermination utilisant une source sonore de référence de niveau de puissance acoustique connu (méthode de comparaison)

8.4.2.1 Installation de la source sonore de référence

Les emplacements de la source sonore de référence doivent être situés au sol et à plus de 1,5 m des parois de la salle réverbérante et de la source en essai. En cas d'utilisation d'emplacements multiples de la source en essai, plusieurs positions de la source sonore de référence ne sont pas nécessaires.

8.4.2.2 Détermination du niveau moyen de pression acoustique émis dans la salle

Le niveau moyen de pression acoustique produit dans la salle par le fonctionnement de la source sonore de référence doit être déterminé conformément à 8.3. Étant donné que le niveau de pression acoustique émis par la source sonore de référence doit être supérieur d'au moins 15 dB au bruit de fond dans toutes les bandes du domaine d'intérêt, aucune correction de bruit de fond n'est requise.

8.4.2.3 Détermination du niveau de puissance acoustique de la source en essai

Le niveau de puissance acoustique de la source en essai doit être déterminé à l'aide de l'équation suivante, à partir des niveaux moyens de pression acoustique relevés dans la salle pour la source sonore de référence et pour la source en essai.

$$L_W = L_{Wr} + (L_p - L_{pr}) \quad (13)$$

où

- L_W est le niveau de puissance acoustique par bande de tiers d'octave de la source en essai (dB);
- L_{Wr} est le niveau de puissance acoustique par bandes de tiers d'octave de la source sonore de référence, étalonnée aux conditions météorologiques correspondant à une impédance caractéristique $\rho c = 400 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^3$;
- L_p est le niveau moyen de pression acoustique par bande de tiers d'octave (dB) relevé dans la salle pour la source en essai (dB), déterminé conformément à 8.1, 8.2 et 8.3;
- L_{pr} est le niveau moyen de pression acoustique par bande de tiers d'octave (dB) relevé dans la salle pour la source sonore de référence, déterminé conformément à 8.3.

NOTE Pour obtenir les niveaux de puissance acoustique normalisés lorsqu'on utilise la méthode de comparaison, les valeurs étalonnées utilisées pour les calculs sont celles valables dans les conditions météorologiques correspondant à une impédance caractéristique $\rho c = 400 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^3$. Les valeurs étalonnées de la source sonore de référence ne sont pas corrigées pour tenir compte des conditions météorologiques réelles régnant sur le site de mesure.

8.5 Détermination du niveau de puissance acoustique pondéré A de la source

Lorsque cela est nécessaire, le niveau de puissance acoustique pondéré A de la source doit être déterminé selon la procédure indiquée en annexe F.

9 Informations à consigner

Les informations spécifiées de 9.1 à 9.4 doivent, le cas échéant, être rassemblées et consignées pour tout mesurage effectué conformément à la présente Norme internationale.

9.1 Sources de bruit en essai

Les informations suivantes doivent être consignées:

- a) la description de la source en essai (y compris ses dimensions);
- b) les conditions de fonctionnement;
- c) les conditions de montage;
- d) le (les) emplacement(s) de la source sonore dans la salle d'essai;
- e) le (les) emplacement(s) de la source sonore de référence dans la salle d'essai.

9.2 Environnement acoustique

Les informations suivantes doivent être consignées:

- a) la description de la salle d'essai, y compris les dimensions exprimées en mètres, le traitement de surface des parois, du plafond et du plancher; un croquis indiquant l'emplacement de la source et des objets présents dans la salle;
- b) la température de l'air en degrés Celsius, l'humidité relative exprimée en pourcentage et la pression atmosphérique, en pascals.

9.3 Appareillage

Les informations suivantes doivent être consignées:

- a) l'appareillage utilisé pour les mesurages, y compris le nom, le type, le numéro de série et le nom du constructeur;
- b) la date, le lieu et les méthodes utilisés pour l'étalonnage du calibre acoustique et de la chaîne de mesure conformément à 6.1 ainsi que, le cas échéant, de la source sonore de référence conformément à 3.9.

9.4 Données acoustiques

Les informations suivantes doivent être consignées:

- a) l'emplacement et l'orientation de la trajectoire microphonique ou du réseau de microphones (il convient de joindre un croquis si nécessaire), ainsi qu'une description du mode de déplacement du microphone le long de la trajectoire;
- b) les corrections éventuelles, en décibels, appliquées dans chaque bande de fréquences afin de tenir compte du bruit de fond;
- c) les niveaux de puissance acoustique, en décibels, donnés sous forme de tableau et arrondis de préférence au dixième de décibel le plus proche, ou sinon au demi-décibel le plus proche (obligatoire). Il est possible, en outre, de joindre une représentation graphique;
- d) la date et l'heure auxquelles ont été effectués les mesurages.

Si l'on calcule le niveau de puissance acoustique pondéré A, la méthode de calcul de l'annexe F doit être suivie.

10 Informations à faire figurer dans le rapport d'essai

Seules les données consignées (voir l'article 9) nécessaires aux besoins des mesurages (voir ISO 4871) doivent figurer dans le rapport d'essai.

Le rapport doit indiquer si les niveaux de puissance acoustique consignés ont ou non été obtenus en conformité totale avec les prescriptions de la présente Norme internationale.

Le niveau de puissance acoustique pondéré A de la source en essai doit être arrondi au demi-décibel le plus proche.

NOTE L'ISO 9296 exige que les niveaux déclarés de puissance acoustique pondérés A, L_{WA} , des équipements informatiques et de bureau soient exprimés en Bel, en utilisant l'identité $1 \text{ B} = 10 \text{ dB}$.

Annexe A (normative)

Méthode de qualification de la salle pour le mesurage de composantes tonales

A.1 Introduction

Lorsque le bruit émis par l'équipement soumis à l'essai contient une part significative de composantes tonales, des problèmes peuvent apparaître au cours des mesurages, car la variance spatiale du champ sonore, ainsi que la variance dans l'espace et le domaine de fréquences du couplage d'une source de bruit avec les modes d'une salle réverbérante, sont plus fortes dans le cas de bruits à composantes tonales que dans celui de bruits à large bande. Les paragraphes 8.1.5 à 8.1.7 de la présente Norme internationale décrivent la manière de résoudre ces problèmes au cas par cas, selon les besoins. L'alternative à ces méthodes consiste à optimiser la conception d'origine de la salle et de la configuration d'essai afin de parvenir à une précision de mesurage conforme aux objectifs de l'article 4, quelle que soit la composition spectrale. Du fait qu'il est impossible de quantifier à l'avance les performances acoustiques de la plupart des caractéristiques de conception considérées lors d'optimisations de ce type, la présente annexe fournit une méthode de qualification expérimentale visant à déterminer l'efficacité combinée de toutes les caractéristiques de l'installation d'essai (voir les références [19] à [26]).

Aux basses fréquences, le principal problème est lié au faible nombre de modes de la salle qui peuvent être excités à une fréquence quelconque donnée. Ce défaut peut être compensé par l'usage de salles plus grandes, une optimisation des proportions (voir D.3) et l'ajout d'éléments absorbants dans la salle, de manière à élargir la réponse en fréquence (largeur de bande modale) de chaque mode (voir D.4). Les critères de qualification (voir le Tableau A.1) peuvent toutefois n'être respectés aux basses fréquences que par l'usage de grands diffuseurs tournants du type décrit à l'annexe B.

Dans les hautes fréquences, le facteur limitant est le nombre de positions de microphone utilisées. L'usage d'un réseau de positions discrètes est possible sous réserve d'utiliser un diffuseur tournant, mais il est souvent nécessaire d'avoir recours à un système de calcul continu de la moyenne spatiale à l'aide d'une longue trajectoire microphonique. Les trajectoires circulaires permettent, dans un espace donné, de mesurer sur des longueurs plus grandes qu'avec des lignes droites, et facilitent l'automatisation du déplacement.

Tableau A.1 — Écarts-types maximaux admissibles, s_f

Fréquence médiane des bandes d'octave Hz	Fréquences médianes des bandes de tiers d'octave Hz	Écarts-types maximaux admissibles dB
125	100 à 160	3,0
250	200 à 315	2,0
500	400 à 630	1,5
1 000 et 2 000	800 à 2 500	1,0

A.2 Généralités

La méthode décrite dans la présente annexe permet d'estimer la limite supérieure de l'incertitude liée au mesurage des composantes tonales en salle réverbérante, en utilisant un emplacement particulier de la source ou une série d'emplacements, et un réseau ou une trajectoire microphonique donné(e). Si les écarts-types ne dépassent pas les valeurs indiquées au Tableau A.1 pour le domaine de fréquences utile, le dispositif d'essai (qui comprend le (les) emplacement(s) de la source, l'appareillage de mesure, le diffuseur tournant (le cas échéant) et le réseau ou la trajectoire microphonique) convient aux essais de toute source de bruit dont le spectre contient une part significative de composantes tonales. Aucune évaluation complémentaire (telle que celle de 8.1.5) n'est donc nécessaire, quel que soit le type d'équipement particulier soumis à l'essai.

La méthode de qualification repose sur le postulat que l'utilisation d'un signal pur représente le cas le plus défavorable, de sorte que les écarts-types obtenus d'après cette méthode sont supérieurs ou égaux à l'incertitude de mesurage pour un essai conduit sur une source de bruit réaliste quelconque.

A.3 Appareillage de mesure

Les éléments suivants sont nécessaires pour l'essai de qualification de la salle, en plus de l'appareillage de mesure et du réseau ou de la trajectoire microphonique, spécifiés aux articles 6 et 8:

- a) un haut-parleur de diamètre inférieur ou égal à 200 mm, monté dans une enceinte close;
- b) un générateur de signaux, un synthétiseur de fréquences ou un oscillateur; un fréquencemètre ou un analyseur peuvent être utilisés pour déterminer la fréquence; un amplificateur et un voltmètre.

Il peut être nécessaire d'essayer plusieurs modèles de haut-parleurs avant d'en trouver un dont la réponse en fréquences soit suffisamment linéaire pour satisfaire aux prescriptions de l'article A.4.

Le générateur de signaux, le synthétiseur de fréquences ou l'oscillateur doivent permettre de générer une ou plusieurs sinusoïdes, aux fréquences et dans les tolérances indiquées au Tableau A.2. Ils doivent présenter une stabilité de $\pm 0,1$ Hz sur l'ensemble du domaine de fréquences utile et une distorsion harmonique totale inférieure à 0,1 %.

Le fréquencemètre ou l'analyseur de fréquences doit être précis à $\pm 0,05$ Hz près sur l'ensemble du domaine de fréquences utile.

L'amplificateur de puissance utilisé pour alimenter le haut-parleur doit avoir une impédance de sortie compatible avec l'impédance électrique du haut-parleur et disposer d'une réserve de puissance suffisante (voir A.4).

Le voltmètre doit être suffisamment précis pour permettre le contrôle de la tension aux bornes du haut-parleur dans une fourchette de $\pm 1,0$ %, pour toutes les fréquences d'essai indiquées au Tableau A.2.

A.4 Essai du haut-parleur

Placer le haut-parleur à l'endroit adéquat sur le sol dur et réfléchissant d'une salle semi-anéchoïque, le cône du haut-parleur étant orienté vers le haut. Placer un microphone, de marque de fabrication et de modèle identiques à ceux du microphone utilisé en salle réverbérante, en orientant son diaphragme à l'horizontale, à une distance coaxiale de 10 mm à 20 mm au-dessus du plan décrit par la jante du haut-parleur. À l'aide du même dispositif indicateur et du même analyseur de fréquences que lors des déterminations de la puissance acoustique (voir 6.1), mesurer et enregistrer les niveaux de pression acoustique aux fréquences d'essai indiquées au Tableau A.2, au demi-décibel près le plus proche.

Il convient de signaler que l'essai du haut-parleur utilise les mesurages en champ proche pour déterminer la réponse en fréquence du haut-parleur. Ce principe repose sur le fait qu'il existe, entre le niveau de pression acoustique en champ proche émis par une petite source monopolaire et le niveau de puissance acoustique, une

relation fondamentalement indépendante de la fréquence, car la partie réelle de l'admittance acoustique vue par une telle source est fondamentalement indépendante de la fréquence.

Le haut-parleur ne convient que si la différence entre les niveaux de pression acoustique mesurés à des fréquences adjacentes ne dépasse pas 1 dB.

A.5 Essai de la salle

Placer le haut-parleur de sorte que le cône tourne le dos à la plus proche surface de la salle (y compris le sol), en un ou plusieurs emplacements (coordonnées horizontales et verticales) correspondant à un ou plusieurs des emplacements de la source à qualifier. Le microphone doit être situé sur une trajectoire ou aux positions fixes d'un réseau, et le signal de sortie doit être échantillonné de la même manière que pour le relevé des niveaux de pression acoustique (voir 8.3). En cas d'utilisation d'un diffuseur rotatif ou oscillant, celui-ci doit être en marche.

Déterminer la moyenne spatio-temporelle du niveau de pression acoustique aux fréquences d'essai indiquées dans le Tableau A.2. La tension à l'entrée du haut-parleur doit être la même que lors de l'essai de ce dernier (voir A.4).

NOTE Si l'on utilise un réseau de positions fixes de microphone, il est possible soit de procéder par balayage et ainsi obtenir automatiquement le niveau de pression acoustique moyen (voir le 8.3), soit de déterminer les niveaux à chaque position du microphone puis de calculer le niveau moyen.

Les fréquences ne doivent pas fluctuer de plus de $\pm 0,1$ Hz durant chaque série de mesurages.

A.6 Méthode de calcul

Corriger les niveaux relevés dans la salle selon A.5 afin d'éliminer l'influence des caractéristiques de champ proche du haut-parleur, en soustrayant pour chaque fréquence le niveau relevé avec le haut-parleur selon A.4, de manière à obtenir les niveaux de pression acoustique corrigés, L_{pi} .

Pour chaque bande de tiers d'octave, calculer la moyenne arithmétique, L_{pm} , des niveaux de pression acoustique dans la salle ainsi corrigés, puis calculer l'écart-type, s_f , de la différence entre les niveaux corrigés et le niveau moyen:

$$s_f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_f} (L_{pi} - L_{pm})^2}{N_f - 1}} \quad (\text{A.1})$$

où

s_f est l'écart-type du niveau de pression acoustique par bandes (dB);

L_{pi} est le niveau moyen de pression acoustique (corrigé pour tenir compte de la réponse du haut-parleur) produit dans la salle d'essai par le haut-parleur lorsque celui-ci est excité à la fréquence d'essai k , et moyenné sur l'ensemble des positions microphoniques (ainsi que, le cas échéant, sur l'ensemble des emplacements du haut-parleur) (dB);

L_{pm} est la moyenne arithmétique des valeurs de L_{pi} , résultant du moyennage sur l'ensemble des fréquences d'essai N_f dans une bande de fréquences donnée (dB);

N_f est le nombre de fréquences d'essai dans une bande de tiers d'octave donnée.

Tableau A.2 — Fréquences d'essai pour la qualification d'une salle réverbérante pour le mesurage des niveaux de puissance acoustique de sources de bruit dont l'émission contient des composantes tonales significatives

Fréquences médianes des bandes de tiers d'octave															
Hz															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
	—	—	147	—	—	—	361	—	—	—	—	—	1470	—	—
	—	113	148	—	226	—	364	—	—	—	—	1130	1489	—	2260
	—	114	149	—	228	—	367	445	564	712	—	1140	1490	—	2280
	90	115	150	180	230	285	370	450	570	720	900	1150	1500	1800	2300
	91	116	151	182	232	288	373	455	576	728	910	1160	1510	1820	2320
	92	117	152	184	234	291	376	460	582	736	920	1170	1520	1840	2340
	93	118	153	186	236	294	379	465	588	744	930	1180	1530	1860	2360
	94	119	154	188	238	297	382	470	594	752	940	1190	1540	1880	2380
	95	120	155	190	240	300	385	475	600	760	950	1200	1550	1900	2400
	96	121	156	192	242	303	388	480	606	768	960	1210	1560	1920	2420
	97	122	157	194	244	306	391	485	612	776	970	1220	1570	1940	2440
	98	123	158	196	246	309	391	490	618	784	980	1230	1580	1960	2460
	99	124	159	198	248	312	397	495	624	792	990	1240	1590	1980	2480
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
	101	126	161	202	252	318	403	505	636	808	1010	1260	1610	2020	2520
	102	127	162	204	254	321	406	510	642	816	1020	1270	1620	2040	2540
	103	128	163	206	256	324	409	515	648	824	1030	1280	1630	2060	2560
	104	129	164	208	258	327	412	520	654	832	1040	1290	1640	2080	2580
	105	130	165	210	260	330	415	525	660	840	1050	1300	1650	2100	2600
	106	131	166	212	262	333	418	530	666	848	1060	1310	1660	2120	2620
	107	132	167	214	264	336	421	535	672	856	1070	1320	1670	2140	2640
	108	133	168	216	266	339	424	540	678	864	1080	1330	1680	2160	2660
	109	134	169	218	268	342	427	545	684	872	1090	1340	1690	2180	2680
	110	135	170	220	270	345	430	550	690	880	1100	1350	1700	2200	2700
	111	136	171	222	272	348	433	555	696	888	1110	1360	1710	2200	2720
	—	137	172	—	274	—	436	—	702	—	—	1370	1720	—	2740
	—	138	173	—	276	—	439	—	—	—	—	1380	1730	—	2760
Incrément, Hz	1	1	1	2	2	3	3	5	6	8	10	10	10	20	20
Tolérances sur l'incrément, Hz	± 0,3	± 0,3	± 0,3	± 0,5	± 0,5	± 1	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 3	± 5	± 5	± 5	± 5
Nombre de fréquences d'essai, N_f	22	26	27	22	26	22	27	23	24	23	22	26	23	22	26

A.7 Qualification

Pour chaque bande de fréquences particulière, le dispositif d'essai [salle, emplacement(s) de la source, appareillage de mesure, diffuseur tournant (le cas échéant) et réseau ou trajectoire microphonique] est qualifié pour le mesurage du niveau de puissance acoustique produit par des sources de bruit contenant des composantes tonales significatives, si l'écart-type calculé ne dépasse pas les limites indiquées au Tableau A.1.

Il n'est pas nécessaire de qualifier la salle d'essai pour les fréquences situées au-delà de la bande de tiers d'octave centrée sur 2 500 Hz.

Si l'on utilise une trajectoire microphonique continue de longueur l , il n'est nécessaire de procéder à la qualification que pour les fréquences inférieures à la plus élevée des fréquences f_1 et f_2 , avec:

$$f_1 = \frac{6\,000}{l}$$

$$f_2 = \frac{5\,000}{\sqrt{V}}$$

où

l est la valeur numérique de la longueur de la trajectoire microphonique, exprimée en mètres (m);

V est la valeur numérique du volume de la salle d'essai, exprimée en mètres cubes (m³).

A.8 Emplacements multiples de la source

Si, en prévision de l'utilisation d'emplacements multiples de la source, la variante de la méthode de qualification est mise en œuvre pour des emplacements multiples du haut-parleur, les niveaux de pression acoustique doivent être moyennés, pour chaque fréquence, selon la méthode du 8.3 avant le calcul de l'écart-type d'après l'équation (A.1).

Lorsque la qualification repose sur différents emplacements du haut-parleur, la même série d'emplacements doit être utilisée pour l'essai proprement dit. La moyenne des niveaux de pression acoustique sur les positions du microphone et les emplacements de la source doit être calculée.

Annexe B (informative)

Principes directeurs pour la conception des diffuseurs tournants

Les diffuseurs tournants sont utiles pour deux raisons:

- a) premièrement, le diffuseur réduit la variance spatiale de la pression acoustique quadratique moyenne dans la salle, donnant des estimations plus exactes du niveau de pression acoustique moyen dans l'espace;
- b) deuxièmement, le diffuseur tournant distribue le flux de puissance acoustique dans la salle, rendant normalement la puissance acoustique de la source moins dépendante des dimensions de la salle et de l'emplacement de la source dans la salle réverbérante.

L'efficacité des diffuseurs tournants dépend en premier lieu de leur taille. Il convient donc qu'un diffuseur soit aussi grand que les dimensions de la salle le permettent. Il convient que les panneaux des diffuseurs ne soient pas de construction légère. Il est recommandé d'utiliser une masse surfacique d'au moins 5 kg/m^2 . Il convient que la vitesse de rotation soit assez élevée pour que l'on puisse prendre la moyenne de la pression acoustique sur au moins une rotation complète du diffuseur.

On peut résoudre les problèmes de conception pratiques posés par des panneaux grands et lourds, tournant à une vitesse élevée, en donnant au diffuseur la forme d'un disque, d'un cône ou d'un cylindre, et en répartissant les surfaces de sorte que le centre de gravité se trouve sur l'axe du diffuseur. On a utilisé avec succès un diffuseur à double cône, de 5 m de diamètre, tournant à raison de $2,6 \text{ rad/s}$. Il apparaît que les surfaces diffusantes qui ne sont parallèles à aucune surface de la salle donnent les meilleurs résultats.

NOTE Les références [27] et [28] donnent des exemples d'utilisation de diffuseurs tournants destinés à faciliter la qualification des salles.

Annexe C (informative)

Extension aux fréquences inférieures à 100 Hz

C.1 Gamme de fréquences supplémentaire

Pour effectuer les mesurages dans les bandes de fréquences inférieures à 100 Hz, il est conseillé aux utilisateurs de la présente Norme internationale d'utiliser la technique comparative décrite en 8.4.2. Il convient que la source sonore de référence ne présente aucune composante tonale dans ces bandes. (Certains ventilateurs installés sur la source de référence ont présenté une émission tonale de forte amplitude dans les basses fréquences, d'où des résultats faiblement reproductibles lorsqu'ils sont utilisés à ces mêmes fréquences.) Les informations suivantes ne s'appliquent que lorsque cette technique est employée.

Il convient de ne pas essayer de mesurer les sources émettant des sons purs.

C.2 Complément au Tableau 2

Tableau C.1 — Valeurs supérieures estimées de l'écart-type de reproductibilité pour les niveaux de puissance acoustique en dessous de 100 Hz

Fréquences médianes des bandes de tiers d'octave Hz	Valeur supérieure de l'écart-type de reproductibilité dB
50 – 63 – 80	7,5

Pour les salles de volume supérieur à 200 m³, on peut s'attendre à des écarts-types de reproductibilité plus faibles.

C.3 Complément au Tableau 3 (Volume minimal de la salle d'essai en fonction de la bande de fréquences utile la plus basse)

Les volumes de 600 m³ ou plus sont préférables, mais un volume de 200 m³ est acceptable. Plus le volume augmente, plus la fidélité et la précision des niveaux de puissance aux basses fréquences sont grandes.

C.4 Complément aux Tableaux 5 et 6 (Nombre minimal de positions du microphone N_M et d'emplacements de la source N_S pour le mesurage du niveau de pression acoustique)

Les mêmes valeurs que pour 125 Hz sont applicables.

Annexe D (informative)

Principes directeurs pour la conception des salles réverbérantes

D.1 Généralités

Pour permettre la détermination précise du niveau de puissance acoustique d'un dispositif, d'une machine, d'un composant ou d'un sous-ensemble, il convient que la salle réverbérante ait:

- a) un volume adéquat;
- b) une forme convenable et/ou des éléments diffusants convenables;
- c) une absorption acoustique faible appropriée dans le domaine de fréquences utile;
- d) un niveau de bruit de fond suffisamment faible.

D.2 Volume de la salle d'essai

Les prescriptions relatives à la salle d'essai sont indiquées en 5.2.

NOTE 1 Comme il est montré dans le Tableau 3, un volume de 200 m³ est nécessaire pour les mesures courantes dans lesquelles la bande d'octave centrée sur 125 Hz (ou la bande de tiers d'octave centrée sur 100 Hz) est la bande la plus basse du domaine de fréquences utile.

NOTE 2 Dans les grandes salles (c'est-à-dire celles qui ont un volume supérieur à 200 m³), l'absorption de l'air peut provoquer une réduction indésirable de l'uniformité du champ réverbéré aux fréquences supérieures à 3 000 Hz.

D.3 Forme de la salle d'essai et des éléments diffusants

Si la salle n'est pas rectangulaire, il convient qu'il n'y ait aucune surface parallèle. Si elle est rectangulaire, il convient que ses proportions soient choisies de façon que le rapport de deux dimensions quelconques ne soit pas égal, ou approximativement égal, à un nombre entier.

NOTE Les proportions 1 : 2^{1/3} : 4^{1/3} sont fréquemment employées : d'autres rapports de dimensions de salles, qui se sont révélés satisfaisants pour des salles ayant un volume voisin de 200 m³, sont indiqués dans le Tableau D.1.

**Tableau D.1 — Rapports de dimensions de salles recommandés
pour des salles rectangulaires**

l_y/l_x	l_z/l_x
0.83	0.47
0.83	0.65
0.79	0.63
0.68	0.42
0.70	0.59
NOTE Les symboles l_x , l_y et l_z représentent les dimensions de la salle.	

D.4 Absorption de la salle d'essai

Le coefficient d'absorption acoustique des surfaces de la salle réverbérante doit être suffisamment faible pour garantir un champ réverbéré adéquat.

Le coefficient d'absorption acoustique doit être suffisamment élevé pour minimiser l'influence des modes de la salle sur la puissance acoustique émise par la source en dessous d'une fréquence, f_c , donnée par:

$$f_c = \frac{2\,000}{V^{1/3}} \text{ Hz}$$

où V est la valeur numérique du volume de la salle, exprimée en mètres cubes (m^3).

Le coefficient moyen d'absorption acoustique, $\bar{\alpha}$, de l'ensemble des surfaces de la salle réverbérante, ne doit pas être supérieur à 0.16. Pour les fréquences supérieures à f_c , il convient que le coefficient moyen d'absorption acoustique ne dépasse pas 0.06.

Annexe E (normative)

Méthode de qualification de la salle d'essai pour le mesurage de bruits à large bande

E.1 Introduction

Si le volume de la salle est inférieur à la valeur spécifiée en 5.2. ou si l'absorption de la salle est supérieure à la valeur spécifiée en 5.3. la méthode décrite dans la présente annexe doit être utilisée pour déterminer si les bruits à large bande peuvent, ou non, être mesurés avec la précision spécifiée au Tableau 2. Cette méthode fournit une mesure des incertitudes dues au couplage entre la source de bruit et le champ réverbéré, ainsi que des incertitudes dues à la méthode de calcul de la moyenne spatio-temporelle (voir référence [18]). La précision des mesurages de bruits à large bande pour chaque bande d'octave ou de tiers d'octave est exprimée en terme d'écart-type des mesures.

E.2 Appareillage et dispositif de mesure

L'appareillage de mesure et la trajectoire microphonique ou le réseau de microphones doivent être les mêmes que ceux utilisés pour réaliser l'essai sur une source. La méthode d'essai indiquée dans la présente annexe exige l'emploi d'une source sonore de référence ayant les caractéristiques spécifiées dans l'ISO 6926.

L'appareillage de mesure doit être conforme aux prescriptions données à l'article 6.

La trajectoire microphonique ou le réseau de microphones doit être conforme aux prescriptions données en 8.1.2.

E.3 Méthode d'essai

Au moins six mesurages, dans le champ réverbéré, des niveaux de pression acoustique par bande de tiers d'octave ou d'octave doivent être effectués, chacun avec la source sonore de référence disposée en un emplacement différent de la salle, dans les conditions suivantes:

- a) la source doit être placée au sol, à une distance d'au moins $\lambda/2$ d'une paroi, et ne doit pas être plus proche du microphone qu'il n'est autorisé par 8.1.2. La distance entre deux emplacements quelconques de la source doit être supérieure à $\lambda/4$, λ étant la longueur d'onde à la bande médiane de la fréquence la plus basse pour laquelle la salle doit être qualifiée. Aucun emplacement de la source ne doit se trouver sur un axe de la salle. Les emplacements de la source doivent être situés à proximité de l'emplacement prévu pour la source à évaluer;
- b) la source sonore de référence étant placée en chacun des emplacements définis ci-dessus, les niveaux de pression acoustique par bandes de tiers d'octave ou d'octave doivent être arrondis au demi-décibel le plus proche;
- c) la trajectoire microphonique, ou le réseau de microphones, les diffuseurs acoustiques (s'ils sont utilisés), l'appareillage de mesure et l'intervalle d'observation doivent être identiques à ceux employés pour effectuer les essais réels avec l'équipement placé dans la zone qualifiée.

E.4 Calcul

Dans chaque bande de fréquences pour laquelle la salle d'essai doit être qualifiée, l'écart-type s_s doit être calculé d'après la formule suivante:

$$s_s = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_S} (L_{pi} - L_{pm})^2 / (N_S - 1)} \tag{E.1}$$

où

s_s est l'écart-type du niveau de pression acoustique par bandes (dB);

L_{pi} est le niveau de pression acoustique par bandes mesuré d'après la méthode de calcul de la moyenne spatio-temporelle décrite en 8.3 (dB);

L_{pm} est la moyenne arithmétique des niveaux de pression acoustique par bandes (dB);

N_S est le nombre d'emplacements de la source.

E.5 Qualification

Pour chaque bande de fréquences, la salle d'essai est qualifiée pour le mesurage de bruits à large bande si l'écart-type calculé ne dépasse pas les limites spécifiées dans le Tableau E.1.

Tableau E.1 — Écart-type maximal admissible des valeurs de L_{pi}

Fréquences médianes des bandes d'octave Hz	Fréquences médianes des bandes de tiers d'octave Hz	Écart-type maximal admissible dB
125	100 à 160	1,5
250 et 500	200 à 630	1,0
1 000 et 2 000	800 à 2 500	0,5
4 000 et 8 000	3 150 à 10 000	1,0

Annexe F (normative)

Procédure de calcul des niveaux de puissance acoustique par bandes d'octave et du niveau de puissance acoustique pondéré A à partir des niveaux de puissance acoustique par bandes de tiers d'octave

F.1 Calculer les niveaux de puissance acoustique par bandes d'octave à l'aide de l'équation suivante:

$$L_{Wi} = 10 \lg \sum_{j=3i-2}^{3i} 10^{0,1L_{Wj}} \quad (\text{F.1})$$

où

L_{Wi} est le niveau dans la bande d'octave i (dB);

L_{Wj} est le niveau dans la bande de tiers d'octave j (dB);

i, j sont donnés en F.3 au Tableau F.1.

F.2 Calculer le niveau de puissance acoustique pondéré A à l'aide de l'équation suivante:

$$L_{WA} = 10 \lg \sum_{j=j_{\min}}^{j_{\max}} 10^{0,1L_{Wj} + C_j} \quad (\text{F.2})$$

où

L_{Wj} est le niveau dans la bande de tiers d'octave j (dB);

j et C_j sont données respectivement en F.3 pour les données par bandes de tiers d'octave; j_{\min} et j_{\max} sont les valeurs de j correspondant respectivement aux bandes de fréquences la plus basse et la plus haute du mesurage, conformément au Tableau F.1.

F.3 Pour les calculs effectués avec les données par bandes de tiers d'octave, la valeur de C_j est extraite du Tableau F.1.

Tableau F.1 — Valeurs de j et C_j pour les données par bandes de tiers d'octave

i	j	Fréquence médiane de la bande de tiers d'octave Hz	C_j (dB)
1	1	50 ^a	- 30.2
	2	63 ^{a b}	- 26.2
	3	80 ^a	- 22.5
2	4	100	- 19.1
	5	125	- 16.1
	6	160	- 13.4
3	7	200	- 10.9
	8	250	- 8.6
	9	315	- 6.6
4	10	400	- 4.8
	11	500	- 3.2
	12	630	- 1.9
5	13	800	- 0.8
	14	1 000	0.0
	15	1 250	0.6
6	16	1 600	1.0
	17	2 000	1.2
	18	2 500	1.3
7	19	3 150	1.2
	20	4 000	1.0
	21	5 000	0.5
8	22	6 300	- 0.1
	23	8 000	- 1.1
	24	10 000	- 2.5

^a Les données indiquées pour cette bande de fréquences servent uniquement en relation avec l'annexe informative C.

^b Les fréquences médianes des bandes d'octave sont indiquées en gras.

Bibliographie

- [1] ISO 3740. *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Guide pour l'utilisation des normes fondamentales.*
- [2] ISO 3743-1. *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes d'expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables — Partie 1: Méthode par comparaison en salle d'essai à parois dures.*
- [3] ISO 3743-2. *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthodes d'expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables — Partie 2: Méthodes en salle d'essai réverbérante spéciale.*
- [4] ISO 3744. *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode d'expertise dans des conditions approchant celles du champs libre sur plan réfléchissant.*
- [5] ISO 7574-2. *Acoustique — Méthodes statistiques pour la détermination et le contrôle des valeurs déclarées d'émission acoustique des machines et équipements — Partie 2: Méthodes pour valeurs déclarées de machines individuelles.*
- [6] ISO 7574-3. *Acoustique — Méthodes statistiques pour la détermination et le contrôle des valeurs déclarées d'émission acoustique des machines et équipements — Partie 3: Méthode simplifiée (transitoire) pour valeurs déclarées de lots de machines.*
- [7] ISO 9295. *Acoustique — Mesurage du bruit à haute fréquence émis par les matériels informatiques et de bureau.*
- [8] ISO 9296. *Acoustique — Valeurs déclarées d'émission acoustique des matériels informatiques et de bureau.*
- [9] ISO 9613-1. *Acoustique — Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre — Partie 1: Calcul de l'absorption atmosphérique.*
- [10] ISO 9614-1. *Acoustique — Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Partie 1: Mesurages par points.*
- [11] ISO 9614-2. *Acoustique — Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Partie 2: Mesurage par balayage.*
- [12] DAVY, J.L. The variance of pure tone reverberant sound power measurements. *Fifth International Congress on Sound and Vibration*. 15-18 décembre 1997, Adelaïde, Australie.
- [13] TOHYAMA, M. IMAI, A. et TACHIBANA, H. The relative variance of sound power measurements using reverberation rooms. *Journal of Sound and Vibration*, 128(1), 1989, pp. 57-69.
- [14] WEAVER, R.L. On the ensemble variance of reverberation room transmission functions. the effect of spectral rigidity. *Journal of Sound and Vibration*, 130 (3), 1989, pp. 487-491.
- [15] DAVY, J.L. The relative variance of the transmission function of a reverberation room. *Journal of Sound and Vibration*, 77(4), 1981, pp. 455-79.
- [16] VORLÄNDER, M. Revised relation between the sound power and the average sound pressure level in rooms and the consequences for acoustic measurements. *Acustica*, 81, 1995, pp.332-343.
- [17] HÜBNER, G. Experiences with the ISO 3740's series dealing with sound power measurement codes. *Proceedings of the Inter-noise'86 conférence*. Cambridge, MA, 1986, pp.1365-1370.

- [18] AGERKVIST, F.T. et JACOBSEN, F. Sound power determination in reverberation rooms at low frequency. *Journal of Sound and Vibration*, **166**, 1993, pp.179-190.
- [19] BAADE, P.K. et MALING Jr., G.C. Technical note on reverberation room qualification using multitone signals. *Noise Control Engineering Journal*, 1997.
- [20] CHU, W.T. Room response measurements in a reverberation chamber containing a rotating diffuser. *Journal of the Acoustical Society of America*, **77**(3), 1985, pp. 1252-1256.
- [21] MALING Jr., G.C. Determination of sound power in reverberant rooms. *Noise Control Engineering Journal*, **25**(2), 1985, pp. 66-75.
- [22] BODLUND, K. A normal mode analysis of the sound power injection in reverberation chambers at low frequencies and the effects of some response averaging methods. *Journal of Sound and Vibration*, **55**(4), 1977, pp 563-90.
- [23] BAADE, P.K. History of the qualification procedures of American National Standard S1.21-1972". *Noise Control Engineering*, **7**(2), 1976, pp. 48-51.
- [24] FRANÇOIS, P.P., EBBING, C.E et MALING Jr., G.C. Results from an international sound power round robin concerning measurements in reverberation rooms. *Proceedings of the Inter-noise'86 conference*, 1973, pp. 549-558.
- [25] Ebbing, C.E., and G.C. Maling, Jr. : "Reverberation room qualification for determination of sound power of sources of discrete frequency sound". *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 54 (4), 1973, pp. 935 – 949.
- [26] MALING, G. Calculation of the acoustic power radiated by a monopole in a reverberation chamber. *Journal of the Acoustical Society of America*, **42**(4), 1967, pp 859-865.
- [27] TICHY, J., et BAADE, P.K. Effect of rotating diffusers and sampling techniques on sound pressure averaging in reverberation rooms. *Journal of the Acoustical Society of America*, **56** (1), 1974, pp. 137 – 144.
- [28] EBBING, C.E. Experimental evaluation of moving sound diffusers for reverberation rooms. *Journal of Sound and Vibration*, **16** (1), 1971, p. 99-118.