

— SAGA —

Norme

NF EN ISO 5136

Octobre 2003

AFNOR

Association Française
de Normalisation

www.afnor.fr

1er tirage

S31-063

Acoustique

Détermination de la puissance acoustique rayonnée dans un conduit par des ventilateurs et d'autres systèmes de ventilation

Méthode en conduit

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
08 octobre 2003

pour
AFNOR SAGA

avec l'autorisation de l'Editeur

AFNOR

norme européenne

norme française

NF EN ISO 5136
Octobre 2003

Indice de classement : S 31-063

ICS : 17.140.20 ; 23.120

Acoustique

Détermination de la puissance acoustique rayonnée dans un conduit par des ventilateurs et d'autres systèmes de ventilation

Méthode en conduit

E : Acoustics — Determination of sound power radiated into a duct by fans
and other air-moving devices — In-duct method

D : Akustik — Bestimmung der von Ventilatoren und anderen Strömungsmaschinen
in Kanäle abgestrahlten Schalleistung — Kanalverfahren

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 septembre 2003 pour prendre effet
le 20 octobre 2003.

Remplace la norme homologuée NF EN 25136, de février 1994.

Correspondance

La Norme européenne EN ISO 5136:2003 a le statut d'une norme française. Elle
reproduit intégralement la Norme internationale ISO 5136:2003.

Analyse

Le présent document prescrit une méthode d'essais des ventilateurs et autres sys-
tèmes de ventilation en conduit, en vue de déterminer la puissance acoustique
rayonnée dans un conduit ayant une terminaison anéchoïque à l'aspiration et/ou au
refoulement.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : acoustique, ventilateur, conduit aéraulique,
terminaison anéchoïque, essai acoustique, mesurage acoustique, puissance acous-
tique, instrument de mesurage, matériel d'essai, installation, mode opératoire, calcul,
information.

Modifications

Par rapport au document remplacé, révision de la norme internationale et adoption
comme norme européenne.

Corrections



Membres de la commission de normalisation

Président : M JACQUES — JEAN JACQUES

Secrétariat : MME BOUVENOT — AFNOR

M	ARCE	BRUEL & KJAER FRANCE
M	BABY	UTE
M	BERT	DION PREVENTION POLLUTIONS RISQUES
M	BESSAC	CETIAT
M	BOCKHOFF	CETIM
M	COMMO	AFNOR
M	ESTEVE	RENAULT SAS
M	GAMBA	ACOUSTIQUE GAMBA ET ASSOCIES SA
M	GAMBELLI	FIM
MME	GOURBIERE	EDF GDF SCAST
M	GUEDEL	CETIAT
MME	HUBERT	EUROGIP
M	LANGLE	CEMAGREF
M	LEFEBVRE	CRAMIF
M	LEGAL	APPAVE — APPAVE PARISIENNE
M	LOUIT	DRT — DION RELATIONS TRAVAIL
MME	LUBINEAU	UNM
M	MOTTARD	DION PREVENTION POLLUTIONS RISQUES
MME	MOUTET	AFNOR
M	NICOLAS	EDF R&D
M	PAVIC	INSA LYON — CNDRI
MME	PUGIN	LNE
MME	SCHMICH	CEBTP
M	VOUAGNER	METRAVIR RDS

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 :

ISO 5801:1997 : NF ISO 5801 (indice de classement : X 10-200)

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 266

CEI 60651 :2001

CEI 60942 :1997

CEI 61620

Version française

Acoustique — Détermination de la puissance acoustique
rayonnée dans un conduit par des ventilateurs
et d'autres systèmes de ventilation — Méthode en conduit
(ISO 5136:2003)

Akustik — Bestimmung der von Ventilatoren
und anderen Strömungsmaschinen in Kanäle
abgestrahlten Schalleistung — Kanalverfahren
(ISO 5136:2003)

Acoustics — Determination of sound power
radiated into a duct by fans and other air-moving
devices — In-duct method
(ISO 5136:2003)

La présente norme européenne a été adoptée par le CEN le 11 mars 2003.

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, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, 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 EN ISO 5136:2003 a été élaboré par le Comité Technique ISO/TC 43 «Acoustique» en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 211 «Acoustique», dont le secrétariat est tenu par le DS.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en octobre 2003, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en octobre 2003.

Le présent document remplace l'EN 25136:2003.

Le présent document a été élaboré 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 Directive UE.

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

Notice d'entérinement

Le texte de l'ISO 5136:2003 a été approuvé par le CEN comme EN ISO 5136:2003 sans aucune modification.

NOTE Les références normatives aux normes internationales sont mentionnées en Annexe ZA (normative).

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 266	1997	Acoustique — Fréquences normales	EN ISO 266	1997

Annexe ZB
(informative)

Articles de la présente Norme européenne concernant les exigences essentielles ou d'autres dispositions des Directives UE

La présente Norme européenne a été élaborée dans le cadre d'un mandat donné au CEN par la Commission européenne et l'Association Européenne de Libre Echange, et vient à l'appui des exigences essentielles de la Directive 98/79/CE.

AVERTISSEMENT D'autres exigences et d'autres Directives UE peuvent être applicables au(x) produit(s) relevant du domaine d'application de la présente norme.

Les articles suivants de la présente norme, détaillés dans le Tableau ZA.1, sont destinés à venir à l'appui des exigences de la Directive 98/79/CE.

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

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
1.1 Généralités	1
1.2 Type de source de bruit	1
2 Références normatives	2
3 Termes, définitions et symboles	3
4 Exactitude de la méthode de mesurage	7
5 Dispositifs d'essai et instrumentation	9
5.1 Exigences générales	9
5.2 Spécifications relatives aux conduits	10
5.3 Instrumentation	16
5.4 Calibrage	21
6 Installation d'essai	21
6.1 Montage de la sonde microphonique	21
6.2 Position du microphone	21
6.3 Réglage du point de fonctionnement	22
7 Mode opératoire	23
7.1 Conditions de fonctionnement	23
7.2 Mesurage des niveaux de pression acoustique	23
7.3 Mesurages effectués avec et sans croisillon côté refoulement	24
7.4 Mesurages côté aspiration — Gros ventilateurs: installation de catégorie D (selon l'ISO 5801:1997)	24
8 Calculs	24
8.1 Niveau de la pression acoustique moyenne	24
8.2 Niveau de puissance acoustique	25
9 Informations à consigner	25
10 Informations à rapporter	26
Annexe A (normative) Détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale $C_{3,4}$	27
Annexe B (normative) Détermination du rapport signal-bruit des fluctuations de pression acoustique sur les fluctuations de pression turbulente dans le conduit de mesurage	33
Annexe C (normative) Méthodes de calcul du niveau de puissance acoustique pondéré A à partir des niveaux de puissance acoustique par bande de tiers d'octave	36
Annexe D (informative) Exemple de calcul de $C_{3,4}$ pour un diamètre de conduit et une vitesse moyenne d'écoulement donnés	37
Annexe E (informative) Directives pour l'étude et la réalisation d'une terminaison anéchoïque	40
Annexe F (informative) Évaluation des caractéristiques des terminaisons anéchoïques	49
Annexe G (informative) Exemple de sonde microphonique	52
Annexe H (informative) Méthode d'essai pour les ventilateurs en conduit de taille réduite	56
Annexe I (informative) Méthode d'essai pour les ventilateurs en conduit de grande taille	60
Annexe J (informative) Mesurage de l'élément de giration	67
Bibliographie	68

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 5136 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 5136:1990), dont elle constitue une révision technique.

Introduction

La présente Norme internationale décrit une procédure de mesurage de la pression acoustique dans les conduits d'aspiration ou de refoulement d'un ventilateur et une méthode permettant d'utiliser ces niveaux de pression acoustique pour mesurer la puissance acoustique rayonnée par le ventilateur dans le circuit.

L'Annexe A donne une liste des valeurs des facteurs pour le détermination de la correction combinée vitesse d'écoulement/correction modale. L'Annexe B spécifie deux mode opératoires de détermination du rapport signal-bruit par rapport à la turbulence. L'Annexe C donne un exemple de calcul du niveau de puissance acoustique pondéré A à partir des niveaux de puissance acoustique par bande de tiers d'octave. L'Annexe D montre un exemple de calcul du coefficient de correction modale.

La puissance acoustique rayonnée dans un conduit par un ventilateur ou tout autre système de ventilation dépend, dans une certaine mesure, du type de conduit, caractérisé par son impédance acoustique. En conséquence, dans une méthode de mesurage, le conduit doit être correctement défini. Dans la présente Norme internationale, le conduit a une section circulaire et une terminaison anéchoïque. Des détails de terminaisons anéchoïques typiques sont donnés dans l'Annexe E. La puissance acoustique, obtenue dans ces conditions spéciales, est une valeur représentative pour les applications pratiques, étant donné que la terminaison anéchoïque donne une impédance sensiblement moyenne entre les plus hautes et les plus basses impédances trouvées dans la pratique. La puissance acoustique rayonnée dans les conditions réelles peut, en théorie, être estimée à partir d'informations relatives aux impédances du système de ventilation et du conduit. Comme ces informations sont actuellement insuffisantes, ces effets ne sont habituellement pas pris en compte dans les études acoustiques.

Afin de supprimer les fluctuations de pression de nature turbulente au niveau du microphone, il est prescrit d'utiliser un écran anti-turbulence («sonde microphonique»). Le microphone associé à la sonde est monté en une position radiale telle que la pression acoustique soit suffisamment bien corrélée à la puissance acoustique par la formule de propagation en onde plane, même pour les fréquences où des modes acoustiques d'ordre supérieur peuvent se produire.

L'exactitude du mesurage (voir Article 4) est donnée par l'écart-type que l'on pourrait attendre si les mesurages étaient répétés dans un grand nombre de laboratoires différents.

Les méthodes de mesurage des conditions de fonctionnement (mesurages des caractéristiques) ne sont pas prescrites en détail dans la présente Norme internationale. Ces conditions sont prescrites dans la Norme internationale ISO 5801.

La présente Norme internationale fait partie d'une série de normes décrivant diverses méthodes de détermination de la puissance acoustique des ventilateurs et autres systèmes de ventilation.

En général, les puissances acoustiques rayonnées à l'air libre et dans un conduit à l'aspiration ou au refoulement d'un ventilateur diffèrent en raison de la réflexion de l'énergie acoustique au niveau de l'ouïe d'aspiration ou de l'ouïe de refoulement du ventilateur lorsque aucun conduit n'est raccordé. La méthode en conduit décrite dans la présente Norme internationale permet de déterminer la puissance acoustique rayonnée dans un conduit à l'aspiration ou au refoulement d'un ventilateur. Il convient de déterminer la puissance acoustique rayonnée par une ouïe libre à l'aspiration ou au refoulement à l'aide de méthodes utilisant une chambre réverbérante (ISO 3741, ISO 3743), un champ libre (ISO 3744, ISO 3745, ISO 3746) ou l'intensimétrie acoustique (ISO 9614).

Acoustique — Détermination de la puissance acoustique rayonnée dans un conduit par des ventilateurs et d'autres systèmes de ventilation — Méthode en conduit

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

La présente Norme internationale prescrit une méthode d'essais des ventilateurs et autres systèmes de ventilation en conduit, en vue de déterminer la puissance acoustique rayonnée dans un conduit ayant une terminaison anéchoïque à l'aspiration et/ou au refoulement.

NOTE 1 Pour des raisons pratiques, chaque occurrence de «ventilateur ou autre système de ventilation» dans le corps du document doit être désignée par le terme «ventilateur».

La méthode est applicable aux ventilateurs qui émettent des bruits stables à large bande, à bande étroite et à fréquence discrète. Elle s'applique pour des températures d'air comprises entre -50 °C et $+70\text{ °C}$. Le diamètre du conduit de mesurage est compris entre 0,15 m et 2 m. Les méthodes de mesurage qui s'appliquent aux conduits de mesurage de petite ($d < 0,15\text{ m}$) et de grande ($d > 2\text{ m}$) taille sont fournies respectivement dans les Annexes H et I.

La vitesse maximale de l'écoulement moyen au droit du microphone pour l'application de la méthode dépend du type de protection utilisé. Cette protection peut être l'un des trois dispositifs suivants:

- boule antivent 15 m/s;
- ogive antivent 20 m/s;
- sonde microphonique 40 m/s.

Au-delà de ces valeurs, l'atténuation des fluctuations de pression turbulente par la protection microphonique (voir 3.9) peut s'avérer insuffisante.

Il est prévu que les mesures de la puissance acoustique soient conduites simultanément avec les mesures de performance aéraulique, réalisées selon l'ISO 5801. En conséquence, le conduit intégrera normalement un croisillon «étoile» au niveau du refoulement, ce qui réduira au minimum la giration de l'écoulement (voir 7.3.) Lorsqu'il est admis de supprimer le croisillon comme dans le cas par exemple, de ventilateurs de grande taille pour une installation de catégorie C conformément à l'ISO 5801:1997, l'angle maximal de giration est limité à 15° . (Un exemple de détermination de l'angle de giration est donné dans l'Annexe J.)

NOTE 2 Les catégories d'installation définies dans l'ISO 5801 impliquent que le ventilateur est raccordé à un conduit à l'ouïe de refoulement (catégorie B), à l'ouïe d'aspiration (catégorie C) ou aux deux extrémités (catégorie D).

1.2 Type de source de bruit

La source de bruit à laquelle s'applique la méthode décrite dans la présente Norme internationale est un ventilateur dont au moins une ouïe est raccordée à un conduit. Elle peut également s'appliquer à d'autres dispositifs combinant un ventilateur et un atténuateur, ou à des équipements intégrant des ventilateurs pouvant être assimilés à des «boîtes noires».

Exemples de ventilateurs et d'équipements concernés par la présente Norme internationale:

- ventilateurs centrifuges à enveloppe,
- ventilateurs hélicoïdes à enveloppe,
- ventilateurs mixtes à enveloppe,
- centrales de traitement d'air raccordées,
- dépoussiéreurs raccordés,
- unités de conditionnement d'air raccordées, et
- fours raccordés.

La présente Norme internationale est également applicable à d'autres sources aérodynamiques telles que plenums, registres et dispositifs de réglage de débit, sous réserve que passe un courant d'air discret induit par un ventilateur auxiliaire, et à condition que le rapport signal/bruit des pressions acoustiques sur les fluctuations de pression turbulente dans le conduit de mesurage soit d'au moins 6 dB (voir 7.2.1).

Une méthode alternative pour déterminer la puissance acoustique du bruit induit par l'écoulement de ces sources aérodynamiques, qui ne nécessite pas le mesurage de la pression acoustique dans l'écoulement est décrite dans l'ISO 7235. Initialement, cette méthode a été conçue pour déterminer le bruit d'écoulement induit par les silencieux raccordés à des conduits. La puissance acoustique est déterminée dans une chambre réverbérante raccordée au conduit de mesurage par l'intermédiaire d'une pièce de raccordement.

Dans le cas de ventilateurs dotés de silencieux très proches, le rapport signal-bruit de la pression acoustique sur la pression turbulente peut être insuffisant lorsque la méthode en conduit est utilisée. C'est pourquoi, la méthode décrite dans l'ISO 7235 est recommandée pour de telles combinaisons ventilateurs-silencieux.

La présente Norme internationale ne s'applique pas aux ventilateurs ou équipements qui ne sont pas raccordés à un conduit.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 266, *Acoustique — Fréquences normales*

ISO 5801:1997, *Ventilateurs industriels — Essais aérauliques sur circuits normalisés*

CEI 60651:2001, *Sonomètres*

CEI 60942:1997, *Électroacoustique — Calibreurs acoustiques*

CEI 61260, *Électroacoustique — Filtrés de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave*

3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. Les symboles sont donnés dans le Tableau 1.

3.1

aire de l'ouïe d'aspiration d'un ventilateur

S_{f1}

aire de la section la plus en amont du ventilateur

NOTE 1 L'aire de l'ouïe d'aspiration est, par convention, définie comme l'aire de la section d'entrée de l'enveloppe. Aucune déduction n'est calculée pour tenir compte de la présence de moteurs, d'éléments de carénages ou d'autres obstacles.

NOTE 2 Lorsque moteurs, éléments de carénage ou autres obstacles s'étendent au-delà d'une bride d'entrée ou de sortie au niveau de laquelle les performances acoustiques doivent être déterminées, il convient de prolonger l'enveloppe par un conduit de taille et de forme identiques à l'ouïe d'aspiration ou de refoulement et de longueur suffisante pour recouvrir l'obstacle. Il est recommandé de calculer les dimensions du conduit à partir du plan jusqu'au prolongement le plus extérieur de l'obstacle comme s'il s'agissait du plan de la bride d'entrée ou de la bride de sortie.

NOTE 3 L'aire de l'ouïe d'aspiration est exprimée en mètres carrés (m^2).

NOTE 4 D'après l'ISO 5801:1997.

3.2

aire de l'ouïe de refoulement d'un ventilateur

S_{f2}

aire de la section la plus en aval du ventilateur

NOTE 1 L'aire de l'ouïe de refoulement est, par convention, définie comme l'aire de la section de sortie de l'enveloppe. Aucune déduction n'est calculée pour tenir compte de la présence de moteurs, éléments de carénages ou autres obstacles.

NOTE 2 Pour certains ventilateurs à ouïe libre au refoulement sans enveloppe, l'aire de refoulement n'est pas bien définie. Afin de déterminer la pression dynamique du ventilateur, une aire nominale peut alors être définie et présentée; par exemple, l'aire de la virole d'un ventilateur hélicoïde de paroi ou l'aire de la section débitante de sortie d'une roue centrifuge sans volute. La pression dynamique et la pression statique du ventilateur seront également nominales et il est recommandé de les décrire en conséquence.

NOTE 3 L'aire de l'ouïe de refoulement est exprimée en mètres carrés (m^2).

NOTE 4 D'après l'ISO 5801:1997.

3.3

conduit

tout guide d'air défini en 3.3.1, 3.3.2 et 3.3.3

3.3.1

conduit de mesurage

conduit dans lequel on effectue le mesurage de la puissance acoustique du ventilateur

NOTE Le conduit de mesurage possède une terminaison anéchoïque.

3.3.2

conduit d'extrémité

conduit disposé à l'opposé du conduit de mesurage si les deux ouïes du ventilateur sont raccordées à des conduits

NOTE Le conduit d'extrémité possède une terminaison anéchoïque.

3.3.3

conduit intermédiaire

conduit utilisé du côté de l'entrée d'air et du côté du refoulement du ventilateur afin d'assurer des conditions convenables d'écoulement

NOTE Le conduit intermédiaire est raccordé au conduit de mesure ou au conduit d'extrémité, si nécessaire, par une pièce de raccordement (voir Figure 7).

3.4

plan de mesure

section du conduit de mesure où est située la membrane du microphone

3.5

niveau de pression acoustique

L_p

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} \text{ dB} \quad (1)$$

où p est la valeur efficace de la pression acoustique et la pression acoustique de référence p_0 est égale à 20 μPa .

NOTE 1 Il convient d'indiquer la largeur de bande de fréquences utilisée, par exemple: niveau de pression acoustique par bande d'octave, niveau de pression acoustique par bande de tiers d'octave, etc.

NOTE 2 L_{p1} , L_{p2} et L_{p3} , sont les niveaux de pression acoustique en chacune des trois positions de mesure dans le conduit de mesure.

$\overline{L_{pm}}$ est le niveau de la pression acoustique moyenné spatialement obtenu par moyennage sur les positions de mesure dans le conduit de mesure. Il peut également être obtenu à partir d'une trajectoire circulaire continue (voir 7.2.4).

$\overline{L_p}$ est le niveau de la pression acoustique moyenné spatialement dans le plan de mesure et corrigé par la correction C (voir Tableau 1 et 8.1).

NOTE 3 Le niveau de pression acoustique est exprimé en décibels (dB).

6

niveau de puissance acoustique

L_W

$$L_W = 10 \lg \frac{P}{P_0} \text{ dB} \quad (2)$$

où P est la puissance acoustique et la puissance acoustique de référence P_0 est égale à 1 pW

NOTE 1 Il convient d'indiquer la largeur de bande de fréquences utilisée, par exemple: niveau de puissance acoustique par bande d'octave, niveau de puissance acoustique par bande de tiers d'octave, etc.

NOTE 2 Le niveau de puissance acoustique est exprimé en décibels (dB).

3.7

puissance acoustique du ventilateur

puissance acoustique rayonnée dans le conduit de mesure par le ventilateur

3.8

domaine de fréquences représentatif

bandes de tiers d'octave dont les fréquences centrales sont comprises entre 50 Hz et 10 000 Hz

NOTE A titre d'information, le domaine de fréquences représentatif peut être étendu jusqu'à 20 000 Hz. Dans le cas des ventilateurs rayonnant principalement des hautes ou basses fréquences, le domaine de fréquences représentatif peut être restreint de façon à réduire les coûts de l'installation d'essai et des mesurages. Les limites du domaine de fréquences restreint doivent être indiquées dans le rapport d'essai.

3.9

protection microphonique

dispositif conçu pour protéger un microphone disposé dans un flux d'air du bruit propre généré par l'écoulement et des fluctuations de pression turbulente

NOTE 1 Voir Article 4, Note 5.

NOTE 2 Les trois types de protection sont cités par ordre de préférence en 3.9.1, 3.9.2 et 3.9.3.

3.9.1

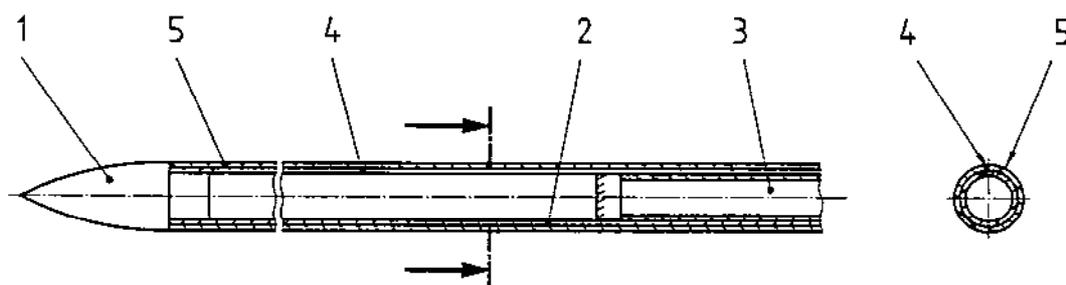
sonde microphonique écran anti-turbulence

tube en métal doté d'une fente longitudinale recouverte par un matériau poreux dans lequel est positionné le microphone conçu pour atténuer la réponse du microphone au bruit propre généré par l'écoulement et aux fluctuations de pression turbulente dans le conduit

Voir Figure 1.

NOTE 1 Pour les mesurages conformes à la présente Norme internationale, la sonde microphonique est la protection prescrite.

NOTE 2 Pour réduire au minimum le bruit propre généré par l'écoulement, il convient que la surface extérieure du tube soit lisse et continue (voir Figure 1). Il convient de concevoir la fente et le matériau poreux de façon à réduire la sensibilité du microphone aux fluctuations de pression turbulente de l'écoulement émanant du ventilateur qui fait l'objet de l'essai.



Légende

- 1 ogive antivient
- 2 tube fendu
- 3 microphone
- 4 fente
- 5 matériaux poreux

Figure 1 — Schéma d'une sonde microphonique adaptée à un microphone de 13 mm (1/2 inch)

3.9.2

ogive antivent

écran conçu pour remplacer la grille de protection du microphone et utilisé dans des conditions d'écoulement importantes, avec un faible niveau de turbulences et un effet de giration réduit, de forme aérodynamique et offrant la moindre résistance possible à l'air. Elle dispose d'une fine armature métallique à sa périphérie, ce qui permet la transmission de la pression acoustique à la membrane du microphone alors qu'un cône tronqué sous l'armature réduit le volume d'air passant par la membrane

Voir Figure 2.

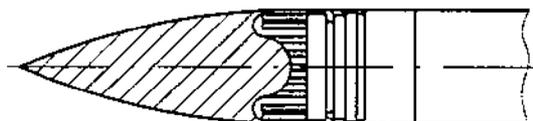


Figure 2 — Schéma d'une ogive antivent

3.9.3

boule antivent

boule de mousse à cellules ouvertes dotée d'une ouverture cylindrique de diamètre permettant d'adapter le microphone et le préamplificateur, conçue pour ne pas affecter la directivité du microphone

Voir Figure 3.

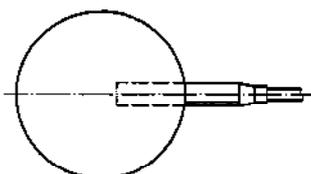


Figure 3 — Schéma d'une boule antivent

3.10

domaine de fréquences de propagation acoustique des ondes planes dans un conduit à section circulaire

fréquences, en hertz, sous la fréquence de coupure du premier mode croisé, $f_{1,0}$, tel que défini par

$$f_{1,0} = 0,586 \frac{c}{D} \sqrt{1 - \left(\frac{U}{c}\right)^2} \quad (3)$$

où

c est la célérité du son, approximativement de 340 m/s;

D est le diamètre du conduit, en mètres;

U est la vitesse moyenne d'écoulement, en mètres par seconde.

Tableau 1 — Symboles

C_1	correction fournie par le fabricant, exprimée en décibels, à ajouter à la réponse du microphone étalonné, afin d'obtenir la réponse en champ libre.
C_2	correction combinée de réponse en fréquence de la sonde microphonique en incidence normale, exprimée en décibels, à ajouter à la réponse du microphone étalonné (voir 5.3.3 et 5.3.4).
$C_{3,4}$	correction combinée de réponse en fréquence liée à la vitesse d'écoulement et à la réponse modale de la sonde microphonique, exprimée en décibels. (Voir Tableaux des Annexes A, H et I.)
$C = C_1 + C_2 + C_{3,4}$	correction globale de réponse en fréquence, exprimée en décibels.
c	célérité du son dans le conduit de mesure, exprimée en mètres par seconde.
U	vitesse moyenne d'écoulement dans le conduit de mesure, exprimée en mètres par seconde.
ρ	masse volumique du fluide, en kilogrammes par mètre cube, dans le conduit.
d	diamètre, en mètres, de l'ouïe d'aspiration (d_1), de l'ouïe de refoulement (d_2), du conduit de mesure (d_3 et d_6 dans la Figure 5), des conduits intermédiaires (d_4), des conduits d'extrémité (d_5 dans la Figure 6 et d_3 dans la Figure 7).
l	longueur des conduits et des pièces de raccordement (voir Figures 5 à 7).
r	distance radiale, exprimée en mètres, de l'axe du conduit de mesure à l'axe de la sonde microphonique.
r_a	coefficient de réflexion en pression sans dimension défini comme le rapport de l'amplitude de la pression acoustique de l'onde sonore réfléchie par la terminaison anéchoïque sur l'amplitude de la pression acoustique de l'onde incidente.
b, h	mesures transversales, en mètres, de l'ouïe d'aspiration ou de refoulement du ventilateur lorsque celle-ci est rectangulaire.
S	aire d'un conduit ou d'une section de conduit, exprimée en mètres carrés.
NOTE 1 Dans la première édition de l'ISO 5136 (1990), les deux valeurs de correction C_3 et C_4 étaient utilisées pour rendre compte des effets de l'écoulement et de la distribution modale du champ acoustique sur la réponse de la sonde microphonique. Dans la présente Norme internationale, ces deux effets sont intégrés dans la nouvelle valeur globale de correction $C_{3,4}$.	
NOTE 2 $U < 0$ pour les mesurages côté aspiration et $U > 0$ pour les mesurages côté refoulement.	

4 Exactitude de la méthode de mesure

La détermination de la puissance acoustique conformément à la présente Norme induit des incertitudes, données par l'écart-type du niveau de puissance acoustique. Les écarts-types donnés dans le Tableau 1 reflètent les effets cumulatifs de toutes les causes d'incertitude de mesure telles que l'emplacement de la source, les réflexions terminales dans le conduit, les pièces de raccordement, l'étalonnage de l'appareillage, les erreurs possibles dans le calcul de la puissance acoustique à partir des mesures de pression, ainsi que les erreurs d'échantillonnage. Ces valeurs sont celles qui seraient normalement obtenues si les mesurages relatifs à un même ventilateur étaient effectués dans un grand nombre de laboratoires différents. Les écarts-types n'incluent pas les variations de la puissance acoustique rayonnée par le ventilateur qui pourraient provenir, par exemple, de changements dans les conditions de montage. Il convient de veiller à utiliser une moyenne de temps définie conformément aux exigences énoncées en 7.2.2.

Tableau 2 — Valeurs de l'écart-type de reproductibilité pour la sonde microphonique

Fréquence médiane de bande de tiers d'octave Hz	Écart-type de reproductibilité, σ_R dB
50	3,5
63	3
80 à 100	2,5
125 à 4 000	2
5 000	2,5
6 300	3
8 000	3,5
10 000	4

NOTE Les écarts-types donnés dans le Tableau 2 proviennent d'informations contenues dans les références [3], [5] et [19].

Les procédures décrites dans la présente Norme internationale et les écarts-types donnés dans le Tableau 2 sont applicables aux mesurages d'un composant spécifique de l'équipement. La caractérisation des niveaux de puissance acoustique de lots d'équipements appartenant à la même famille ou au même type implique l'utilisation de techniques d'échantillonnage aléatoires, dans lesquelles des intervalles de confiance sont définis. Les résultats sont exprimés en termes de limites statistiques supérieures. Dans l'application de ces techniques, l'écart-type total doit être connu ou estimé, en tenant compte de l'écart-type de la production tel que défini dans l'ISO 7574-1, comme une mesure de la variation de la puissance acoustique entre les différents composants d'un équipement faisant partie du lot. Les méthodes statistiques pour la caractérisation des lots d'équipements sont décrites dans l'ISO 7574-3 et l'ISO 7574-4.

L'incertitude de mesurage peut être réduite grâce à une réalisation soignée du circuit d'essai, l'élimination des pièces de raccordement et l'utilisation de terminaisons plus absorbantes.

Pour une famille spécifique de sources acoustiques de taille et de spectre identiques, l'écart-type peut s'avérer inférieur aux valeurs données dans le Tableau 2. Ainsi, à condition de pouvoir vérifier les résultats obtenus dans les différents laboratoires concernés, l'utilisation d'un code de mesurage pour un type particulier d'équipement peut révéler des écarts-types inférieurs à ceux répertoriés dans le Tableau 2.

Aux hautes fréquences, en particulier au-dessus de 4 000 Hz, les valeurs d'incertitudes données dans le Tableau 2 peuvent ne pas correspondre aux écarts-types réels lorsque le spectre du bruit mesuré diminue rapidement avec la fréquence. Dans ces conditions, les niveaux de pression acoustique à haute fréquence enregistrés par le microphone peuvent être d'une amplitude faible comparés à ceux des fréquences inférieures, et le bruit de fond électrique, en particulier celui de l'analyseur de fréquences, peut interférer avec le signal acoustique à ces hautes fréquences. Afin de parvenir à une détermination exacte de la puissance acoustique (avec les écarts-types donnés dans le Tableau 2), il peut s'avérer nécessaire de répéter le mesurage acoustique haute fréquence en faisant passer le signal du microphone à travers un filtre passe-haut avant qu'il ne soit analysé par l'analyseur de fréquences.

NOTE 1 Si l'on calcule des niveaux de puissance acoustique par bande d'octave, l'incertitude dans chaque bande d'octave ne sera pas plus grande que l'incertitude la plus grande relevée dans les trois bandes de tiers d'octave correspondantes.

NOTE 2 Pour une distribution normale, 68 % des données sont comprises dans un intervalle de $\pm \sigma_R$, et 95 % des données dans un intervalle de $\pm 2\sigma_R$.

NOTE 3 Les incertitudes augmenteront en présence d'écoulements comportant des girations.

NOTE 4 En présence de composantes de fréquences discrètes ou si le moyennage temporel des données acoustiques n'est pas effectué sur un intervalle de temps suffisamment long (voir 6.2.2), l'incertitude des mesurages sera supérieure à l'incertitude indiquée.

NOTE 5 Un microphone exposé à une vitesse de l'air élevée donnera des résultats erronés. L'installation d'une protection telle qu'une sonde microphonique, une ogive antivent ou une boule antivent permet de corriger ces erreurs. Ces dispositifs sont limités dans leur utilisation (voir 1.1) en fonction de la vitesse moyenne de l'écoulement. Alors que la boule antivent est omnidirectionnelle et atténue le bruit induit par l'écoulement dans toutes les directions, l'ogive antivent doit être placée dans le sens de l'écoulement pour atténuer le bruit généré par l'écoulement. Toutefois, seule la sonde microphonique réduit le bruit parasite généré par les fluctuations de pression turbulente à un degré suffisant. Il s'agit par conséquent de la solution privilégiée dans tous les cas. Les incertitudes données dans le Tableau 2 se rapportent à la sonde microphonique et sont en principe supérieures pour d'autres types de protections.

NOTE 6 Les écarts-types indiqués dans le Tableau 2 sont associés aux conditions et procédures de mesurage définies dans la présente Norme internationale et non à la source de bruit proprement dite. Ils reflètent en partie les variations dans la configuration des installations utilisées par les différents laboratoires d'essais, les bruits de fond, les fluctuations de pression turbulente, ainsi que le type et l'étalonnage de l'appareillage. Ils peuvent également être issus de variations dans les techniques de mesurage, notamment le moyennage spatial et les durées d'intégration.

NOTE 7 Si un certain nombre de laboratoires utilisent le même type d'installation et d'appareillage, les résultats de la détermination de la puissance acoustique d'une source donnée mesurée dans ces laboratoires peuvent être plus concordants que ce que reflètent les valeurs des écarts types présentées dans le Tableau 2.

Les mesurages au-dessus de 10 000 Hz peuvent être reportés mais ils ne sont pas considérés comme faisant partie de la présente Norme internationale. Les valeurs extrapolées de l'écart-type données au Tableau 3 sont des valeurs recommandées.

Tableau 3 — Valeurs extrapolées

Fréquence médiane de bande de tiers d'octave	Écart-type de reproductibilité, σ_R
Hz	dB
12 500	4,5
16 000	5
20 000	5,5

5 Dispositifs d'essai et instrumentation

5.1 Exigences générales

L'installation d'essai doit comporter le ventilateur en essai, un conduit intermédiaire, un conduit de mesurage avec terminaison anéchoïque, et l'instrumentation (voir Figures 5 à 7). Si l'on doit soumettre à essai un ventilateur normalement raccordé des deux côtés à un circuit, un conduit d'extrémité muni d'une terminaison anéchoïque et un conduit intermédiaire doivent être raccordés au côté opposé de celui où est déterminée la puissance acoustique.

Les conduits doivent être reliés rigidement aux ouïes du ventilateur sauf si un couplage antivibratile est intégré au ventilateur. Le conduit de mesurage doit comporter des dispositifs pour la fixation du microphone et de la sonde microphonique aux emplacements prescrits en 6.2.

Des dispositions nécessaires doivent être prises pour contrôler le point de fonctionnement désiré du ventilateur.

La présente Norme internationale spécifie que les mesurages des performances aéraulique et acoustique du ventilateur doivent être effectués simultanément, et il convient que les installations d'essai citées dans la présente Norme internationale et dans l'ISO 5801 soient conformes. À ce titre, le tronçon commun tel que défini dans l'ISO 5801 doit être introduit à l'aspiration et/ou au refoulement du ventilateur.

NOTE 1 La présence du croisillon «étoile» au refoulement est nécessaire pour le mesurage des caractéristiques aérodynamiques du ventilateur conformément à l'ISO 5801. Toutefois, l'air en giration traversant le croisillon peut induire un bruit parasite au niveau du microphone qui peut être supérieur au niveau de pression acoustique généré par le ventilateur en essai. Par ailleurs, sans croisillon l'air en giration autour du microphone de mesurage peut induire un bruit parasite qui peut être supérieur au niveau de pression acoustique généré par le ventilateur en essai. Pour cette raison, des mesurages acoustiques comparatifs avec et sans le croisillon «étoile» en place sont prescrits (voir 7.3).

NOTE 2 Des exemples de terminaisons anéchoïques et de dispositifs de réglage de débit sont donnés dans l'Annexe E.

5.2 Spécifications relatives aux conduits

5.2.1 Fabrication des conduits et des pièces de raccordement

Les conduits doivent être rectilignes, coaxiaux avec l'ouïe d'aspiration ou l'ouïe de refoulement du ventilateur et de section circulaire uniforme. Les conduits et les pièces de raccordement doivent être en acier d'épaisseur minimale de 1 mm ou en un matériau de rigidité et de masse surfacique équivalentes, qui assurent une surface intérieure acoustiquement dure et lisse.

Il est recommandé de traiter les conduits et les pièces de raccordement de préférence, à l'extérieur avec un matériau amortissant les vibrations.

NOTE La présente Norme internationale prescrit des conduits de section circulaire. Les Normes internationales ultérieures pourront inclure des conduits de sections différentes.

5.2.2 Longueur des conduits

Les longueurs des conduits doivent être conformes à la Figure 5.

5.2.3 Aire de la section droite des conduits

Les aires de la section droite des conduits doivent être conformes aux valeurs du Tableau 4, où le conduit considéré est raccordé à l'aire de l'ouïe d'aspiration S_{f1} ou de refoulement S_{f2} .

Tableau 4 — Aires de la section droite des conduits

Conduit		Aire de section	
		min.	max.
Côté ouïe d'aspiration	Intermédiaire	$1 S_{f1}$	$1 S_{f1}$
	De mesurage	$1 S_{f1}$	$2,1 S_{f1}$
	D'extrémité	$1 S_{f1}$	$2,1 S_{f1}$
Côté ouïe de refoulement	Intermédiaire	$0,95 S_{f2}$	$1,07 S_{f2}$
	De mesurage	$0,7 S_{f2}$	$2,1 S_{f2}$
	D'extrémité	$0,7 S_{f2}$	$2,1 S_{f2}$

5.2.4 Pièces de raccordement

Le conduit de mesurage ou le conduit d'extrémité doit être directement couplé au conduit intermédiaire ou, en cas de changement de section, couplé indirectement par le biais d'une pièce de raccordement. Le diamètre de la pièce de raccordement doit se situer dans les limites indiquées dans le Tableau 4.

Pour des raisons acoustiques (voir références [9] et [26]), la longueur de la pièce de raccordement doit être telle que la longueur minimale de transition, l_{\min} , soit conforme à la formule suivante:

$$\frac{l_{\min}}{l_0} = \frac{S_1}{S_s} - 1 \quad (4)$$

où

$$l_0 = 1 \text{ m};$$

S_1 est la plus grande aire;

S_s est la plus petite aire.

Pour des raisons aérodynamiques, la pièce de raccordement doit nécessairement avoir un angle de dégagement de 15° au maximum.

La longueur maximale telle que déterminée par les deux critères doit être utilisée.

NOTE L'angle de dégagement d'une pièce de raccordement correspond à l'angle α dans la Figure 4.

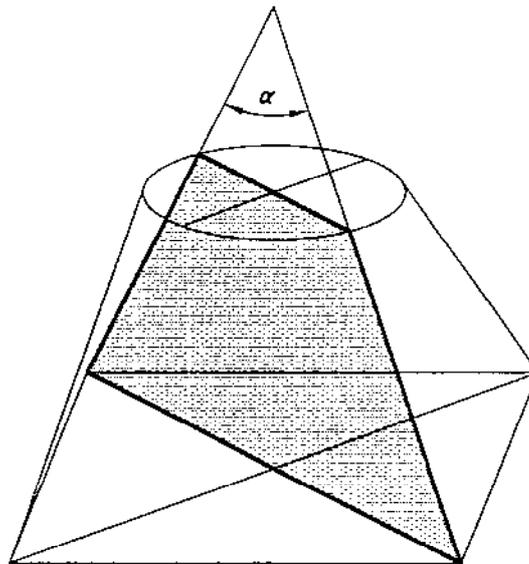
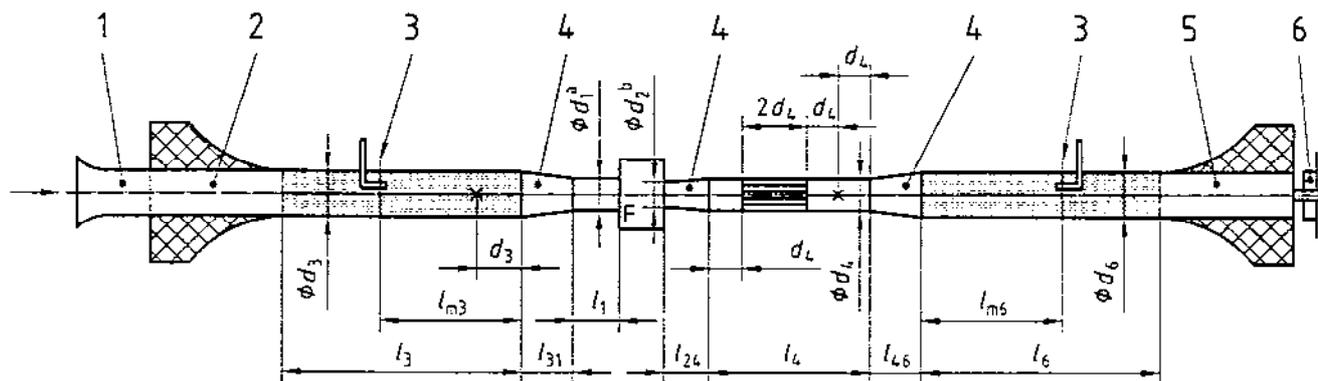


Figure 4 — Illustration de l'angle de dégagement

5.2.5 Conduit d'extrémité

Dans une installation de catégorie D tel que défini dans l'ISO 5801:1997 dans laquelle on ne doit effectuer les mesures acoustiques que d'un côté seulement, un conduit d'extrémité cylindrique doit être installé du côté opposé à la mesure, ce conduit étant coaxial avec l'ouïe d'aspiration ou de refoulement du ventilateur et placé entre le conduit intermédiaire et la terminaison anéchoïque. Le diamètre du conduit d'extrémité doit être conforme aux valeurs données dans les Figures 5 à 7. La longueur minimale doit être égale à la plus grande des deux valeurs: un diamètre de conduit ou 1 m.

Une pièce de raccordement conforme aux spécifications de 5.2.4 peut raccorder le conduit intermédiaire et le conduit d'extrémité.



Légende

- 1 mesurage du débit (schématique)
- 2 terminaison anéchoïque (schématique)
- 3 plan de mesurage
- 4 raccordement conique rectangulaire ou rond
- 5 terminaison anéchoïque (schématique)
- 6 dispositif de réglage du débit (schématique)

^a La figure illustre des sections de conduits circulaires. Dans le cas d'une section de conduit rectangulaire, les dimensions sont $b_1 \times h_1$.

^b La figure illustre des sections de conduits circulaires. Dans le cas d'une section de conduit rectangulaire, les dimensions sont $b_2 \times h_2$.

NOTE Le ventilateur est installé conformément à l'installation de catégorie D tel que défini dans l'ISO 5801:1997.

Figure 5 — Installation d'essai pour le mesurage simultané du bruit dans le conduit à l'aspiration et au refoulement

5.2.6 Exigences relatives aux dimensions du conduit

Dans tous les cas, $l_0 = 1$ m.

Il convient que la distance entre l'aire d'entrée du conduit de mesurage et le plan de mesurage soit suffisamment longue pour garantir des conditions d'écoulement sans turbulences au niveau du plan de mesurage.

$$l_3 \geq \max \left\{ \frac{6d_3}{4 \text{ m}} \right\} \quad l_6 \geq \max \left\{ \frac{6d_6}{4 \text{ m}} \right\}$$

$$l_{m3} \geq \max \left\{ \frac{4d_3}{2 \text{ m}} \right\} \quad l_{m6} \geq \max \left\{ \frac{4d_6}{2 \text{ m}} \right\}$$

Pour l'ouïe d'aspiration circulaire du ventilateur, d_1

$$d_1 \leq d_3 \leq \sqrt{2,1}d_1$$

$$l_1 = d_3$$

$$l_{31} \geq \max. \left(\begin{array}{l} d_3 \\ 3,8(d_3 - d_1) \\ \left[\frac{d_3}{d_1} \right]^2 - 1 \end{array} \right) l_0$$

Pour l'ouïe d'aspiration rectangulaire du ventilateur, $b_1 \times h_1$

$$b_1 \times h_1 \leq \frac{\pi}{4} d_3^2 \leq 2,1(b_1 \times h_1)$$

$$l_1 = \sqrt{\frac{4b_1h_1}{\pi}}$$

$$l_{31} \geq \max. \left(\begin{array}{l} d_3 \\ 3,8 \left| \sqrt{b_1^2 + h_1^2} - d_3 \right| \\ \left[\frac{\pi d_3^2}{4b_1h_1} - 1 \right] l_0 \end{array} \right)$$

Pour l'ouïe de refoulement circulaire du ventilateur, d_2

$$0,95 \leq \left(\frac{d_4}{d_2} \right)^2 \leq 1,07$$

$$l_{24} \geq \max. \left(\begin{array}{l} d_4 \\ \left[\left(\frac{d_4}{d_2} \right)^2 - 1 \right] l_0 \text{ si } d_4 > d_2 \\ \left[\left(\frac{d_2}{d_4} \right)^2 - 1 \right] l_0 \text{ si } d_2 > d_4 \end{array} \right)$$

Pour l'ouïe de refoulement rectangulaire du ventilateur, $b_2 \times h_2$ avec $b_2 > h_2$

$$0,95(b_2 \times h_2) \leq \frac{\pi}{4} d_4^2 \leq 1,07(b_2 \times h_2)$$

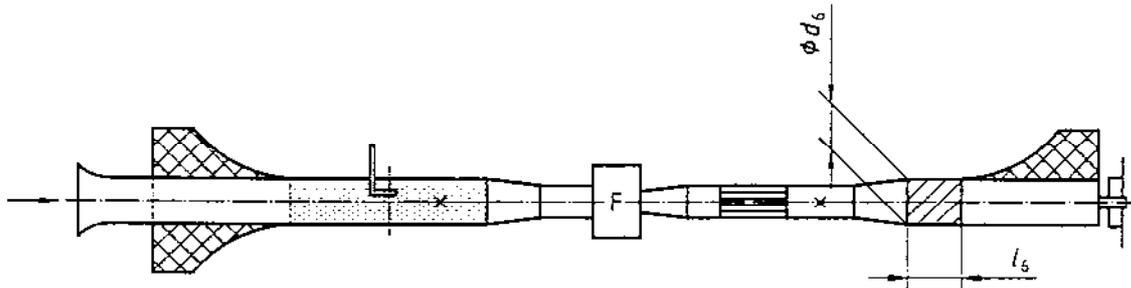
$$l_{24} \geq \max. \left(\begin{array}{l} d_4 \text{ lorsque } 1 \leq b_2 \leq \frac{4}{3}h_2 \\ 0,75 \left(\frac{b_2}{h_2} \right) d_4 \text{ lorsque } b_2 \geq \frac{4}{3}h_2 \\ 3,8 \left| \sqrt{b_2^2 + h_2^2} - d_4 \right| \\ \left[\frac{\pi d_4^2}{4b_2h_2} - 1 \right] l_0 \text{ lorsque } \frac{\pi}{4} d_4^2 > b_2h_2 \\ \left[\frac{4b_2h_2}{\pi d_4^2} - 1 \right] l_0 \text{ lorsque } b_2h_2 > \frac{\pi}{4} d_4^2 \end{array} \right)$$

Pour l'ouïe de refoulement circulaire et rectangulaire du ventilateur

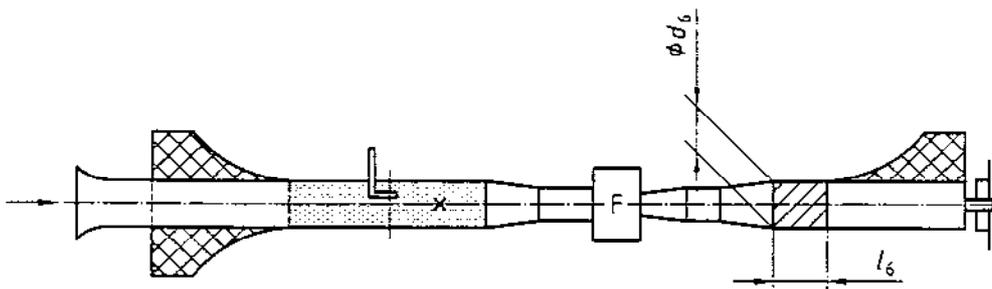
$$0,7 \leq \left(\frac{d_6}{d_2} \right)^2 \leq 2,1$$

$$l_{46} \geq \max. \left(\begin{array}{l} 3,8(d_6 - d_4) \\ \left[\left(\frac{d_6}{d_4} \right)^2 - 1 \right] l_0 \end{array} \right) \text{ pour } d_6 > d_4$$

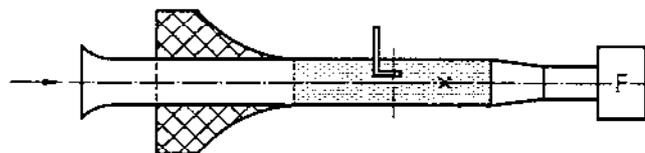
$$l_{46} \geq \max. \left(\begin{array}{l} 3,8(d_4 - d_6) \\ \left[\left(\frac{d_4}{d_6} \right)^2 - 1 \right] l_0 \end{array} \right) \text{ pour } d_4 > d_6$$



a) Installation de catégorie D (mesurage simultané possible des caractéristiques aérodynamiques)



b) Installation de catégorie D



c) Installation de catégorie C

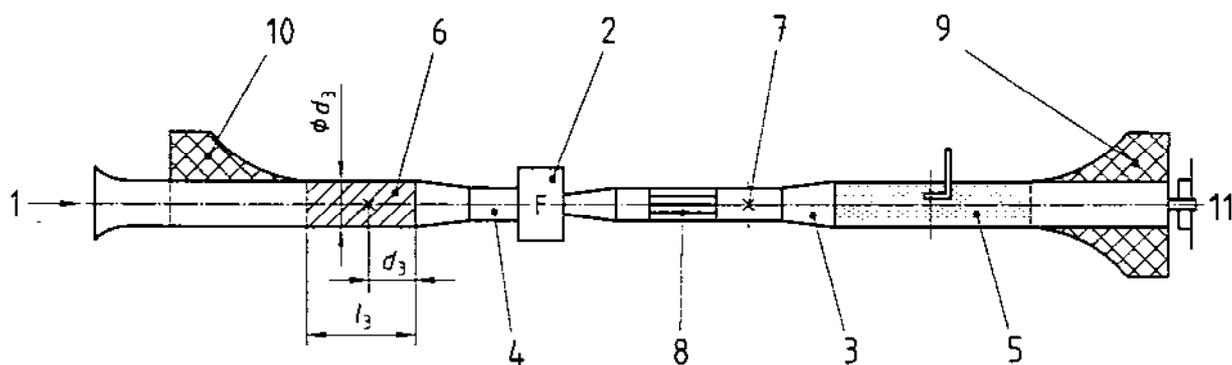
NOTE 1 Pour toutes les dimensions, se référer à la Figure 5, sauf pour l_6 : $l_6 \geq 4d_6$ et ≥ 1 m.

NOTE 2 Contrôle du débit à l'aspiration.

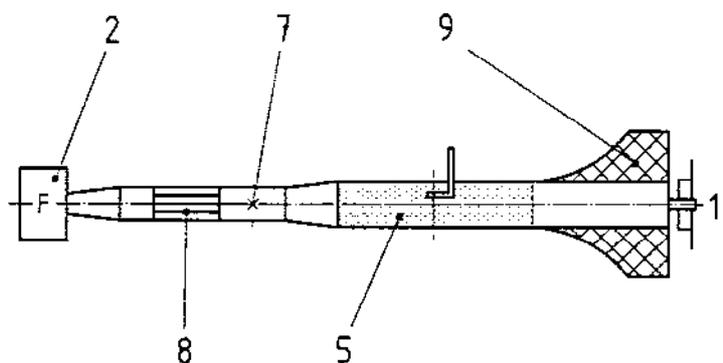
NOTE 3 Se référer aux catégories d'installation de ventilateur tel que défini dans la Norme internationale ISO 5801:1997.

NOTE 4 Pour la légende, voir Figure 7.

Figure 6 — Mesurage du bruit dans le conduit d'aspiration uniquement



a) Installation de catégorie D (mesurage simultané possible des caractéristiques aérodynamiques)



b) Installation de catégorie B

Légende

- | | |
|-------------------------|---|
| 1 sens de l'écoulement | 7 prises de pression |
| 2 ventilateur | 8 croisillon étoile |
| 3 conduit de transition | 9 terminaison anéchoïque pour le conduit de mesure |
| 4 conduit intermédiaire | 10 terminaison anéchoïque pour le conduit d'extrémité |
| 5 conduit de mesure | 11 dispositif de réglage du débit |
| 6 conduit d'extrémité | |

NOTE 1 Pour toutes les dimensions, se référer à la Figure 5, sauf pour l_3 : $l_3 \geq 4d_3$ et ≥ 1 m.

NOTE 2 Le contrôle du débit est fait au refoulement.

NOTE 3 Se référer aux catégories d'installation de ventilateur tel que défini dans la Norme internationale ISO 5801:1997.

Figure 7 — Mesurage du bruit dans le conduit de refoulement uniquement

5.2.7 Terminaison anéchoïque

Le Tableau 5 contient les valeurs maximales autorisées pour le coefficient de réflexion en pression de la terminaison anéchoïque, r_a , lorsqu'un dispositif de réglage du débit ou de mesure du débit est installé.

NOTE Des suggestions pour la conception de la terminaison anéchoïque et une méthode de mesure du coefficient de réflexion en pression de la terminaison sont données dans les Annexes E et F.

Tableau 5 — Valeurs maximales autorisées du coefficient de réflexion en pression de la terminaison anéchoïque

Fréquence médiane de bande de tiers d'octave Hz	Coefficient de réflexion en pression maximal	
	Conduit de mesurage	Conduit d'extrémité
50	0,4	0,8
63	0,35	0,7
80	0,3	0,6
100	0,25	0,5
125	0,15	0,3
160	0,15	0,3
> 160	0,15	0,2

NOTE 1 Une extrémité de conduit ouvert de 1,6 m de diamètre est conforme au coefficient maximal de pression pour les conduits d'extrémité.

NOTE 2 La terminaison anéchoïque pour le conduit d'extrémité n'est utile que pour établir une impédance de charge acoustique fondamentalement non réfléchive ; aucun mesurage de la pression acoustique ne doit être effectué dans le conduit d'extrémité. Le coefficient maximal de réflexion en pression de la terminaison anéchoïque du conduit d'extrémité est donc supérieur à celui du conduit de mesurage.

5.2.8 Dispositif de réglage du débit

Un dispositif ajustable de réglage du débit doit être monté, si nécessaire, à l'extrémité de la terminaison anéchoïque. Il ne doit pas y avoir de dispositif d'étranglement entre le ventilateur et la terminaison anéchoïque. Le dispositif de réglage du débit doit fournir le moyen d'obtenir les caractéristiques de fonctionnement pour lesquelles on veut déterminer le niveau de puissance acoustique du ventilateur.

Le dispositif de réglage du débit et la terminaison anéchoïque doivent être conçus de sorte que le niveau de pression acoustique induit dans le conduit de mesurage par le dispositif de réglage du débit soit d'au moins 10 dB inférieur au niveau de pression acoustique du ventilateur dans le conduit de mesurage.

Des dispositifs de réglage sont donnés, à titre d'exemple, à la Figure E.8.

5.2.9 Croisillon

Pour atténuer l'effet de giration induit au refoulement du ventilateur, il convient de monter un croisillon en amont du conduit de mesurage (voir Figure 7). Le croisillon a une section cylindrique dont le diamètre interne est égal à celui du conduit intermédiaire, diamètre d_4 , et une longueur axiale de deux fois le diamètre interne. Le croisillon est constitué de huit pales radiales équidistantes (croisillon «étoile» tel que défini dans l'ISO 5801). L'épaisseur d'une pale ne doit pas être supérieure à 0,007 d_4 .

5.3 Instrumentation

5.3.1 Appareillage de mesurage

5.3.1.1 Microphone

On doit utiliser un microphone d'un sonomètre normalisé conforme aux exigences relatives à l'appareil de la classe 1 de la CEI 60651.

5.3.1.2 Câble du microphone

Le système câble/microphone doit être tel que la sensibilité du microphone ne change pas dans la gamme de températures rencontrées au cours de l'essai. Les flexions du câble dues, soit aux déplacements du microphone, soit à l'action du courant d'air, ne doivent pas provoquer un bruit pouvant affecter les mesures.

5.3.1.3 Sonomètre ou autre amplificateur de microphone

Le sonomètre ou tout autre amplificateur utilisé pour amplifier le signal microphonique doit être conforme aux exigences électriques relatives aux sonomètres de la classe 1 de la CEI 60651:2001.

5.3.2 Analyseur de fréquence

On doit utiliser un ensemble de filtres de bande de tiers d'octave conforme aux spécifications de la CEI 61260. Les fréquences centrales des filtres doivent être celles données dans l'ISO 266.

5.3.3 Sonde microphonique

5.3.3.1 La sonde microphonique réduit les fluctuations de pression turbulente aux positions de mesurage afin d'obtenir un rapport signal-bruit suffisant conformément à 7.2.1. Des détails sur la conception des sondes microphoniques sont donnés dans l'Annexe G. Les valeurs normales d'atténuation des bruits de turbulence obtenues avec une sonde microphonique adéquate sont indiquées dans le Tableau G.1.

5.3.3.2 La sonde microphonique et son utilisation doivent être conformes aux exigences suivantes.

- a) Dans un écoulement sans effet de giration, l'atténuation du bruit de turbulence doit être supérieure d'au moins 10 dB à celle d'une ogive antivent, dans le domaine de fréquences représentatif. Il faut connaître les valeurs effectives d'atténuation du bruit de turbulence en fonction de la fréquence et de la vitesse d'écoulement moyenne, de façon à déterminer le rapport signal-bruit conformément à 7.2.1 (voir aussi Annexe B et Tableau G.1).
- b) Le diamètre de la sonde doit être d'au plus 22 mm.
- c) La correction C_2 de réponse en fréquence de la sonde microphonique doit être déterminée pour chaque bande de tiers d'octave du domaine de fréquences représentatif à $\pm 0,5$ dB près dans un champ d'ondes planes incidentes frontales dans l'axe de la sonde. Si les essais sont conduits en champ libre, il faut respecter une distance minimale de 3 m entre le haut-parleur et la sonde microphonique en essai. La position de référence pour les mesurages sans sonde microphonique doit être située au milieu du tube de la sonde. Voir la Figure 8. Une fiche d'étalonnage individuelle est nécessaire pour chaque sonde microphonique utilisée.

La formule permettant de calculer C_2 à partir de ces mesures est

$$C_2 = L_{p2} - L_{p1} \quad (5)$$

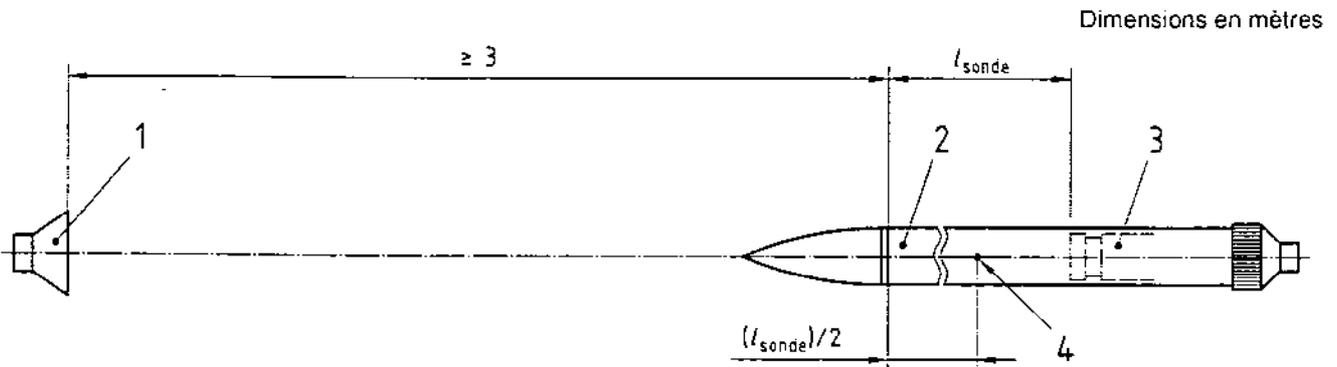
où

L_{p1} est le niveau de pression acoustique mesuré avec le microphone dans la sonde microphonique;

L_{p2} est le niveau de pression acoustique mesuré avec le même microphone placé en position de référence.

La fiche d'étalonnage du fabricant établie en conformité avec ces exigences peut être utilisée. Il est essentiel que la correction de réponse en fréquence soit régulière. Pour chaque bande de tiers d'octave du domaine de fréquences représentatif, la réponse en fréquence doit être régulière à ± 3 dB lorsqu'elle est mesurée avec un analyseur à bandes inférieures ou égales à 25 Hz.

Il convient que la partie poreuse de la sonde microphonique soit propre et intacte car elle affecte la correction de réponse en fréquence C_2 . Lorsque la sonde est utilisée dans un environnement poussiéreux, sa réponse en fréquence est modifiée et il est conseillé de recommencer souvent l'étalonnage.



égende

- 1 haut-parleurs
- 2 sonde microphonique
- 3 microphone
- 4 position de référence de la membrane du microphone

NOTE l_{tube} correspond à la longueur de la fente.

Figure 8 — Illustration de la position de référence du microphone

5.3.3.3 La directivité de la sonde microphonique mesurée en champ libre avec un bruit aléatoire dans chaque bande de tiers d'octave doit être dans les limites données à la Figure 9.

Les courbes de la Figure 9 correspondent à la formule suivante:

$$\Delta L = 20 \lg \frac{1}{1 + f_m \times K \times \theta^3} \text{ dB pour } 0 < \theta < 1,31 \text{ rad (75°)} \quad (6)$$

où

ΔL est l'atténuation de la sensibilité, en décibels, pour l'angle d'incidence θ par rapport à l'incidence axiale frontale [$\theta = 0 \text{ rad (0°)}$];

K est la constante de directivité;

f_m est la fréquence centrale de chaque bande de tiers d'octave, en hertz;

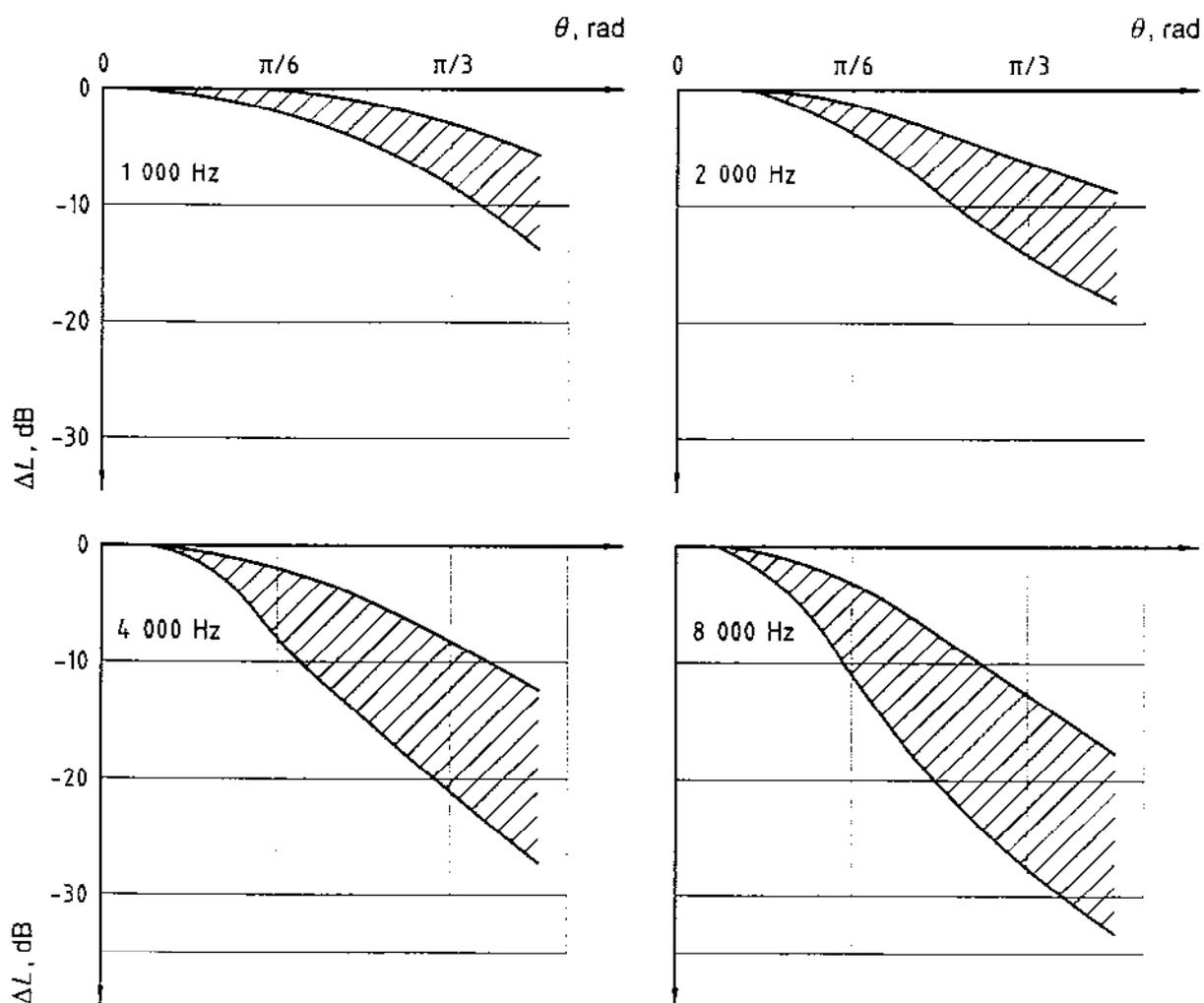
θ est l'angle d'incidence, en radians.

Les valeurs limites de la constante de directivité K sont données au Tableau 6.

On peut se suffire de la déclaration du fabricant de la sonde selon laquelle sa directivité est à l'intérieur des limites de la Figure 9.

Tableau 6 — Valeurs limites de la constante de directivité K

Fréquence médiane de bande de tiers d'octave Hz	K_{\min} 10^{-3}	K_{\max} 10^{-3}
1 000	0,35	1,5
2 000	0,35	1,5
4 000	0,35	2,2
8 000	0,35	2,2

Figure 9 — Courbes limites de directivité de la sonde microphonique
(bruit aléatoire dans une largeur de bande tiers d'octave)

5.3.3.4 Les valeurs moyennes de la correction combinée $C_{3,4}$ liée à la vitesse d'écoulement et à la correction modale peuvent être calculées à partir de la formule suivante, en fonction de la vitesse moyenne d'écoulement U (voir références [24] et [25]):

$$C_{3,4} = a_0 + a_1U + a_2U^2 + a_3U^3 + a_4U^4 + a_5U^5 + a_6U^6 + a_7U^7 + a_8U^8 + a_9U^9 + a_{10}U^{10} \quad (7)$$

où $U < 0$ pour les mesurages à l'ouïe d'aspiration et $U > 0$ à l'ouïe de refoulement.

Les valeurs des facteurs a_0 à a_{10} doivent être obtenues à partir des Tableaux A.1 à A.6.

NOTE Dans le domaine de fréquences traité par la présente Norme internationale (de 50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont indiquées pour la gamme de vitesses d'écoulement traitées également dans cette Norme internationale ($U \leq 40$) et, à titre d'information seulement, pour une gamme étendue ($U \leq 60$). En outre, les valeurs des vitesses d'écoulement $U \leq 40$ sont données pour un domaine de fréquences étendu (de 12 500 Hz à 20 000 Hz), et ce à titre d'information seulement. Dans l'Annexe D, $C_{3,4}$ est calculé à titre d'exemple pour un conduit de mesurage d'un diamètre $d = 0,5$ m pour trois valeurs de vitesse d'écoulement.

5.3.4 Ogive antivent et boule antivent

5.3.4.1 Souvent, lorsque la vitesse de l'air dans le conduit est faible, les niveaux de turbulence peuvent être suffisamment bas pour permettre l'utilisation d'une ogive antivent ou d'une boule antivent. La sonde microphonique atténuée dans une plus large mesure la pression acoustique apparente provoquée par les fluctuations de pression turbulente (fluctuations qui ne se propagent pas comme le bruit) dans l'écoulement d'air. Ces fluctuations entraînent très probablement une surestimation du bruit du ventilateur dans les fréquences correspondant aux bandes d'octave 63 Hz et 125 Hz. La sonde microphonique est le dispositif prescrit lorsque l'utilisation de ces bandes est prioritaire.

5.3.4.2 La correction C_2 de réponse en fréquence de l'ogive antivent ou de la boule antivent doit être déterminée pour chaque bande de tiers d'octave du domaine de fréquences représentatif à $\pm 0,5$ dB près dans un champ d'ondes planes incidentes frontales dans l'axe de la sonde. Si les essais sont conduits en champ libre, il faut respecter une distance minimale de 3 m entre le haut-parleur et la protection microphonique en essai. Une fiche d'étalonnage individuelle est nécessaire pour chaque protection utilisée. Sinon, la fiche d'étalonnage du fabricant établie en conformité avec ces exigences doit être utilisée.

5.3.4.3 Les effets combinés de l'ogive antivent et de la boule antivent sont omnidirectionnels.

Les données relatives à la correction de vitesse moyenne d'écoulement et à la correction modale $C_{3,4}$ ne sont pas disponibles pour l'ogive antivent ni pour la boule antivent. Les corrections pour ces protections microphoniques omnidirectionnelles sont considérées comme négatives et de faible intensité; elles sont par conséquent considérées comme indépendantes de la fréquence aux termes de la présente Norme internationale. Pour un écoulement sans giration, cette correction est établie en fonction de la vitesse moyenne d'écoulement, conformément à la formule suivante (voir références [24] et [25]):

$$C_{3,4} = 10 \lg \frac{1}{\left(1 - \frac{U}{c}\right)^2} \text{ dB} \tag{8}$$

où

- U est la vitesse moyenne d'écoulement;
- $U < 0$ pour les mesurages à l'ouïe d'aspiration;
- $U > 0$ pour les mesurages à l'ouïe de refoulement;
- c est la célérité du son dans des conditions normales ($c = 340$ m/s).

Avec cette simplification, le niveau de puissance acoustique obtenu en utilisant l'ogive antivent ou la boule antivent est normalement supérieur au niveau de puissance acoustique réel.

5.3.4.4 L'aire de la section droite de la boule antivent ne doit pas excéder 10 % de l'aire de la section droite du conduit.

5.3.5 Enregistreur graphique ou autre appareil d'enregistrement

Les enregistreurs graphiques et autres appareils d'enregistrement doivent être conformes aux exigences générales relatives à l'appareil de la classe 1 de la CEI 60651:2001.

5.3.6 Système multiplexeur

Si l'on utilise la méthode décrite en 6.2.2 b), on doit s'assurer que le système multiplexeur permet d'obtenir le niveau de pression acoustique résultant avec un écart inférieur à $\pm 0,5$ dB par rapport au niveau de la moyenne énergétique vraie des niveaux de pression acoustique individuels dans tout le domaine de fréquences représentatif.

5.4 Calibrage

Avant et après chaque série d'essais, un calibre acoustique stable conforme à la CEI 60942:1997 doit être appliqué au microphone sans la sonde microphonique pour vérifier le calibrage de tout l'appareillage de mesure. Le calibre doit être étalonné tous les ans.

6 Installation d'essai

6.1 Montage de la sonde microphonique

La sonde microphonique doit être montée dans le conduit de mesure dans le plan de mesure comme indiqué à la Figure 5. La sonde microphonique doit être isolée des vibrations provenant de la paroi du conduit de mesure, afin d'empêcher le bruit solide d'atteindre le microphone par l'intermédiaire du support de la sonde. Il peut être nécessaire de profiler la sonde microphonique, derrière le bras support en partant de l'écran anti-turbulence.

La sonde microphonique doit être montée de manière stable et faire face au ventilateur. L'axe de la sonde doit être parallèle à l'axe du conduit de mesure avec un écart maximal de $\pm 5^\circ$. Pour les mesures à l'aspiration, la sonde microphonique doit être dirigée face au ventilateur, mais l'extrémité du tube où se trouve le microphone doit être arrondie. Le montage doit provoquer un bruit d'écoulement minimal et, autant que possible, le câble du microphone doit être maintenu à l'écart du courant d'air.

NOTE Des schémas de montage typiques sont donnés dans l'Annexe G.

6.2 Position du microphone

6.2.1 Position radiale

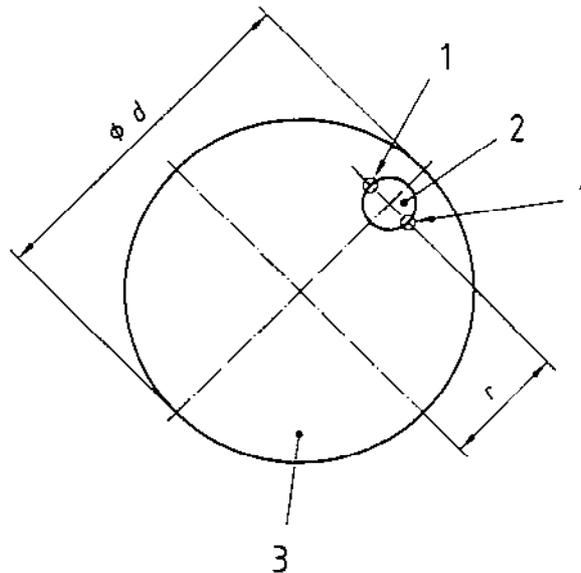
Le microphone doit être monté aux positions radiales données dans le Tableau 7 et montrées à la Figure 10 (r est la distance radiale par rapport à l'axe du conduit).

Tableau 7 — Positions radiales du microphone

Valeurs en mètres

Diamètre du conduit de mesure d	Position radiale relative à partir de l'axe du conduit $2 r/d$	
	Microphone équipé d'une sonde microphonique	Microphone équipé d'une ogive antivent ou d'une boule antivent
$0,15 \leq d < 0,5$	0,8	0,5
$0,5 \leq d \leq 2$	0,65	0,5

NOTE Les positions radiales données permettent d'obtenir une estimation correcte de la puissance acoustique à partir des pressions acoustiques mesurées.



Légende

- 1 positions possibles de la fente d'une sonde microphonique
- 2 microphone
- 3 conduit de mesurage

NOTE Il convient de diriger la fente dans le sens contraire de tout phénomène de giration.

Figure 10 — Position radiale du microphone et de la protection microphonique

6.2.2 Positions sur la circonférence

On doit obtenir la valeur du niveau de la pression acoustique moyenne sur la circonférence aux positions radiales prescrites en 6.2.1 en utilisant une des méthodes suivantes.

- a) Un microphone unique, déplacé séquentiellement à au moins trois positions de microphone réparties régulièrement sur la circonférence. Ceci peut être réalisé en fixant le microphone dans une petite portion de conduit qui peut pivoter par intervalles égaux.
- b) Au moins trois microphones fixes répartis régulièrement sur la circonférence. S'il faut faire la moyenne des signaux de ces microphones à l'aide d'un système multiplexeur, ils doivent être munis du même type de sonde microphonique et leurs sensibilités doivent être égalisées afin de garantir qu'ils ont des corrections de réponse en fréquence égales à 0,5 dB.
- c) Un microphone pouvant accomplir une révolution complète à vitesse régulière constante le long d'une trajectoire circonférentielle.

Quand la partie sensible de la sonde microphonique consiste en une fente unique, cette fente doit être placée dans la direction circonférentielle opposée à la direction d'incidence de la composante giratoire de l'écoulement (voir Figure 10)

6.3 Réglage du point de fonctionnement

L'équipement prescrit en 5.1 et 5.2.8 et utilisé pour régler le point de fonctionnement ne doit pas interférer avec les mesurages acoustiques (voir 7.2.1).

7 Mode opératoire

7.1 Conditions de fonctionnement

Les conditions de fonctionnement doivent être déterminées par les méthodes qui sont prescrites dans la Norme internationale ISO 5801.

7.2 Mesurage des niveaux de pression acoustique

7.2.1 Généralités

Les mesurages doivent être effectués par bande de tiers d'octave dans le domaine de fréquences représentatif.

Les mesurages de niveaux de pression acoustique doivent être exécutés pour les caractéristiques prescrites de fonctionnement stable du ventilateur. Les mesures de niveau de pression acoustique dans chaque bande de tiers d'octave avec le ventilateur en fonctionnement doivent être d'au moins 6 dB supérieures au niveau de bruit de fond. Il est recommandé de mesurer les niveaux de bruit de fond en arrêtant le ventilateur en essai. Lorsque le bruit de fond est inférieur de moins de 6 dB au niveau de pression acoustique, on doit mentionner dans le rapport les valeurs des données mesurées et ne faire aucune correction de bruit de fond. Ainsi, la note doit préciser: «Moins de 6 dB au-dessus du bruit de fond et aucune correction de bruit de fond appliquée».

Les niveaux de pression acoustique du ventilateur dans chaque bande de tiers d'octave doivent être d'au moins 6 dB supérieurs au niveau des fluctuations de pression turbulente associées à l'écoulement turbulent dans le conduit de mesurage. On doit utiliser l'une des méthodes décrites dans l'Annexe B pour déterminer ce rapport signal-bruit. Lorsque le niveau de pression acoustique du ventilateur est de moins de 6 dB au-dessus du niveau des fluctuations de pression turbulente, on doit mentionner dans le rapport les valeurs des données mesurées et n'appliquer aucune correction due aux fluctuations de pression turbulente. Ainsi, la note doit préciser: «Moins de 6 dB au-dessus du niveau du bruit de turbulence et aucune correction liée aux fluctuations de pression turbulente appliquée».

7.2.2 Durée d'échantillonnage

En chacune des trois positions de microphone décrites en 6.2.2 [méthode a) ou b)], il faut obtenir le niveau de la valeur quadratique moyenne temporelle de la pression acoustique. La période d'observation doit être d'au moins 30 s dans les bandes de fréquences centrées à ou en dessous de 160 Hz. La période d'observation doit être d'au moins 10 s dans les bandes de fréquences centrées à ou au-dessus de 200 Hz. Des périodes d'observation plus longues peuvent être nécessaires quand le bruit mesuré est de nature fluctuante. Le niveau de la pression acoustique moyenne, arrondi au dixième de décibel le plus proche, doit être consigné dans chaque bande de tiers d'octave du domaine de fréquences représentatif.

7.2.3 Multiplexage de microphones

En cas d'utilisation d'un multiplexeur [voir méthode décrite en 6.2.2 b)], seul le niveau de la pression acoustique quadratique moyenne spatio-temporelle (niveau énergétique), L_{pm} , doit être consigné pour chaque bande de tiers d'octave de la gamme de fréquences représentative. La durée minimale de détermination de la moyenne doit être de 30 s par bande de fréquences.

7.2.4 Moyenne continue sur une trajectoire circonférentielle

En cas d'utilisation d'un dispositif rotatif [voir 6.2.2 c)], il doit être tel que le microphone effectue, pour chaque bande de tiers d'octave, une révolution complète en 30 s au moins à une vitesse angulaire constante.

7.3 Mesurages effectués avec et sans croisillon côté refoulement

La présence d'un croisillon côté refoulement est obligatoire pour le mesurage des performances aérodynamiques du ventilateur selon l'ISO 5801. Lorsque l'on effectue le mesurage du bruit dans le conduit de refoulement, il faut prendre en compte deux effets:

- l'écoulement tournant pénétrant dans le croisillon peut générer un bruit excessif au niveau du point de mesurage, qui peut ou non être supérieur au niveau de pression acoustique produit par le ventilateur soumis à essai;
- si aucun croisillon n'est en place, l'écoulement tournant au niveau du microphone de mesurage peut générer un bruit excessif qui peut ou non être supérieur au niveau de pression acoustique produit par le ventilateur soumis à essai.

Ces deux effets ont tendance à accroître le niveau de pression mesuré par rapport au niveau de pression acoustique produit par le ventilateur soumis à essai. Pour déterminer lequel de ces deux effets a le plus d'impact, il faut prendre en compte les éléments suivants: l'amplitude de la giration, la vitesse moyenne d'écoulement dans le conduit, le type de protection microphonique utilisé et la puissance acoustique du ventilateur soumis à essai. Par conséquent, le bruit dans le conduit de refoulement doit être mesuré avec et sans croisillon. Parmi les relevés des niveaux de pression acoustique, c'est le niveau le plus bas qui représente la pression acoustique réelle dans le conduit de mesurage, pour chaque bande de tiers d'octave considérée.

Les mesurages acoustiques exécutés avec et sans croisillon doivent être effectués au même point de fonctionnement du ventilateur. Pour y parvenir, il suffit de régler le dispositif de réglage du débit de sorte que le débit fourni par le ventilateur soumis à essai soit le même dans les deux cas de figure.

7.4 Mesurages côté aspiration — Gros ventilateurs: installation de catégorie D (selon l'ISO 5801:1997)

Pour les gros ventilateurs (1 600 mm et plus), il peut être difficile de réaliser des essais avec un tronçon commun au refoulement, incluant le croisillon. Dans ce cas, les performances du ventilateur peuvent être mesurées à l'aide d'un conduit d'une longueur de $2D_h$ au refoulement et les niveaux sonores mesurés à l'aspiration uniquement. Les résultats ainsi obtenus peuvent, dans une certaine mesure, différer des résultats obtenus à l'aide de conduits classiques à l'aspiration et au refoulement, particulièrement si le ventilateur produit une forte giration.

IOTE Le diamètre hydraulique de l'aire de refoulement du ventilateur S_{f2} est donné par

$$D_h = \sqrt{S_{f2}/\pi}$$

8 Calculs

8.1 Niveau de la pression acoustique moyenne

Lorsque les mesurages du niveau de pression acoustique sont effectués à des positions discrètes (voir 6.2.2), le niveau de la pression acoustique moyenne, \overline{L}_p , en décibels, dans chaque bande de fréquences, doit être calculé d'après la formule suivante:

$$\overline{L}_p = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{pi}} \quad \text{dB} + C \quad (9)$$

où

n est le nombre de positions de mesurage (au moins trois; voir 6.2.2);

L_{pi} est le niveau de pression acoustique quadratique moyenne temporelle en décibels, à la $i^{\text{ème}}$ position de mesurage;

C est la correction globale de réponse en fréquence de l'ensemble microphone-sonde microphonique et est donnée par la formule

$$C = C_1 + C_2 + C_{3,4} \quad (10)$$

où

C_1 est la correction de réponse du microphone;

C_2 est la correction de réponse en fréquence de la protection microphonique;

$C_{3,4}$ est la correction combinée de la vitesse moyenne d'écoulement-corréction modale de la protection microphonique.

C_1 doit être la valeur donnée par le fabricant du microphone.

C_2 et $C_{3,4}$ doivent être déterminées en conformité avec les exigences de 5.3.3 et 5.3.4.

Si l'on utilise un multiplexage de microphones (voir 7.2.3) ou un dispositif rotatif (voir 7.2.4) pour obtenir $\overline{L_{pm}}$, le niveau de la pression acoustique moyenne, pour chaque bande de fréquences, se calcule d'après la formule

$$\overline{L_p} = \overline{L_{pm}} + C \quad (11)$$

8.2 Niveau de puissance acoustique

Le niveau de puissance acoustique, L_W , en décibels, pour chaque bande de fréquences, du bruit rayonné dans le conduit de mesurage est obtenu en utilisant la formulation ondes planes:

$$L_W = \overline{L_p} + \left(10 \lg \frac{S}{S_0} - 10 \lg \frac{\rho c}{(\rho c)_0} \right) \text{ dB} \quad (12)$$

où

$S = \frac{\pi d^2}{4}$ est l'aire d'une section droite du conduit de mesurage en mètres carrés;

$S_0 = 1 \text{ m}^2$;

$(\rho c)_0 = 400 \text{ N} \cdot \text{s/m}^3$

Le niveau de puissance acoustique pondéré A du bruit rayonné dans le conduit de mesurage doit être déterminé conformément à l'Annexe C.

9 Informations à consigner

9.1 Les informations suivantes doivent, quand elles sont applicables, être rassemblées et consignées pour tous les mesurages effectués conformément à la présente Norme internationale:

- description du ventilateur et de ses accessoires;
- caractéristiques de fonctionnement;

- c) instrumentation utilisée (types, numéros de série, fabricants, méthode d'étalonnage);
- d) type de protection microphonique utilisé (sonde microphonique, ogive antivent ou boule antivent);
- e) description des conduits utilisés y compris les longueurs et les aires (ou les diamètres) des sections droites, description de la terminaison (des terminaisons) anéchoïque(s);
- f) données acoustiques:
 - positions circonférentielles du microphone conformément à l'une des possibilités a), b) ou c) données en 6.2.2,
 - corrections C_1 , C_2 , $C_{3,4}$ et niveaux de puissance acoustique par bande de tiers d'octave dans la gamme de fréquences représentative,
 - niveau de puissance acoustique pondéré A, le cas échéant;
- g) options acceptées de part et d'autres.

9.2 Sous réserve d'obtention d'informations plus spécifiques, l'incertitude de mesurage étendue pour une couverture de 95 % doit être consignée comme étant égale à deux fois l'écart-type de reproductibilité donné dans l'Article 4.

10 Informations à rapporter

Le rapport d'essai doit certifier que les niveaux de puissance acoustique ont été obtenus en pleine conformité avec les exigences de la présente Norme internationale. Le rapport d'essai doit préciser que les niveaux de puissance acoustique sont exprimés en décibels (puissance acoustique de référence: 1 pW).

De plus, les informations de 9 a) à d) et 9 g) doivent être données.

Il est recommandé d'inclure une déclaration relative à l'incertitude de mesurage conformément à 9.2.

Annexe A (normative)

Détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale $C_{3,4}$

Pour plus d'informations concernant le calcul de $C_{3,4}$, voir références [24] et [25].

Pour les valeurs des facteurs a_i , voir Tableaux A.1 à A.6.

Tableau A.1 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale $C_{3,4}$ de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $0,15 \text{ m} \leq d < 0,2 \text{ m}$

a_i , dB·s ⁱ ·m ⁻ⁱ											
f , Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}$											
≤ 630	$-5,00$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
800		$2,97$ $\times 10^{-02}$									
1 000	$-2,09$ $\times 10^{-02}$	$2,85$ $\times 10^{-02}$	$1,18$ $\times 10^{-04}$								
1 250	$8,41$ $\times 10^{-01}$	$3,61$ $\times 10^{-02}$	$9,34$ $\times 10^{-05}$								
1 600	$7,79$ $\times 10^{-01}$	$5,01$ $\times 10^{-02}$	$1,38$ $\times 10^{-04}$								
2 000	$7,67$ $\times 10^{-01}$	$5,45$ $\times 10^{-02}$	$3,77$ $\times 10^{-04}$								
2 500	1,59	$6,12$ $\times 10^{-02}$	$5,06$ $\times 10^{-04}$								
3 150	2,40	$8,26$ $\times 10^{-02}$	$7,45$ $\times 10^{-04}$	$-3,02$ $\times 10^{-06}$							
4 000	3,43	$9,99$ $\times 10^{-02}$	$9,61$ $\times 10^{-04}$	$-3,29$ $\times 10^{-06}$							
5 000	3,98	$1,29$ $\times 10^{-01}$	$2,21$ $\times 10^{-03}$	$-8,88$ $\times 10^{-06}$	$-2,32$ $\times 10^{-07}$						
6 300	4,87	$1,59$ $\times 10^{-01}$	$3,43$ $\times 10^{-03}$	$-1,73$ $\times 10^{-05}$	$-5,12$ $\times 10^{-07}$						
8 000	6,09	$2,04$ $\times 10^{-01}$	$6,57$ $\times 10^{-03}$	$-5,09$ $\times 10^{-05}$	$-2,47$ $\times 10^{-06}$	$5,89$ $\times 10^{-09}$	$3,32$ $\times 10^{-10}$				
10 000	6,95	$2,54$ $\times 10^{-01}$	$1,12$ $\times 10^{-02}$	$-1,19$ $\times 10^{-04}$	$-7,88$ $\times 10^{-06}$	$3,39$ $\times 10^{-08}$	$2,52$ $\times 10^{-09}$	$-3,22$ $\times 10^{-12}$	$-2,85$ $\times 10^{-13}$		
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	8,06	$3,04$ $\times 10^{-01}$	$1,68$ $\times 10^{-02}$	$-2,06$ $\times 10^{-04}$	$-1,59$ $\times 10^{-05}$	$6,99$ $\times 10^{-08}$	$5,07$ $\times 10^{-09}$				
16 000	9,25	$3,71$ $\times 10^{-01}$	$2,75$ $\times 10^{-02}$	$-4,42$ $\times 10^{-04}$	$-4,90$ $\times 10^{-05}$	$3,74$ $\times 10^{-07}$	$3,73$ $\times 10^{-08}$	$-1,06$ $\times 10^{-10}$	$-9,89$ $\times 10^{-12}$		
20 000	$1,06$ $\times 10^{-01}$	$4,46$ $\times 10^{-01}$	$4,08$ $\times 10^{-02}$	$-7,79$ $\times 10^{-04}$	$-1,21$ $\times 10^{-04}$	$1,25$ $\times 10^{-06}$	$1,63$ $\times 10^{-07}$	$-8,86$ $\times 10^{-10}$	$-9,97$ $\times 10^{-11}$	$2,21$ $\times 10^{-13}$	$2,25$ $\times 10^{-14}$

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$$

cù U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Tableau A.2 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale $C_{3,4}$, en décibels, de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $0,2 \text{ m} \leq d < 0,3 \text{ m}$

a_i , dB·s ⁱ ·m ⁻ⁱ											
f_i , Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}$											
≤ 630	$-5,00 \times 10^{-02}$	$2,70 \times 10^{-02}$									
800	$1,36 \times 10^{-01}$	$3,30 \times 10^{-02}$									
1 000	$1,75 \times 10^{-01}$	$4,08 \times 10^{-02}$									
1 250	$-3,32 \times 10^{-02}$	$4,32 \times 10^{-02}$	$1,35 \times 10^{-04}$								
1 600	$5,43 \times 10^{-01}$	$4,92 \times 10^{-02}$	$1,89 \times 10^{-04}$								
2 000	1,29	$5,80 \times 10^{-02}$	$3,01 \times 10^{-04}$								
2 500	1,91	$6,93 \times 10^{-02}$	$4,60 \times 10^{-04}$								
3 150	2,64	$9,00 \times 10^{-02}$	$8,73 \times 10^{-04}$	$-4,13 \times 10^{-06}$							
4 000	3,88	$1,07 \times 10^{-01}$	$1,15 \times 10^{-03}$	$-6,03 \times 10^{-06}$							
5 000	4,50	$1,29 \times 10^{-01}$	$2,55 \times 10^{-03}$	$-1,03 \times 10^{-05}$	$-2,75 \times 10^{-07}$						
6 300	5,54	$1,52 \times 10^{-01}$	$3,93 \times 10^{-03}$	$-1,68 \times 10^{-05}$	$-6,36 \times 10^{-07}$						
8 000	6,85	$1,89 \times 10^{-01}$	$7,37 \times 10^{-03}$	$-4,51 \times 10^{-05}$	$-3,13 \times 10^{-05}$	$6,10 \times 10^{-09}$	$4,34 \times 10^{-10}$				
10 000	7,82	$2,29 \times 10^{-01}$	$1,17 \times 10^{-02}$	$-8,27 \times 10^{-05}$	$-9,21 \times 10^{-06}$	$2,52 \times 10^{-08}$	$3,00 \times 10^{-09}$	$-2,62 \times 10^{-12}$	$-3,39 \times 10^{-13}$		
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	9,04	$2,75 \times 10^{-01}$	$1,56 \times 10^{-02}$	$-1,07 \times 10^{-04}$	$-1,70 \times 10^{-05}$	$3,13 \times 10^{-08}$	$5,71 \times 10^{-09}$				
16 000	$1,02 \times 10^{+01}$	$3,49 \times 10^{-01}$	$2,26 \times 10^{-02}$	$-1,94 \times 10^{-04}$	$-4,60 \times 10^{-05}$	$1,05 \times 10^{-07}$	$3,74 \times 10^{-08}$	$-2,33 \times 10^{-11}$	$-1,02 \times 10^{-11}$		
20 000	$1,18 \times 10^{+01}$	$4,59 \times 10^{-01}$	$1,81 \times 10^{-02}$	$-4,24 \times 10^{-04}$	$-3,60 \times 10^{-05}$	$3,70 \times 10^{-07}$	$3,06 \times 10^{-08}$	$-1,94 \times 10^{-10}$	$-8,76 \times 10^{-12}$	$4,09 \times 10^{-14}$	

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$$

où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Tableau A.3 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, en décibels, de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $0,3 \text{ m} \leq d < 0,5 \text{ m}$

$a_i, \text{dB}\cdot\text{s}^i\cdot\text{m}^{-i}$											
f, Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}^*$											
≤ 400	$-5,00$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
500	$-3,91$ $\times 10^{-01}$	$3,13$ $\times 10^{-02}$									
630	$-6,13$ $\times 10^{-01}$	$3,32$ $\times 10^{-02}$									
800	$-4,78$ $\times 10^{-01}$	$3,57$ $\times 10^{-02}$									
1 000	$-2,06$ $\times 10^{-01}$	$4,07$ $\times 10^{-02}$									
1 250	$3,80$ $\times 10^{-01}$	$4,71$ $\times 10^{-02}$	$8,89$ $\times 10^{-05}$								
1 600	$8,58$ $\times 10^{-01}$	$5,33$ $\times 10^{-02}$	$1,87$ $\times 10^{-04}$								
2 000	1,58	$6,06$ $\times 10^{-02}$	$3,34$ $\times 10^{-04}$								
2 500	2,46	$7,49$ $\times 10^{-02}$	$5,64$ $\times 10^{-04}$	$-3,11$ $\times 10^{-06}$							
3 150	3,51	$8,64$ $\times 10^{-02}$	$9,06$ $\times 10^{-04}$	$-4,39$ $\times 10^{-06}$							
4 000	4,75	$9,80$ $\times 10^{-02}$	$1,69$ $\times 10^{-03}$	$-4,85$ $\times 10^{-06}$	$-1,45$ $\times 10^{-07}$						
5 000	5,62	$1,14$ $\times 10^{-01}$	$2,59$ $\times 10^{-03}$	$-4,34$ $\times 10^{-06}$	$-3,56$ $\times 10^{-07}$						
6 300	6,77	$1,44$ $\times 10^{-01}$	$3,17$ $\times 10^{-03}$	$-6,85$ $\times 10^{-06}$	$-6,10$ $\times 10^{-07}$						
8 000	8,09	$1,88$ $\times 10^{-01}$	$4,88$ $\times 10^{-03}$	$-1,37$ $\times 10^{-05}$	$-2,27$ $\times 10^{-06}$	$-1,03$ $\times 10^{-09}$	$3,36$ $\times 10^{-10}$				
10 000	9,12	$2,59$ $\times 10^{-01}$	$4,51$ $\times 10^{-03}$	$-6,07$ $\times 10^{-05}$	$-2,12$ $\times 10^{-06}$	$7,03$ $\times 10^{-09}$	$3,47$ $\times 10^{-10}$				
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	9,84	$3,38$ $\times 10^{-01}$	$7,94$ $\times 10^{-03}$	$-1,53$ $\times 10^{-04}$	$-7,19$ $\times 10^{-06}$	$3,21$ $\times 10^{-08}$	$2,40$ $\times 10^{-09}$				
16 000	$1,08$ $\times 10^{+01}$	$4,47$ $\times 10^{-01}$	$9,42$ $\times 10^{-03}$	$-4,61$ $\times 10^{-04}$	$-7,86$ $\times 10^{-06}$	$3,02$ $\times 10^{-07}$	$2,35$ $\times 10^{-09}$	$-6,92$ $\times 10^{-11}$			
20 000	$1,17$ $\times 10^{+01}$	$5,24$ $\times 10^{-01}$	$1,74$ $\times 10^{-02}$	$-7,12$ $\times 10^{-04}$	$-2,95$ $\times 10^{-05}$	$6,27$ $\times 10^{-07}$	$2,18$ $\times 10^{-08}$	$-1,91$ $\times 10^{-10}$	$-5,64$ $\times 10^{-12}$		

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$$

où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Tableau A.4 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, en décibels de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $0,5 \text{ m} \leq d < 0,8 \text{ m}$

$a_i, \text{ dB} \cdot \text{s}^i \cdot \text{m}^{-i}$											
$f, \text{ Hz}$	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}^*$											
≤ 250	$-5,00$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
315	$-6,50$ $\times 10^{-01}$	$2,89$ $\times 10^{-02}$									
400	$-4,36$ $\times 10^{-01}$	$3,01$ $\times 10^{-02}$									
500	$-3,12$ $\times 10^{-01}$	$3,09$ $\times 10^{-02}$									
630	$8,52$ $\times 10^{-02}$	$3,24$ $\times 10^{-02}$									
800	1,03	$3,57$ $\times 10^{-02}$									
1 000	1,85	$3,80$ $\times 10^{-02}$									
1 250	2,61	$4,34$ $\times 10^{-02}$	$1,08$ $\times 10^{-04}$								
1 600	3,18	$5,30$ $\times 10^{-02}$	$1,32$ $\times 10^{-04}$								
2 000	3,64	$6,67$ $\times 10^{-02}$	$1,57$ $\times 10^{-04}$								
2 500	4,12	$8,36$ $\times 10^{-02}$	$2,72$ $\times 10^{-04}$								
3 150	4,64	$1,12$ $\times 10^{-01}$	$6,78$ $\times 10^{-04}$	$-6,27$ $\times 10^{-06}$							
4 000	5,47	$1,30$ $\times 10^{-01}$	$1,29$ $\times 10^{-03}$	$-8,74$ $\times 10^{-06}$	$-1,48$ $\times 10^{-07}$						
5 000	6,03	$1,53$ $\times 10^{-01}$	$1,91$ $\times 10^{-03}$	$-1,17$ $\times 10^{-05}$	$-2,80$ $\times 10^{-07}$						
6 300	6,92	$1,84$ $\times 10^{-01}$	$2,37$ $\times 10^{-03}$	$-1,99$ $\times 10^{-05}$	$-3,93$ $\times 10^{-07}$						
8 000	8,01	$2,34$ $\times 10^{-01}$	$4,22$ $\times 10^{-03}$	$-5,79$ $\times 10^{-05}$	$-1,74$ $\times 10^{-06}$	$7,63$ $\times 10^{-09}$	$2,46$ $\times 10^{-10}$				
10 000	8,90	$2,96$ $\times 10^{-01}$	$4,86$ $\times 10^{-03}$	$-1,37$ $\times 10^{-04}$	$-2,16$ $\times 10^{-06}$	$4,39$ $\times 10^{-08}$	$3,29$ $\times 10^{-10}$	$-5,11$ $\times 10^{-12}$			
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	9,57	$3,58$ $\times 10^{-01}$	$9,87$ $\times 10^{-03}$	$-2,20$ $\times 10^{-04}$	$-9,71$ $\times 10^{-06}$	$7,05$ $\times 10^{-08}$	$3,25$ $\times 10^{-09}$				
16 000	$1,05$ $\times 10^{+01}$	$4,50$ $\times 10^{-01}$	$1,57$ $\times 10^{-02}$	$-5,09$ $\times 10^{-04}$	$-2,78$ $\times 10^{-05}$	$3,98$ $\times 10^{-07}$	$2,21$ $\times 10^{-08}$	$-1,12$ $\times 10^{-10}$	$-6,07$ $\times 10^{-12}$		
20 000	$1,17$ $\times 10^{+01}$	$5,58$ $\times 10^{-01}$	$1,70$ $\times 10^{-02}$	$-1,01$ $\times 10^{-03}$	$-2,93$ $\times 10^{-05}$	$1,40$ $\times 10^{-06}$	$2,26$ $\times 10^{-08}$	$-9,09$ $\times 10^{-10}$	$-6,11$ $\times 10^{-12}$	$2,17$ $\times 10^{-13}$	

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$$

où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Tableau A.5 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, en décibels de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $0,8 \text{ m} \leq d < 1,25 \text{ m}$

$a_i, \text{dB} \cdot \text{s}^i \cdot \text{m}^{-i}$											
f, Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}$											
≤ 160	$-5,00$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
200	-1,04	$2,35$ $\times 10^{-02}$									
250	$-7,07$ $\times 10^{-01}$	$2,62$ $\times 10^{-02}$									
315	$-5,60$ $\times 10^{-01}$	$2,87$ $\times 10^{-02}$									
400	$-1,10$ $\times 10^{-01}$	$3,01$ $\times 10^{-02}$									
500	$6,61$ $\times 10^{-01}$	$3,09$ $\times 10^{-02}$									
630	1,34	$3,23$ $\times 10^{-02}$									
800	1,92	$3,72$ $\times 10^{-02}$									
1 000	2,10	$4,33$ $\times 10^{-02}$									
1 250	2,26	$5,37$ $\times 10^{-02}$									
1 600	2,50	$6,30$ $\times 10^{-02}$	$1,33$ $\times 10^{-04}$								
2 000	3,00	$7,07$ $\times 10^{-02}$	$2,66$ $\times 10^{-04}$								
2 500	3,70	$8,07$ $\times 10^{-02}$	$3,91$ $\times 10^{-04}$								
3 150	4,45	$1,05$ $\times 10^{-01}$	$6,32$ $\times 10^{-04}$	$-4,55$ $\times 10^{-06}$							
4 000	5,53	$1,28$ $\times 10^{-01}$	$8,01$ $\times 10^{-04}$	$-7,67$ $\times 10^{-05}$							
5 000	6,00	$1,54$ $\times 10^{-01}$	$1,74$ $\times 10^{-03}$	$-0,24$ $\times 10^{-05}$	$-2,32$ $\times 10^{-07}$						
6 300	6,88	$1,92$ $\times 10^{-01}$	$2,33$ $\times 10^{-03}$	$-3,11$ $\times 10^{-05}$	$-3,94$ $\times 10^{-07}$	$2,69$ $\times 10^{-09}$					
8 000	7,97	$2,37$ $\times 10^{-01}$	$4,25$ $\times 10^{-03}$	$-5,96$ $\times 10^{-05}$	$-1,78$ $\times 10^{-06}$	$7,91$ $\times 10^{-09}$	$2,57$ $\times 10^{-10}$				
10 000	8,67	$2,97$ $\times 10^{-01}$	$6,89$ $\times 10^{-03}$	$-1,35$ $\times 10^{-04}$	$-5,29$ $\times 10^{-06}$	$4,27$ $\times 10^{-09}$	$1,81$ $\times 10^{-09}$	$-4,89$ $\times 10^{-12}$	$-2,15$ $\times 10^{-13}$		
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	9,56	$3,59$ $\times 10^{-01}$	$9,71$ $\times 10^{-03}$	$-2,22$ $\times 10^{-04}$	$-9,55$ $\times 10^{-05}$	$7,20$ $\times 10^{-08}$	$3,21$ $\times 10^{-09}$				
16 000	$1,05$ $\times 10^{-01}$	$4,51$ $\times 10^{-01}$	$1,56$ $\times 10^{-02}$	$-5,09$ $\times 10^{-04}$	$-2,76$ $\times 10^{-05}$	$3,97$ $\times 10^{-07}$	$2,19$ $\times 10^{-08}$	$-1,11$ $\times 10^{-10}$	$-6,00$ $\times 10^{-12}$		
20 000	$1,17$ $\times 10^{-01}$	$5,60$ $\times 10^{-01}$	$1,68$ $\times 10^{-02}$	$-1,02$ $\times 10^{-03}$	$-2,88$ $\times 10^{-05}$	$1,42$ $\times 10^{-06}$	$2,22$ $\times 10^{-08}$	$-9,29$ $\times 10^{-10}$	$-5,98$ $\times 10^{-12}$	$2,23$ $\times 10^{-13}$	

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$$

où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (à 20 000 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Tableau A.6 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, en décibels de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $1,25 \text{ m} \leq d \leq 2 \text{ m}$

a_i , dB·s ⁴ ·m ⁻¹											
f , Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}$											
≤ 100	$-5,00$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
125	$-1,24$ $\times 10^{+00}$	$2,05$ $\times 10^{-02}$									
160	$-9,02$ $\times 10^{-01}$	$2,28$ $\times 10^{-02}$									
200	$-8,46$ $\times 10^{-01}$	$2,42$ $\times 10^{-02}$									
250	$-3,52$ $\times 10^{-01}$	$2,64$ $\times 10^{-02}$									
315	$4,54$ $\times 10^{-01}$	$2,85$ $\times 10^{-02}$									
400	1,15	$3,02$ $\times 10^{-02}$									
500	1,37	$3,15$ $\times 10^{-02}$									
630	1,11	$3,45$ $\times 10^{-02}$									
800	$9,80$ $\times 10^{-01}$	$4,11$ $\times 10^{-02}$									
1 000	1,28	$4,53$ $\times 10^{-02}$									
1 250	1,87	$5,17$ $\times 10^{-02}$									
1 600	2,31	$6,08$ $\times 10^{-02}$	$1,33$ $\times 10^{-04}$								
2 000	2,88	$7,08$ $\times 10^{-02}$	$2,39$ $\times 10^{-04}$								
2 500	3,59	$8,22$ $\times 10^{-02}$	$3,70$ $\times 10^{-04}$								
3 150	4,37	$1,06$ $\times 10^{-01}$	$5,76$ $\times 10^{-04}$	$-4,46$ $\times 10^{-06}$							
4 000	5,46	$1,27$ $\times 10^{-01}$	$7,93$ $\times 10^{-04}$	$-7,43$ $\times 10^{-06}$							
5 000	5,95	$1,55$ $\times 10^{-01}$	$1,73$ $\times 10^{-03}$	$-1,27$ $\times 10^{-05}$	$-2,32$ $\times 10^{-07}$						
6 300	6,84	$1,93$ $\times 10^{-01}$	$2,32$ $\times 10^{-03}$	$-3,10$ $\times 10^{-05}$	$-3,93$ $\times 10^{-07}$	$2,62$ $\times 10^{-09}$					
8 000	7,95	$2,38$ $\times 10^{-01}$	$4,21$ $\times 10^{-03}$	$-6,04$ $\times 10^{-05}$	$-1,77$ $\times 10^{-06}$	$8,08$ $\times 10^{-09}$	$2,56$ $\times 10^{-10}$				
10 000	8,85	$2,97$ $\times 10^{-01}$	$4,82$ $\times 10^{-03}$	$-1,36$ $\times 10^{-04}$	$-2,16$ $\times 10^{-06}$	$4,31$ $\times 10^{-08}$	$3,31$ $\times 10^{-10}$	$-4,96$ $\times 10^{-12}$			
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	9,56	$3,60$ $\times 10^{-01}$	$9,65$ $\times 10^{-03}$	$-2,23$ $\times 10^{-04}$	$-9,49$ $\times 10^{-06}$	$7,24$ $\times 10^{-09}$	$3,18$ $\times 10^{-09}$				
16 000	$1,05$ $\times 10^{+01}$	$4,52$ $\times 10^{-01}$	$1,55$ $\times 10^{-02}$	$-5,11$ $\times 10^{-04}$	$-2,74$ $\times 10^{-05}$	$3,99$ $\times 10^{-07}$	$2,17$ $\times 10^{-08}$	$-1,12$ $\times 10^{-10}$	$-5,96$ $\times 10^{-12}$		
20 000	$1,17$ $\times 10^{+01}$	$5,61$ $\times 10^{-01}$	$1,67$ $\times 10^{-02}$	$-1,03$ $\times 10^{-03}$	$-2,86$ $\times 10^{-05}$	$1,43$ $\times 10^{-06}$	$2,20$ $\times 10^{-08}$	$-9,34$ $\times 10^{-10}$	$-5,93$ $\times 10^{-12}$	$2,24$ $\times 10^{-13}$	

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$$

où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Annexe B (normative)

Détermination du rapport signal-bruit des fluctuations de pression acoustique sur les fluctuations de pression turbulente dans le conduit de mesurage

B.1 Généralités

Deux méthodes de détermination du rapport signal-bruit entre l'acoustique et la turbulence figurent aux Articles B.2 et B.3. La méthode décrite à l'Article B.2 n'est applicable que si l'angle de giration de l'écoulement n'est pas supérieur à 15°.

B.2 Méthode par comparaison entre ogive antivent et sonde microphonique

Deux mesurages sont nécessaires pour cette méthode:

- a) un mesurage avec un microphone équipé d'une ogive antivent; et
- b) un mesurage avec un microphone équipé d'une sonde microphonique.

Cette méthode est fondée, d'une part, sur l'hypothèse que le signal acoustique émis par le ventilateur ne dépend pas des fluctuations de pression turbulente engendrées par l'écoulement au niveau du microphone et, d'autre part, sur l'expérience démontrant qu'il y a une différence ΔL_t entre les niveaux du bruit de turbulence mesurés avec une ogive antivent et avec une sonde microphonique. Cette différence ΔL_t doit être connue en fonction de la vitesse moyenne d'écoulement et de la fréquence (voir, par exemple, le Tableau G.1).

La condition énoncée en 7.2.1, stipulant que le niveau de pression acoustique doit être d'au moins 6 dB supérieur au niveau des fluctuations de pression turbulente (en utilisant la sonde microphonique), est équivalente à cette autre condition: la différence entre les niveaux de pression acoustique mesurés avec un microphone muni d'une ogive antivent et avec le même microphone équipé d'une sonde microphonique ne doit pas dépasser une valeur limite maximale ΔL_{\max} qui est fonction de l'atténuation du bruit de turbulence ΔL_t de la sonde microphonique (voir Tableau B.1).

Une fois le ventilateur soumis à l'essai installé et en fonctionnement, on doit suivre les étapes suivantes pour vérifier si le rapport signal-bruit entre les fluctuations de pression acoustique et les fluctuations de pression turbulente dans le conduit de mesurage est d'au moins 6 dB.

- Étape 1: Mesurer la vitesse moyenne d'écoulement dans le conduit à la position radiale spécifiée pour la sonde microphonique (voir Tableau 7) et déterminer la valeur d'atténuation du bruit de turbulence ΔL_t (par exemple, à partir des données du fabricant ou, pour la sonde microphonique présentée à la Figure G.1, à partir du Tableau G.1).
- Étape 2: Mesurer le niveau de la pression acoustique quadratique moyenne sur la circonférence dans le conduit (en utilisant l'une des méthodes décrites de 7.2.2 à 7.2.4) avec un microphone équipé d'une sonde microphonique placé à la position radiale spécifiée (voir Tableau 7), appliquer la correction $C (= C_1 + C_2 + C_{3,4})$ de réponse en fréquence combinée et noter le résultat L_{pST} .
- Étape 3: Mesurer le niveau de la pression acoustique quadratique moyenne sur la circonférence dans le conduit (en utilisant l'une des méthodes décrites de 7.2.2 à 7.2.4) avec un microphone équipé d'une ogive antivent placé à mi-distance entre l'axe du conduit et la paroi ($2r/d = 0,5$), appliquer la correction C_1 de réponse du microphone (voir 3.9) et noter le résultat L_{pNC} .

- Étape 4: Vérifier si la différence entre le niveau de la pression acoustique quadratique moyenne sur la circonférence obtenu à partir d'une ogive antivent et le niveau obtenu à partir d'une sonde microphonique ($L_{pNC} - L_{pST}$) est inférieure ou égale à la différence maximale admissible ΔL_{max} donnée dans le Tableau C.1. Si la différence ($L_{pNC} - L_{pST}$) est supérieure à ΔL_{max} , le bruit de turbulence est inférieur de moins de 6 dB au niveau de pression acoustique relevé avec la sonde microphonique.

Tableau B.1 — Différence maximale admissible ΔL_{max} entre les relevés du niveau de pression acoustique d'un microphone avec ogive antivent, L_{pNC} , et avec sonde microphonique, L_{pST} , en fonction de l'atténuation ΔL_t du bruit de turbulence de la sonde microphonique

ΔL_t dB	$\Delta L_{max} = (L_{pNC} - L_{pST})_{max}$ dB
10	5,1
11	5,9
12	6,7
13	7,6
14	8,5
15	9,4
16	10,3
17	11,3
18	12,2
19	13,2
20	14,1
21	15,1
22	16,1
23	17,1
24	18,1
25	19

NOTE Pour un rapport signal-bruit des fluctuations de pression acoustique sur les fluctuations de pression turbulente de 6 dB au minimum.

B.3 Méthode par utilisation d'un silencieux

Dans des conditions de fonctionnement du ventilateur appropriées, cette méthode nécessite deux déterminations du niveau de pression acoustique moyenne L_p conformément à 8.1, dans chaque bande de fréquences et à l'aide d'une sonde microphonique. Pour la première détermination, on doit utiliser le conduit de mesurage spécifié dans la présente Norme internationale. Pour la seconde détermination, la partie du conduit de mesurage comprise entre le ventilateur et le plan de mesurage est remplacée par un silencieux de même section droite et de même longueur que la partie remplacée du conduit de mesurage. Le silencieux doit avoir une perte par insertion d'au moins 10 dB dans chaque bande de fréquences représentative (voir ISO 7235).

L'exigence d'un rapport minimal signal-bruit des fluctuations de pression acoustique sur les fluctuations de pression turbulente de 6 dB (voir 7.2.1) est satisfaite si le niveau de la pression acoustique moyenne déterminée avec le silencieux est d'au moins 5 dB inférieur au niveau déterminé sans ce silencieux. Cette condition doit être remplie dans chaque bande de fréquences représentative.

B.4 Méthode utilisant la fonction de cohérence

Cette méthode est uniquement applicable à la gamme de fréquences correspondant à la propagation en ondes planes dans le conduit de mesure. Elle implique l'utilisation d'un analyseur FFT ainsi que de deux microphones identiques, munis soit d'une sonde microphonique, soit d'une boule antivent, soit d'une ogive antivent. Un des microphones doit être monté comme indiqué à la Figure 10 et l'autre à 180° du premier dans le même plan et dans la même direction. Les mesures doivent être effectuées en deux positions du couple de microphones, séparées de 90° sur la circonférence.

Pour chaque position du couple de microphones, la fonction de cohérence entre les signaux des deux microphones doit être obtenue en fonction de la fréquence, à partir de 16 échantillons de signaux. Les moyennes arithmétiques des racines carrées des fonctions de cohérence doivent être calculées pour toutes les fréquences dans chaque bande de tiers d'octave. La moyenne des résultats des deux positions du couple de microphones doit être ensuite calculée et la moyenne composée doit être élevée au carré pour donner la fonction de cohérence moyenne, γ^2 , dans chaque bande de tiers d'octave.

Si la valeur de γ^2 est égale ou supérieure à 0,64, la condition énoncée en 7.2.1 est remplie, c'est-à-dire que le niveau de la pression acoustique mesuré est d'au moins 6 dB supérieur au niveau du bruit de turbulence. Dans le cas contraire, les résultats relatifs à la bande seront indiqués de la façon suivante «ne dépassant pas ... dB».

NOTE Pour toute bande de fréquences, des valeurs de γ^2 supérieures à 0,64 sont la preuve que le rapport signal-bruit de turbulence est supérieur à 6 dB dans cette bande.

Dans la gamme de fréquences correspondant à une propagation en ondes planes, des valeurs de γ^2 inférieures à 0,64 indiquent que le rapport signal-bruit des fluctuations de pression turbulente est inférieur à 6 dB.

Cependant, dans la gamme de fréquences $f \geq f_{1,0}$, où les modes d'ordre supérieur peuvent se propager dans le conduit de mesure, des valeurs de γ^2 inférieures à 0,64 ne sont pas nécessairement la preuve que le rapport signal-bruit de turbulence est inférieur à 6 dB car les modes acoustiques croisés ne sont pas cohérents d'un bout à l'autre du conduit. (Voir référence [23].) Si des valeurs de γ^2 inférieures à 0,64 sont relevées sur une bande de fréquences contenant la fréquence de coupure du premier mode croisé ou sur toute autre bande de fréquences supérieure, la méthode décrite en B.3 peut être utilisée pour vérifier le rapport signal-bruit associé à la turbulence.

Annexe C (normative)

Méthodes de calcul du niveau de puissance acoustique pondéré A à partir des niveaux de puissance acoustique par bande de tiers d'octave

Calculer le niveau de puissance acoustique pondéré A, $L_{B'A}$, en décibels (puissance acoustique de référence: 1 pW), selon la formule

$$L_{B'A} = 10 \lg \sum_{j_{\min}}^{j_{\max}} 10^{0,1[(L_B)_j - C_j]} \quad \text{dB} \quad (\text{C.1})$$

où

$(L_B)_j$ est le niveau de la $j^{\text{ème}}$ bande de tiers d'octave;

$j_{\max} = 27$;

C_j est donné dans le Tableau C.1.

Tableau C.1 — Valeurs de C_j selon la CEI 60651

j	Fréquence médiane de bande de tiers d'octave Hz	C_j dB
1	50	-30,2
2	63	-26,2
3	80	-22,5
4	100	-19,1
5	125	-16,1
6	160	-13,4
7	200	-10,9
8	250	-8,6
9	315	-6,6
10	400	-4,8
11	500	-3,2
12	630	-1,9
13	800	-0,8
14	1 000	0
15	1 250	0,6
16	1 600	1
17	2 000	1,2
18	2 500	1,3
19	3 150	1,2
20	4 000	1
21	5 000	0,5
22	6 300	-0,1
23	8 000	-1,1
24	10 000	-2,5
25	12 500	-4,3
26	16 000	-6,6
27	20 000	-9,3

Annexe D (informative)

Exemple de calcul de $C_{3,4}$ pour un diamètre de conduit et une vitesse moyenne d'écoulement donnés

Pour $d = 0,5$ m, les valeurs des facteurs a_i pour le calcul de $C_{3,4}$ en fonction de l'Équation (3) sont indiquées dans le Tableau A.4. Pour une fréquence $f = 1\ 000$ Hz

$$C_{3,4} = (1,85 + 0,038U) \text{ dB} \quad (\text{D.1})$$

Pour une vitesse moyenne d'écoulement $U = 15$ m/s (conduit de refoulement)

$$C_{3,4} = (1,85 + 0,038 \times 15) \text{ dB} \approx 2,4 \text{ dB} \quad (\text{D.2})$$

Sinon, pour $U = -15$ m/s (conduit d'aspiration)

$$C_{3,4} = [1,85 + 0,038 \times (-15)] \text{ dB} \approx 1,3 \text{ dB} \quad (\text{D.3})$$

Voir également les données répertoriées dans le Tableau D.1. La Figure D.1 illustre le comportement de la valeur de $C_{3,4}$ en fonction de la vitesse moyenne d'écoulement U .

Tableau D.1 — Valeur de correction $C_{3,4}$, en décibels, pour $d = 0,5$ m et différentes vitesses d'écoulement U

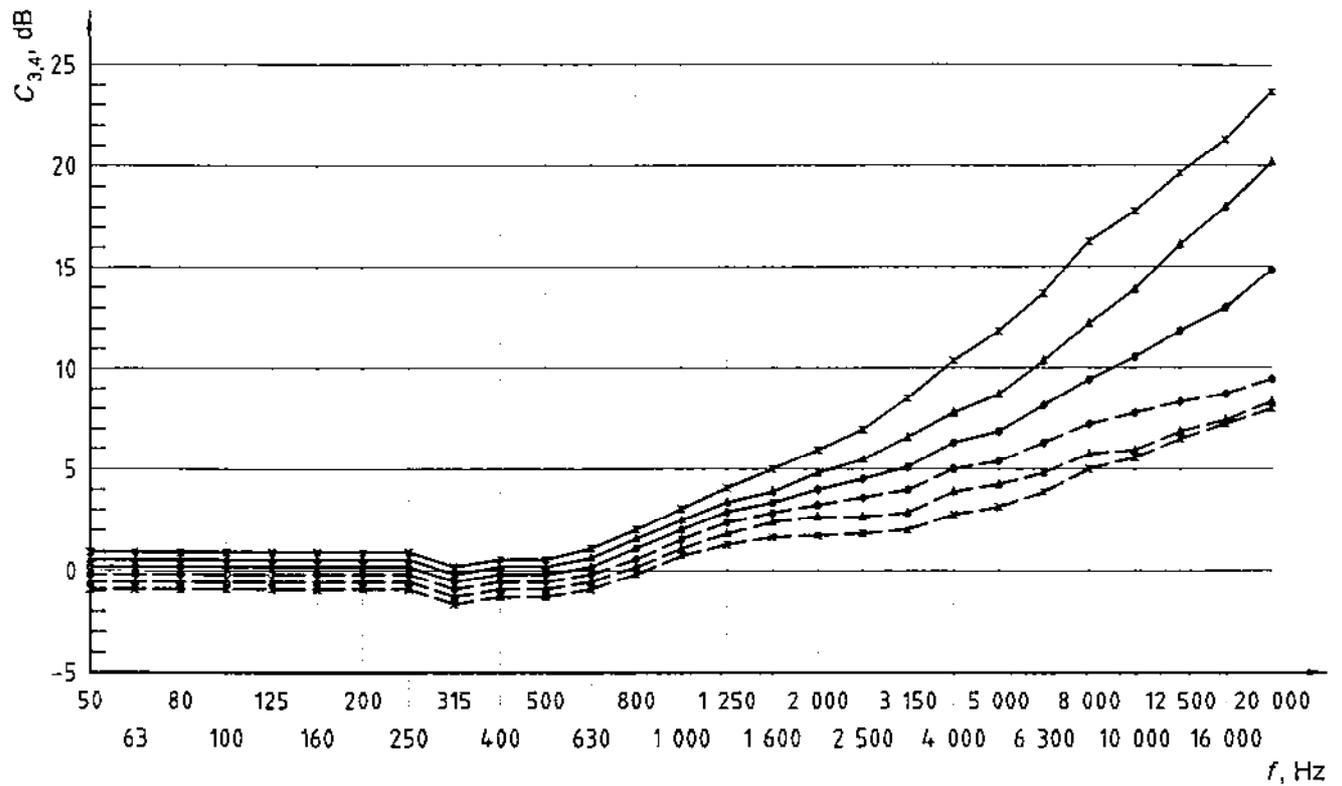
f Hz	U m/s					
	5	-5	15	-15	30	-30
50	0,1	-0,2	0,4	-0,5	0,8	-0,9
63	0,1	-0,2	0,4	-0,5	0,8	-0,9
80	0,1	-0,2	0,4	-0,5	0,8	-0,9
100	0,1	-0,2	0,4	-0,5	0,8	-0,9
125	0,1	-0,2	0,4	-0,5	0,8	-0,9
160	0,1	-0,2	0,4	-0,5	0,8	-0,9
200	0,1	-0,2	0,4	-0,5	0,8	-0,9
250	0,1	-0,2	0,4	-0,5	0,8	-0,9
315	-0,5	-0,8	-0,2	-1,1	0,2	-1,5
400	-0,3	-0,6	0	-0,9	0,5	-1,3
500	-0,2	-0,5	0,2	-0,8	0,6	-1,2
630	0,2	-0,1	0,6	-0,4	1,1	-0,9
800	1,2	0,9	1,6	0,5	2,1	0
1 000	2	1,7	2,4	1,3	3	0,7
1 250	2,8	2,4	3,3	2	4	1,4
1 600	3,4	2,9	4	2,4	4,9	1,7

Tableau D.1 (suite)

f Hz	U m/s					
	5	-5	15	-15	30	-30
2 000	4	3,3	4,7	2,7	5,8	1,8
2 500	4,5	3,7	5,4	2,9	6,9	1,9
3 150	5,2	4,1	6,5	3,1	8,4	2,1
4 000	6,2	4,9	7,7	3,8	10,2	2,8
5 000	6,8	5,3	8,7	4,2	11,8	3,2
6 300	7,9	6,1	10,1	4,7	13,7	3,8
8 000	9,3	7	12,2	5,6	16,2	4,9
10 000	10,5	7,6	13,9	5,9	17,9	5,6
12 500	11,6	8	16	6,7	19,5	6,4
16 000	13,1	8,7	18,2	7,5	21,2	7,3
20 000	14,8	9,4	20,2	8,4	23,6	7,9

NOTE 1 $U > 0$ pour le conduit de refoulement, $U < 0$ pour le conduit d'aspiration.

NOTE 2 Les résultats de l'exemple sont encadrés en gras.



Légende

- $U = 5$ m/s
- -●- - $U = -5$ m/s
- ▲— $U = 15$ m/s
- -▲- - $U = -15$ m/s
- ★— $U = 30$ m/s
- -★- - $U = -30$ m/s

Figure D.1 — Valeur de $C_{3,4}$ en fonction de la vitesse moyenne d'écoulement U pour $d = 0,5$ m

Annexe E (informative)

Directives pour l'étude et la réalisation d'une terminaison anéchoïque

E.1 La caractéristique essentielle d'une terminaison anéchoïque consiste en une variation suffisamment progressive de la section du conduit afin d'éliminer un retour des ondes acoustiques par réflexion dans le conduit, qui perturberaient les mesurages des niveaux de pression acoustique. Ce critère est fixé en 5.2.7 sous la forme d'un coefficient de réflexion maximal admissible. Une méthode de détermination de la conformité d'une terminaison donnée aux exigences de 5.2.7 est décrite à l'Annexe F.

E.2 Plusieurs formes de terminaisons conformes aux exigences de 5.2.7 ont été décrites dans la littérature, par exemple dans les références [2], [4], [6], [9], [12], [13], [14], [17] et [18].

E.3 Les Figures E.1 à E.5 présentent des géométries de terminaisons qui ont été réalisées avec succès dans plusieurs laboratoires. Dans ces dessins, la variation progressive de la section droite du conduit a approximativement la forme d'un pavillon exponentiel ou caténoïdal. Cette deuxième forme donne des résultats légèrement meilleurs qu'un pavillon exponentiel. Comme dans la plupart des terminaisons anéchoïques les plus performantes, une partie du pavillon est remplie de matériau absorbant afin d'atténuer le bruit des systèmes de réglage et de mesurage du débit d'air qui sont habituellement installés aux extrémités des pavillons. Des détails sur les caractéristiques de ces pavillons ainsi que l'effet de certaines conceptions alternatives sont donnés dans les références [6], [9] et [12].

Il n'est pas nécessaire d'obtenir exactement un profil exponentiel ou caténoïdal. On peut approcher ces profils par des sections coniques, comme indiqué sur les Figures E.1 a), E.2, E.3 et E.5.

Dans l'autre type, on observe une augmentation en marches d'escalier de la section droite entre le conduit et la terminaison. Des schémas de ces terminaisons en marches d'escalier sont présentés aux Figures E.6 et E.7.

E.4 Puisque l'entrée de la terminaison anéchoïque et la sortie du conduit sont en transition régulière, leurs diamètres internes sont identiques au niveau de la jonction, comme indiqué sur la Figure E.1 a), terminaison anéchoïque. Toutes les dimensions des terminaisons anéchoïques sont données par rapport au diamètre interne d_1 de l'extrémité du conduit. Cependant, il convient de n'utiliser des diamètres différents de ceux qui ont été expérimentés que dans un domaine limité car le rapport de la longueur d'onde aux dimensions sera modifié. Le revêtement extérieur de la terminaison peut être fabriqué à partir de tout matériau suffisamment rigide pour conserver ses caractéristiques dimensionnelles.

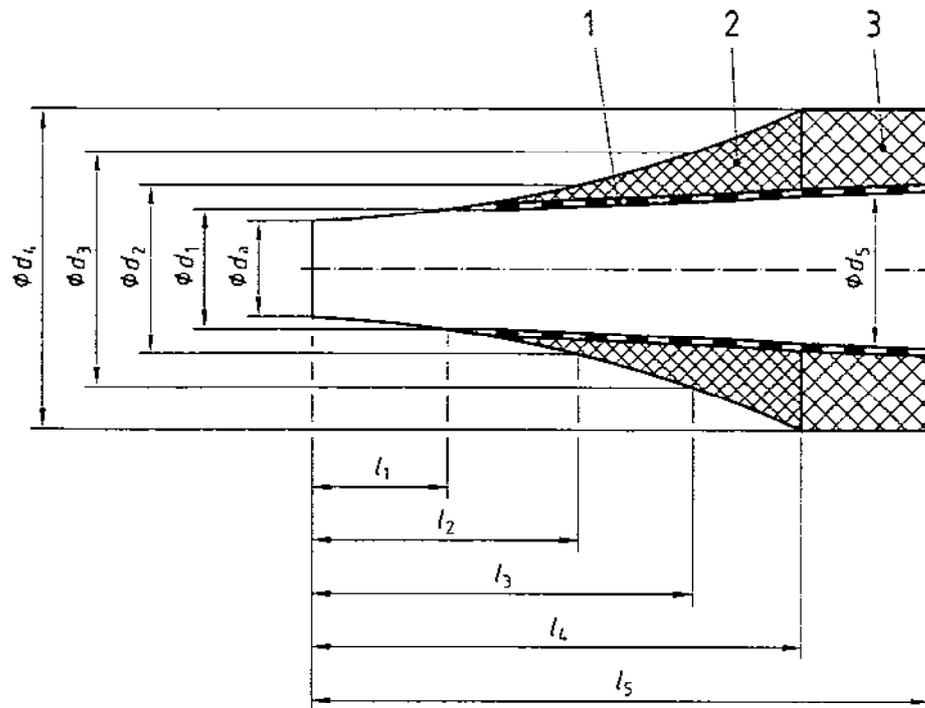
Dans la terminaison anéchoïque présentée à la Figure E.1 a), le passage de l'air au travers de la partie centrale du pavillon s'effectue par des plaques métalliques perforées sur environ 58 % de la surface. Il convient de porter une attention particulière à la régularité de la transition au niveau d_1 . Le volume compris entre la plaque perforée et les sections coniques du pavillon est rempli d'une mousse à cellules ouvertes ou de fibre de verre de masse volumique d'environ 24 kg/m³. Le volume cylindrique terminal en d_4 est rempli de laine de verre de masse volumique d'environ 48 kg/m³.

E.5 Si des raccords doivent être utilisés entre le conduit de mesurage et la terminaison anéchoïque, le raccordement est considéré comme faisant partie de la terminaison anéchoïque, c'est-à-dire que cette dernière ainsi que le raccordement doivent se conformer aux exigences énoncées en 5.2.7.

E.6 Des exemples de dispositifs de réglage du débit sont donnés à la Figure E.8.

La Figure E.8 présente un dispositif de réglage du débit consistant en neuf écrans interchangeable qui présentent une résistance hydraulique augmentant progressivement. Les détails des écrans sont donnés au Tableau E.1.

E.7 Des terminaisons anéchoïques présentant des sections à expansion échelonnée sont présentées aux Figures E.6 et E.7. Le son est réfléchi chaque fois qu'un changement survient dans la section et l'effet anéchoïque global est obtenu par l'ajustement de la longueur des sections de façon à ce que les ondes réfléchies s'annulent. Une augmentation du diamètre des sections en marches d'escalier d'environ 10 % et une longueur de section comprise entre 0,3 m et 0,4 m semblent appropriées.



Diamètre intérieur du conduit, d_a			
d_1	$1,15 d_a$	l_1	$1,44 d_a$
d_2	$1,64 d_a$	l_2	$2,89 d_a$
d_3	$2,25 d_a$	l_3	$3,89 d_a$
d_4	$3,44 d_a$	l_4	$5,11 d_a$
d_5	$1,67 d_a$	l_5	$6,44 d_a$

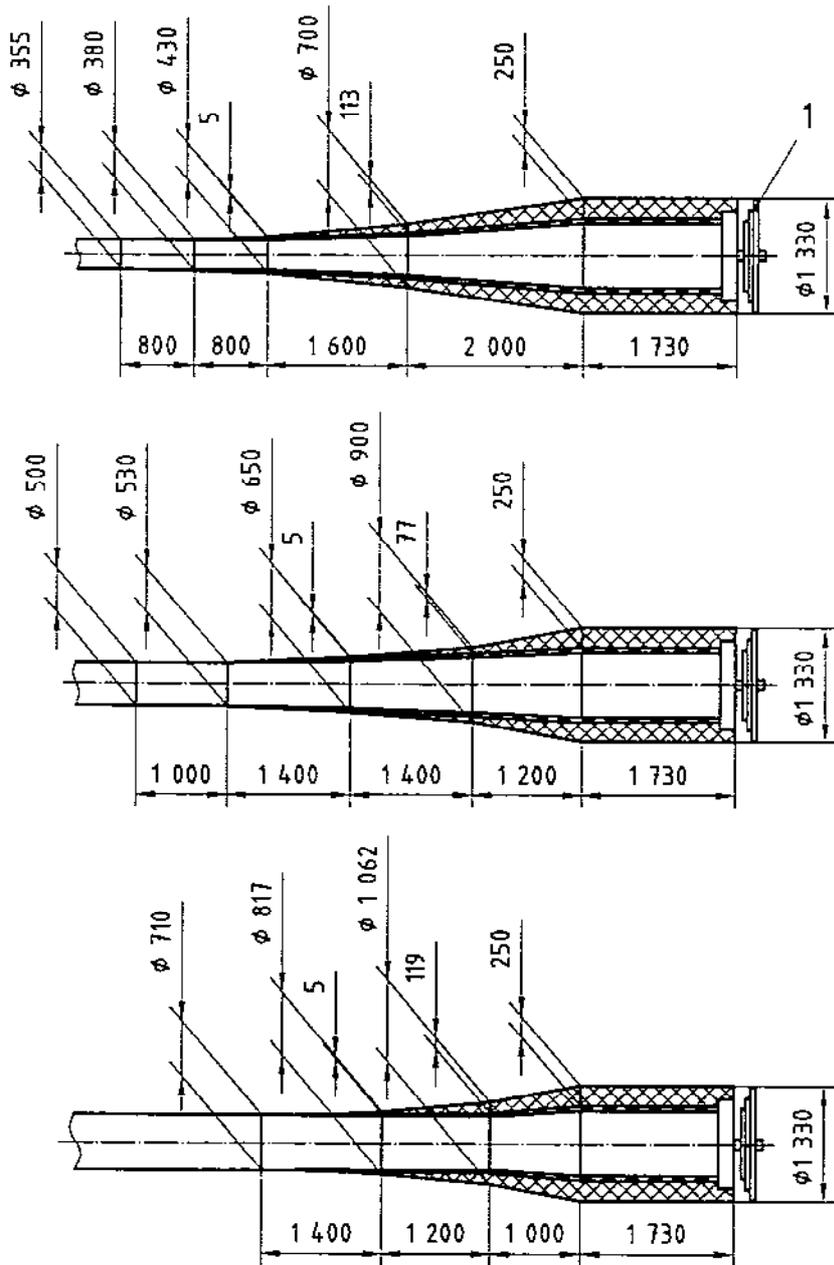
Légende

- 1 tôle perforée de porosité 58 % environ
- 2 mousse à cellules ouvertes ou laine de verre de masse volumique 24 kg/m^3
- 3 laine de verre de masse volumique 48 kg/m^3

a) Terminaison anéchoïque soumise à essai pour le diamètre $d_a = 0,46 \text{ m}$ (voir référence [9])

Figure E.1 — Exemples de terminaisons anéchoïques

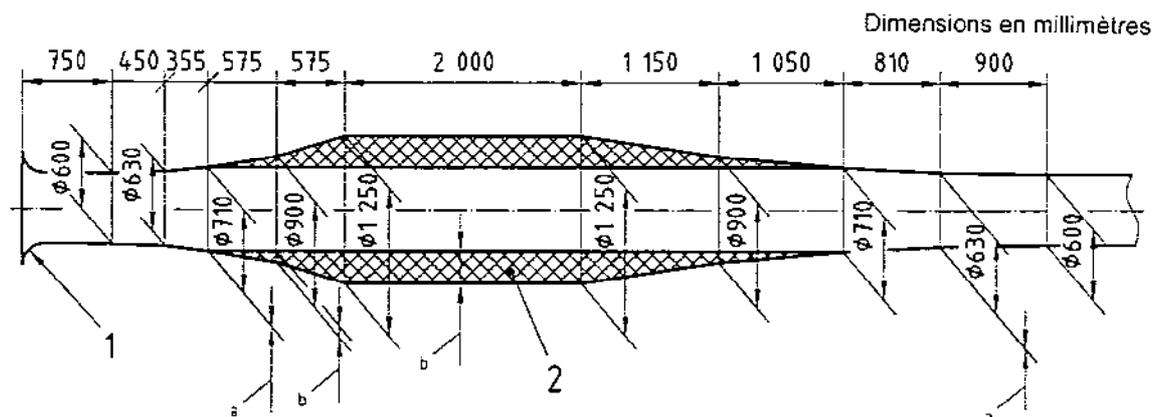
Dimensions en millimètres



NOTE La couche est en mousse polyuréthane expansée de masse volumique 32 kg/m^3 .

b) Exemples de trois modèles caténoïdaux de terminaison anéchoïque

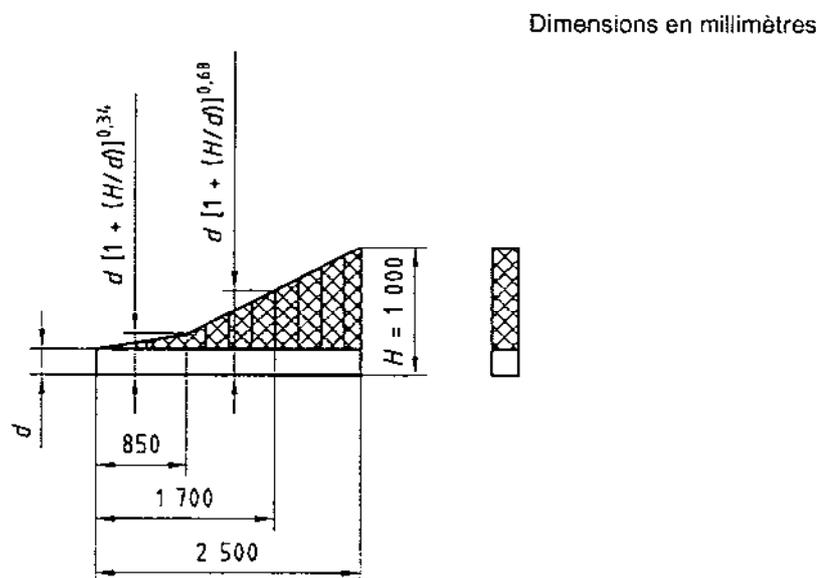
Figure E.1 — Exemples de terminaisons anéchoïques (suite)



Légende

- 1 dispositif de réglage du débit
- 2 mousse polyuréthane expansée de masse volumique 32 kg/m^3
- a Aucune couche
- b Couche épaisse

Figure E.2 — Exemple de terminaison anéchoïque côté aspiration (caténoïdale)



NOTE Essai avec $d \leq 250 \text{ mm}$ (voir référence [10]); pour $d > 250 \text{ mm}$, la longueur de la terminaison doit être augmentée ou on peut utiliser les terminaisons anéchoïques à deux côtés, voir Figure E.5 (voir référence [14]).

Figure E.3 — Exemple de terminaison anéchoïque à un côté



Légende

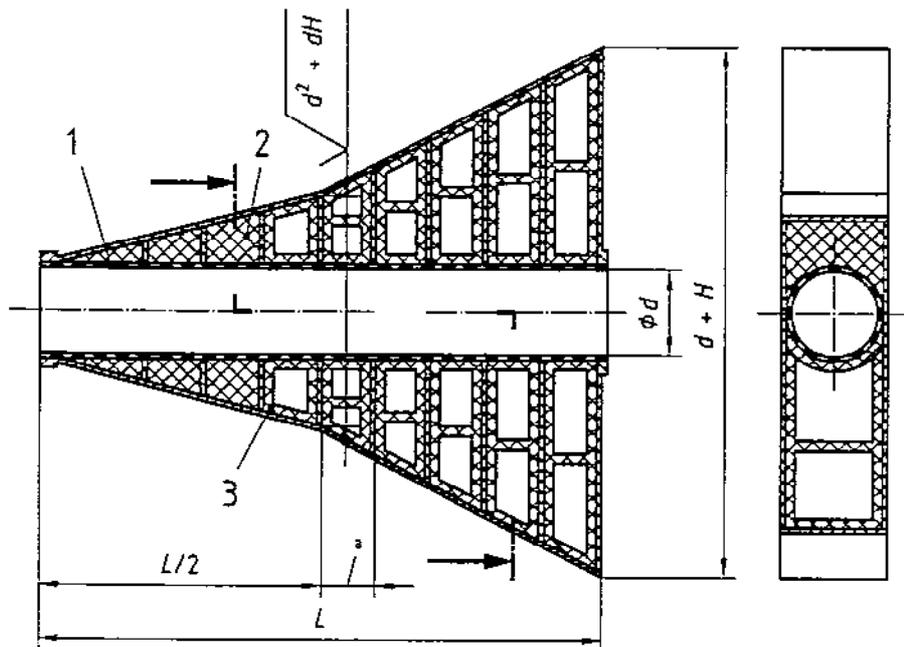
1 fente triangulaire

$l = 9d$, $b = 0,6d$, recouverte de matériau poreux

NOTE 1 Résistance hydraulique d'environ $\rho \geq 400 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^3$ ($\approx \rho c$)

NOTE 2 Essai avec $d \leq 0,3 \text{ m}$ (voir référence [6]).

Figure E.4 — Exemple de terminaison anéchoïque



Légende

1 tôle perforée de porosité 33 %

2 laine minérale, $\rho \approx 43 \text{ kg}/\text{m}^3$

3 laine minérale de 20 mm d'épaisseur, $\rho \approx 50 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\Xi \geq 5 \text{ kN}\cdot\text{s}/\text{m}^4$, où Ξ est la résistance de l'écoulement par unité de longueur (épaisseur du matériau d'insonorisation)

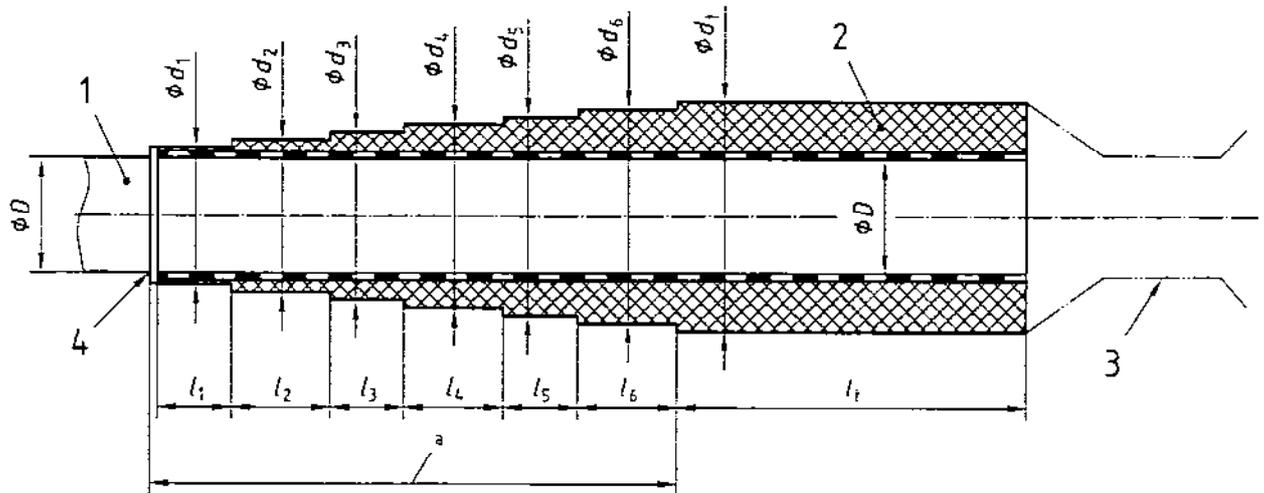
$L \geq 5d$

$H = 200 \text{ mm}$

^a 250 mm à 300 mm

NOTE Essai avec $d = 400 \text{ mm}$, $d = 500 \text{ mm}$ (voir référence [18]), et $d = 630 \text{ mm}$.

Figure E.5 — Exemple de terminaison anéchoïque à deux côtés



Dimensions en millimètres

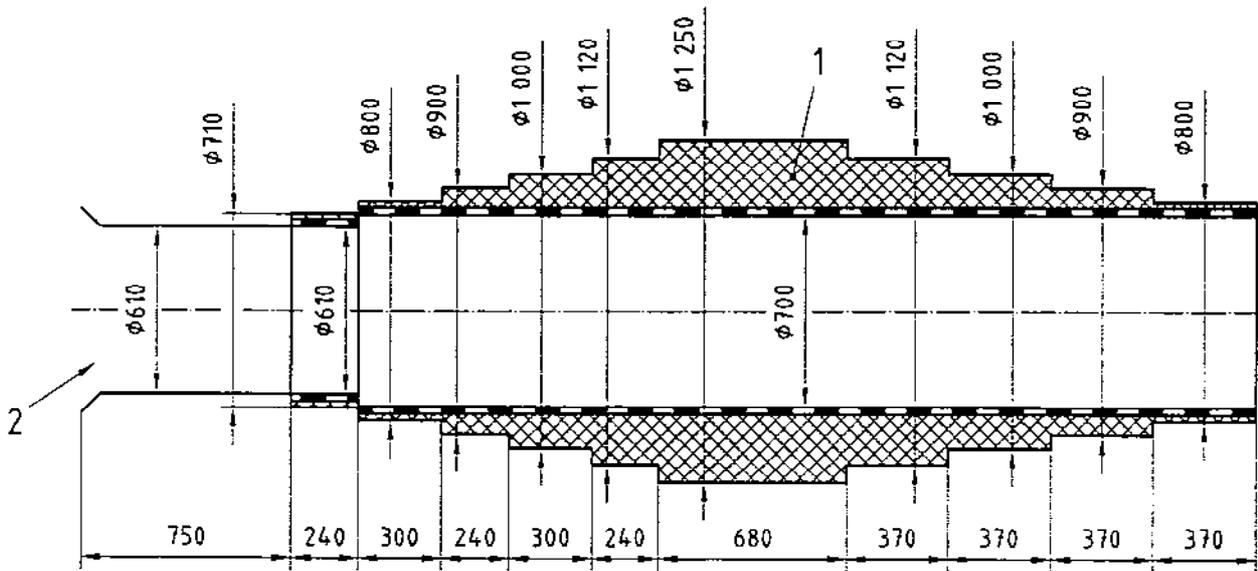
Diamètre du conduit de mesurage ϕD	Facteur d'expansion échelonnée	d_1	l_1	d_2	l_2	d_3	l_3	d_4	l_4	d_5	l_5	d_6	l_6	Diamètre de la terminaison d_t	Longueur de la terminaison l_t
400	6	450	240	500	320	550	240	600	320	650	240	700	320	750	1 125
630	4	700	240	780	320	850	240	925	—	—	—	—	—	1 000	1 500
1 000	3	1 150	240	1 300	320	1 450	240	—	—	—	—	—	—	1 600	2 400

Légende

- 1 conduit de mesurage
- 2 laine minérale de masse volumique 45 kg/m^3
- 3 tuyère de mesurage
- 4 bride d'entrée de la terminaison

Figure E.6 — Exemple de terminaison anéchoïque en marches d'escalier

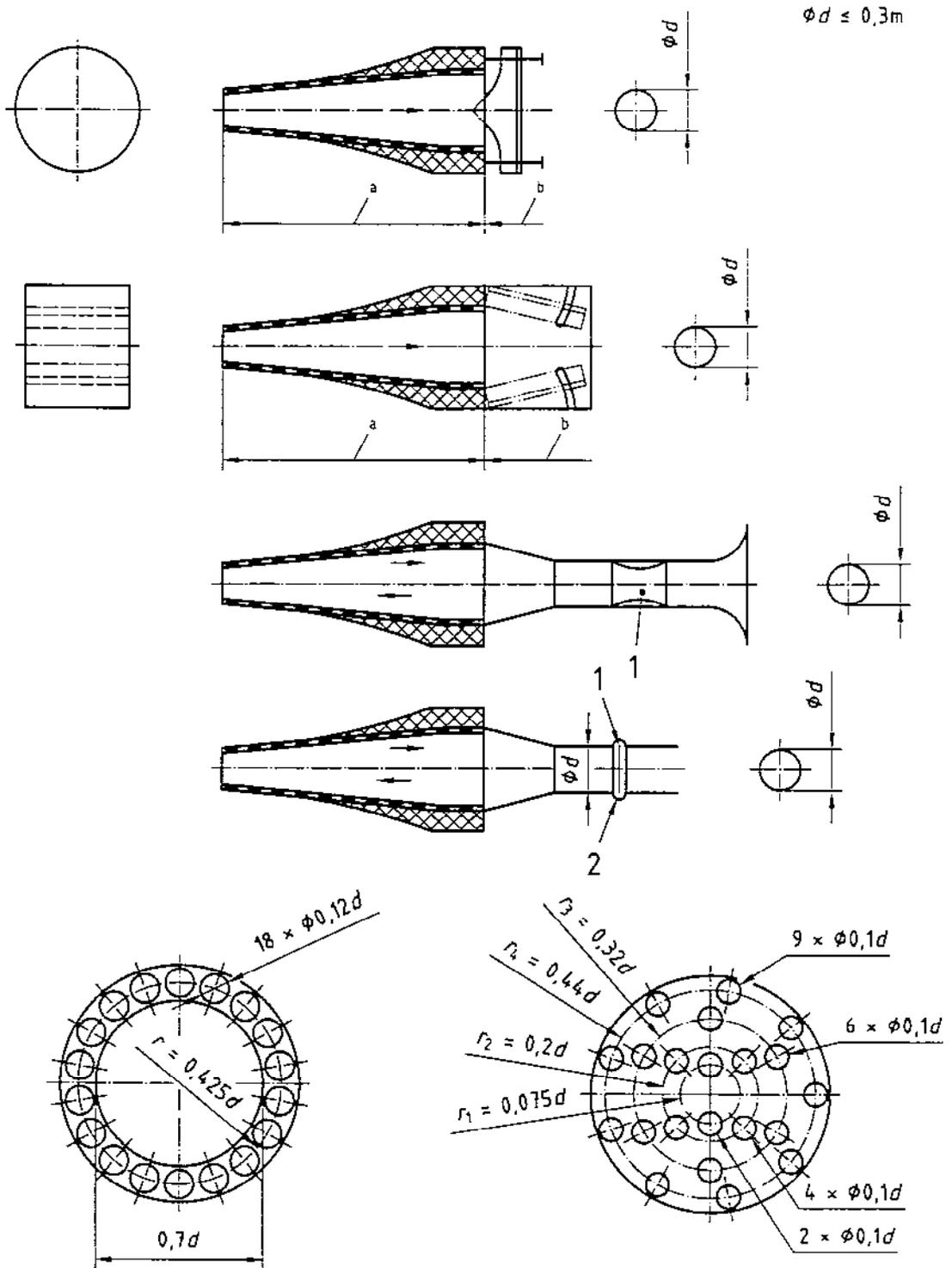
Dimensions en millimètres



Légende

- 1 mousse polyuréthane expansée de masse volumique 32 kg/m³
- 2 dispositif de réglage du débit

Figure E.7 — Exemple de terminaison anéchoïque en marches d'escalier côté aspiration (caténoïdale)



Légende

- 1 dispositif de réglage
- 2 écran interchangeable
- a Terminaison anéchoïque
- b Dispositif de réglage du débit

Figure E.8 — Exemples de dispositifs de réglage du débit

Tableau E.1 — Écrans

Position radiale des orifices	Écran n°								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre de trous au rayon r_i									
r	18	9	—	—	—	—	—	—	—
r_1	—	—	3	3	3	2	2	2	—
r_2	—	—	10	10	5	4	5	4	—
r_3	—	—	16	12	8	6	7	4	—
r_4	—	—	24	16	12	9	—	—	—

Annexe F (informative)

Évaluation des caractéristiques des terminaisons anéchoïques

F.1 La présente annexe donne un exemple de détermination du coefficient de réflexion en pression. Calculer le coefficient de réflexion en pression, r_a à partir du mesurage de la différence ΔL entre les niveaux maximal et minimal de pression acoustique dans le conduit résultant de l'onde stationnaire formée par la superposition des ondes planes incidentes et réfléchies, pour chaque fréquence médiane des bandes de fréquences, selon la formule

$$r_a = \frac{10^{\Delta L/20} - 1}{10^{\Delta L/20} + 1} \quad (\text{F.1})$$

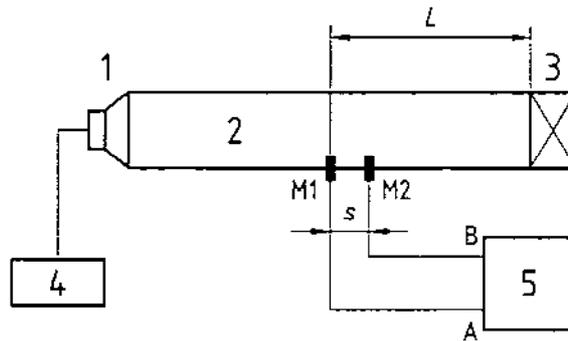
F.2 Il est recommandé de mesurer le coefficient de réflexion en pression dans la gamme de fréquences correspondant à la propagation du bruit en ondes planes dans le conduit de mesurage.

F.3 Une méthode d'évaluation des caractéristiques de la terminaison anéchoïque est donnée ci-dessous.

- a) Après avoir raccordé la terminaison anéchoïque au conduit de mesurage, monter un haut-parleur de bonne qualité dans un panneau qui recouvre l'entrée du conduit de mesurage.
- b) Prendre les dispositions pour pouvoir déplacer un microphone non équipé de sonde microphonique sur toute la longueur dans l'axe du conduit de mesurage.
- c) Alimenter le haut-parleur par un signal sinusoïdal fourni par un générateur par l'intermédiaire d'un amplificateur, si nécessaire, de fréquence égale à la fréquence centrale de la bande de tiers d'octave considérée.
- d) Filtrer le signal microphonique à l'aide d'un analyseur à bande étroite ou à bande de tiers d'octave puis raccorder le signal de sortie filtré à un enregistreur graphique de niveau.
- e) Déplacer le microphone le long de l'axe du conduit de mesurage pour mesurer la différence entre les niveaux de pression acoustique maximal et minimal.
- f) Calculer la différence entre les niveaux de pression acoustique maximal et minimal (ΔL) et l'inclure dans l'Équation (F.1). Comparer le coefficient de réflexion, r_a , obtenu avec les valeurs données dans le Tableau 5.
- g) Répéter les étapes c), d) et e) aux fréquences centrales des bandes de tiers d'octave comprises entre 50 Hz et f_0 .
- h) Si la terminaison anéchoïque est munie de dispositif de réglage du débit, répéter l'étape g) avec le dispositif réglé de façon à obtenir d'abord un débit maximal et ensuite un débit minimal.

Si l'on ne dispose pas d'un enregistreur graphique de niveau tel qu'indiqué en d), on peut relever manuellement les niveaux de pression acoustique maximal et minimal.

F.4 D'autres techniques, comme la technique faisant appel à l'utilisation de deux microphones peuvent également être utilisées. Cette méthode décrite en référence [20] consiste à réaliser le mesurage de la fonction de transfert entre les signaux de deux microphones proches (voir l'installation expérimentale à la Figure F.1). Cette méthode est uniquement applicable lorsqu'il n'y a aucun écoulement et à basses fréquences, c'est-à-dire dans le domaine de fréquences de propagation acoustique des ondes planes.



Légende

- 1 haut-parleur
- 2 conduit
- 3 élément réfléchissant
- 4 générateur à signal aléatoire
- 5 analyseur à deux canaux
- M1 et M2 sont des microphones

Figure F.1 — Installation et instrumentation expérimentales pour la technique utilisant deux microphones

La méthode d'évaluation des caractéristiques de la terminaison anéchoïque à l'aide de cette technique est donnée ci-dessous.

- a) Après avoir raccordé la terminaison anéchoïque au conduit de mesure (appelé élément réfléchissant à la Figure 1), monter un haut-parleur de bonne qualité dans l'entrée du conduit de mesure.
- b) Monter deux microphones M1 et M2 encastrés dans la paroi du conduit et espacés axialement de 30 mm à 50 mm. Il est recommandé que la distance entre la section et le haut-parleur ou l'élément réfléchissant soit au moins de $2D$, où D est le diamètre du conduit.
- c) Alimenter le haut-parleur par un signal aléatoire dans le domaine de fréquence représentatif, c'est-à-dire dans le domaine de fréquences de propagation acoustique des ondes planes.
- d) Mesurer à l'aide d'un analyseur de Fourier à deux canaux la fonction de transfert complexe H_{12} des signaux des deux microphones M1 et M2, où M1 est le haut-parleur le plus proche.
- e) Calculer le coefficient de réflexion en pression complexe R , selon la formule:

$$R = \frac{H_{12} - e^{-iks}}{e^{iks} - H_{12}} e^{2ikL} \tag{F.2}$$

où

- k est le nombre d'ondes;
- s est l'espacement entre les microphones;
- L est la distance axiale entre le microphone M1 et la section d'entrée de la terminaison anéchoïque (élément réfléchissant à la Figure F.1).

Le coefficient de réflexion r_a est l'amplitude du coefficient complexe R :

$$r_a = \sqrt{\text{Re}(R)^2 + \text{Im}(R)^2}$$

Les valeurs du coefficient de réflexion r_a , par rapport à la fréquence, peuvent être moyennées pour chaque bande de tiers d'octave afin d'évaluer la caractéristique des terminaisons anéchoïques, en considérant le Tableau 5 de 5.2.7.

La méthode de transfert des microphones décrite en référence [20] est recommandée afin d'éliminer les problèmes de décalage de phase électrique entre les canaux des deux microphones qui augmentent de manière significative l'incertitude de la détermination du coefficient de réflexion à basses fréquences.

Annexe G (informative)

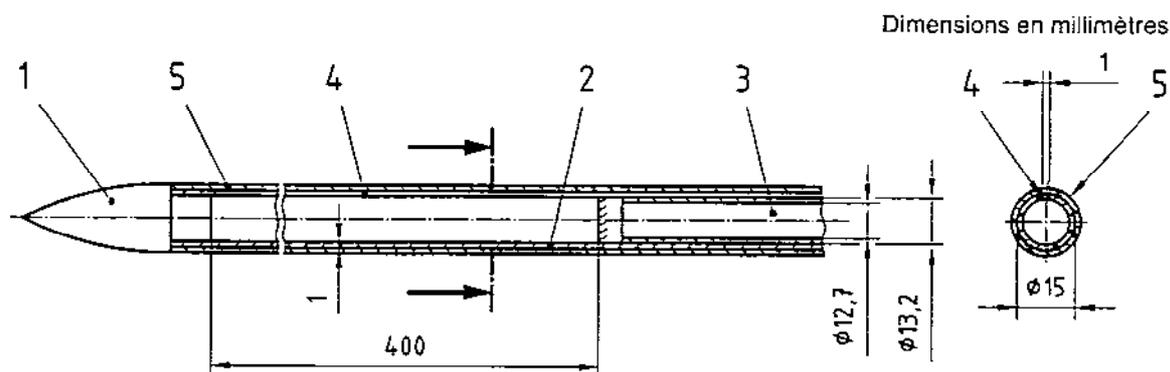
Exemple de sonde microphonique

G.1 Une description générale et un schéma d'une sonde microphonique sont présentés en 3.9.1 et à la Figure 1.

G.2 Une description détaillée d'un modèle pouvant être utilisé pour la fabrication d'une sonde microphonique est présenté aux Figures G.1 et G.2.

D'autres modèles sont décrits dans les références [11], [16], [29] et [40].

Des montages type de l'ensemble microphone-sonde microphonique sont donnés à la Figure G.3.

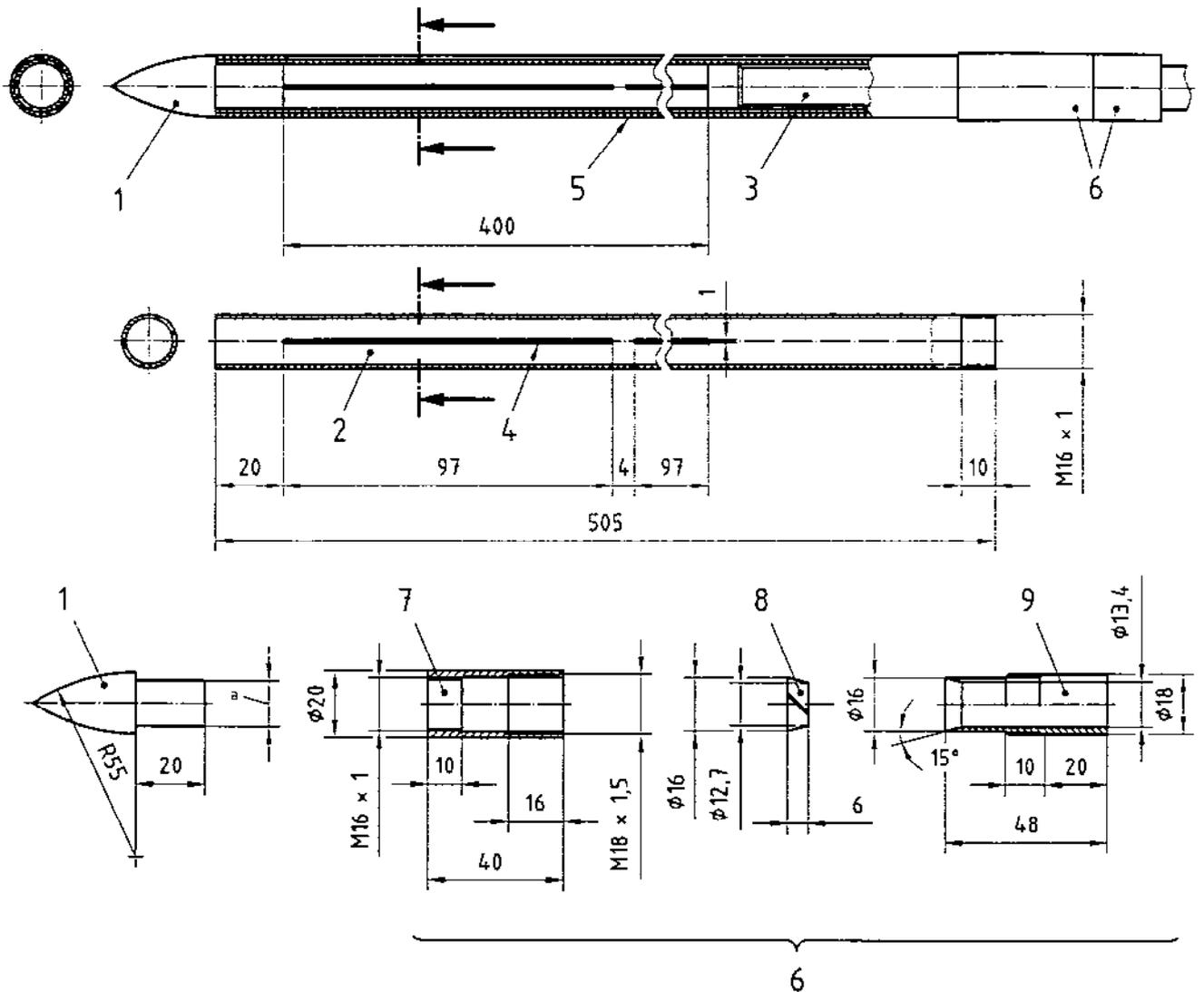


légende

- 1 ogive anti-vent ayant le même diamètre que le diamètre externe du matériau recouvrant la fente
- 2 tube fendu
- 3 microphone avec grille de protection (le diamètre interne du tube fendu doit être usiné pour s'ajuster à la grille de protection du microphone d'un diamètre nominal de 13,2 mm)
- 4 fente recouverte de matériau poreux
- 5 matériau poreux de résistance acoustique à l'écoulement $2\rho c$, c'est-à-dire environ 800 Pa·s/m

Figure G.1 — Schéma d'une sonde microphonique typique pour un microphone de 13 mm (1/2 in)

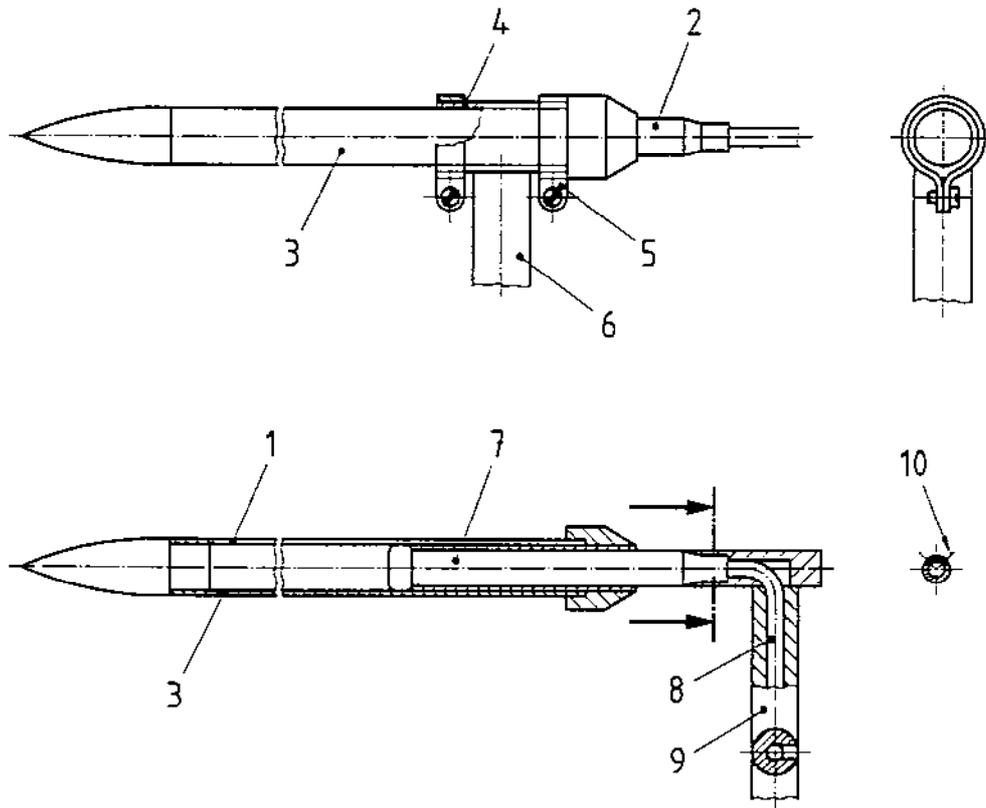
Dimensions en millimètres



Légende

- 1 ogive antivient ayant le même diamètre que le diamètre externe du matériau recouvrant la fente
 - 2 tube fendu
 - 3 microphone avec grille de protection (le diamètre interne du tube fendu doit être usiné pour s'ajuster à la grille de protection du microphone d'un diamètre nominal de 13,2 mm)
 - 4 fente recouverte de matériau poreux
 - 5 matériau poreux de résistance acoustique à l'écoulement $2\rho c$, c'est-à-dire environ 800 Pa·s/m
 - 6 bague de compression
 - 7 écrou de serrage en laiton
 - 8 bague de serrage en deux parties
 - 9 pièce rapportée en laiton
- ^a Pour permettre un ajustement exact, il convient que le diamètre soit adapté au diamètre intérieur de la fente.

Figure G.2 — Sonde microphonique présentant les options permettant d'améliorer la stabilité et les performances de la sonde



Légende

- 1 fente
- 2 microphone
- 3 sonde microphonique
- 4 anneau d'attache
- 5 manchon d'attache
- 6 axe de support
- 7 microphone avec grille de protection
- o câble de microphone
- 9 tube support
- 10 vis de fixation

NOTE Pour des mesurages côté aspiration, voir 6.1.

Figure G.3 — Montage type de l'ensemble microphone-sonde microphonique

G.3 Atténuation du bruit de turbulence

Le Tableau G.1 donne une comparaison de l'atténuation du bruit de turbulence entre la sonde microphonique typique et une ogive antivent de 13 mm.

Tableau G.1 — Comparaison de l'atténuation du bruit de turbulence, ΔL_p , entre la sonde microphonique montrée à la Figure 1 et une ogive antivent de 13 mm

Fréquence médiane de bande de tiers d'octave Hz	Atténuation du bruit de turbulence, ΔL_p , en fonction de la vitesse d'écoulement			
	dB			
	10 m/s	20 m/s	30 m/s	40 m/s
50	18	14	12	11
63	19	15	14	13
80	19	17	16	14
100	20	20	18	16
125	20	19	17	16
160	20	19	17	16
200	22	19	18	17
250	22	20	19	18
315	21	22	20	18
400	>20	22	20	18
500	>20	22	20	19
630	>20	23	21	22
800	>20	>20	>20	>20
1 000	>20	>20	>20	>20
1 250	>20	>20	>20	>20
1 600	>20	>20	>20	>20
2 000	>20	>20	>20	>20
2 500	>20	>20	>20	>20
3 150	>20	>20	>20	>20
4 000	>20	>20	>20	>20
5 000	>20	>20	>20	>20
6 300	>20	>20	>20	>20
8 000	>20	>20	>20	>20
10 000	>20	>20	>20	>20

Annexe H (informative)

Méthode d'essai pour les ventilateurs en conduit de taille réduite

Le diamètre du conduit de mesure indiqué dans la présente Norme internationale est compris entre 0,15 m et 2,0 m. D'après 5.2.3, le diamètre minimal du ventilateur à l'aspiration ou au refoulement est de 0,104 m. Si des mesures doivent être effectuées sur des ventilateurs de diamètre inférieur à l'aspiration ou au refoulement, il est possible d'utiliser un conduit de mesure de diamètre descendant jusqu'à 0,07 m, ce qui permet de soumettre à essai des ventilateurs de diamètre supérieur ou égal à 0,048 m.

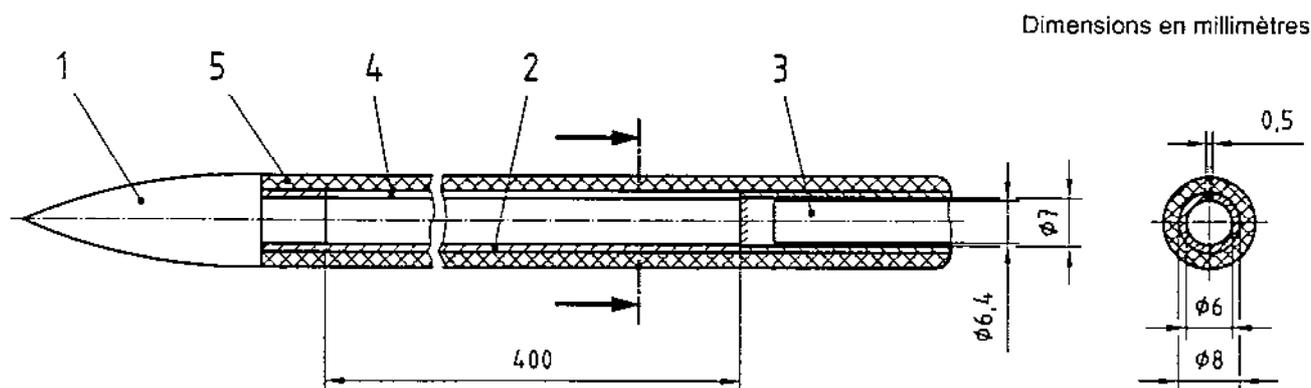
La position radiale du microphone équipé d'une sonde microphonique dans le conduit de mesure est $2r/d = 0,8$.

L'utilisation de sondes microphoniques d'un diamètre de 15 mm comme suggéré dans l'Annexe G n'est plus possible [5.3.3.2 b) permet l'utilisation de sondes microphoniques d'un diamètre de 22 mm]. Des sondes microphoniques et des microphones de taille plus réduite doivent donc être utilisés. La Figure H.1 présente un exemple de sonde microphonique adaptable aux microphones de 6,4 mm de diamètre disponibles sur le marché.

NOTE Étant donné que les sondes microphoniques de taille réduite ne sont pas encore commercialisées, la méthode d'essai pour les conduits de diamètre réduit ne peut pas constituer une partie normative de la présente Norme internationale.

Les valeurs des facteurs a_i nécessaires au calcul des corrections $C_{3,4}$ d'après l'Équation (3) sont données dans les Tableaux H.1 à H.3 pour les fourchettes de diamètres du conduit de mesure suivantes:

- $0,07 \text{ m} \leq d < 0,09 \text{ m}$;
- $0,09 \text{ m} \leq d < 0,12 \text{ m}$;
- $0,12 \text{ m} \leq d < 0,15 \text{ m}$.



Légende

- 1 ogive avant ayant le même diamètre que le diamètre externe du matériau recouvrant la fente
- 2 tube fendu
- 3 microphone avec grille de protection (le diamètre interne du tube fendu doit être usiné pour s'ajuster à la grille de protection du microphone d'un diamètre nominal de 7 mm)
- 4 fente recouverte de matériau poreux
- 5 matériau poreux de résistance acoustique à l'écoulement $2\rho c$, c'est-à-dire environ 800 Pa·s/m

Figure H.1 — Schéma d'une sonde microphonique pour un microphone de 6,4 mm (1/4 in)

Tableau H.1 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $0,07 \text{ m} \leq d < 0,09 \text{ m}$

$a_i, \text{dB}\cdot\text{s}^i\cdot\text{m}^{-i}$											
f, Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}^*$											
≤ 630	$-5,00 \times 10^{-02}$	$2,70 \times 10^{-02}$									
800	$-1,19 \times 10^{-03}$	$2,97 \times 10^{-02}$	$5,75 \times 10^{-05}$								
1 000	$-2,12 \times 10^{-02}$	$2,85 \times 10^{-02}$	$1,18 \times 10^{-04}$								
1 250	$-1,53 \times 10^{-02}$	$2,77 \times 10^{-02}$	$2,15 \times 10^{-04}$								
1 600	$-7,37 \times 10^{-03}$	$3,10 \times 10^{-02}$	$3,78 \times 10^{-04}$	$-2,50 \times 10^{-06}$							
2 000	$-3,40 \times 10^{-02}$	$3,13 \times 10^{-02}$	$6,24 \times 10^{-04}$	$-4,10 \times 10^{-06}$							
2 500	$5,47 \times 10^{-01}$	$3,16 \times 10^{-02}$	$1,01 \times 10^{-03}$	$-6,19 \times 10^{-06}$							
3 150	1,93	$2,29 \times 10^{-02}$	$1,44 \times 10^{-03}$	$1,67 \times 10^{-06}$	$-1,11 \times 10^{-07}$						
4 000	2,38	$3,81 \times 10^{-02}$	$1,26 \times 10^{-03}$	$1,25 \times 10^{-05}$	$-1,43 \times 10^{-07}$						
5 000	3,17	$9,44 \times 10^{-02}$	$1,20 \times 10^{-03}$	$-1,94 \times 10^{-06}$	$6,47 \times 10^{-08}$						
6 300	3,81	$1,37 \times 10^{-01}$	$3,38 \times 10^{-03}$	$-2,81 \times 10^{-05}$	$-4,82 \times 10^{-07}$	$5,51 \times 10^{-09}$					
8 000	4,81	$1,65 \times 10^{-01}$	$6,53 \times 10^{-03}$	$-1,87 \times 10^{-05}$	$-2,75 \times 10^{-06}$	$7,40 \times 10^{-10}$	$3,96 \times 10^{-10}$				
10 000	5,50	$2,14 \times 10^{-01}$	$1,09 \times 10^{-02}$	$-3,22 \times 10^{-05}$	$-8,08 \times 10^{-06}$	$-5,68 \times 10^{-09}$	$2,57 \times 10^{-09}$	$2,11 \times 10^{-12}$	$-2,79 \times 10^{-13}$		
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	6,56	$2,78 \times 10^{-01}$	$1,44 \times 10^{-02}$	$-9,06 \times 10^{-05}$	$-1,34 \times 10^{-05}$	$1,00 \times 10^{-08}$	$4,35 \times 10^{-09}$				
16 000	7,57	$3,81 \times 10^{-01}$	$2,43 \times 10^{-02}$	$-3,30 \times 10^{-04}$	$-4,21 \times 10^{-05}$	$1,81 \times 10^{-07}$	$3,30 \times 10^{-08}$	$-3,24 \times 10^{-11}$	$-8,91 \times 10^{-12}$		
20 000	8,79	$4,89 \times 10^{-01}$	$3,57 \times 10^{-02}$	$-7,98 \times 10^{-04}$	$-9,13 \times 10^{-05}$	$9,65 \times 10^{-07}$	$1,20 \times 10^{-07}$	$-5,69 \times 10^{-10}$	$-7,30 \times 10^{-11}$	$1,26 \times 10^{-13}$	$1,65 \times 10^{-14}$
<p>NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.</p> $C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$ <p>où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.</p> <p>* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $U \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $U \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $U \leq 40$.</p>											

Tableau H.2 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $0,09 \text{ m} \leq d < 0,12 \text{ m}$

$a_i, \text{dB}\cdot\text{s}^i\cdot\text{m}^{-i}$											
f, Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}$											
≤ 630	$-5,00$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
800		$2,97$ $\times 10^{-02}$	$5,75$ $\times 10^{-05}$								
1 000		$2,85$ $\times 10^{-02}$	$1,18$ $\times 10^{-04}$								
1 250		$2,77$ $\times 10^{-02}$	$2,10$ $\times 10^{-04}$								
1 600		$3,10$ $\times 10^{-02}$	$3,73$ $\times 10^{-04}$	$-2,50$ $\times 10^{-06}$							
2 000	$7,80$ $\times 10^{-01}$	$3,08$ $\times 10^{-02}$	$6,07$ $\times 10^{-04}$	$-3,23$ $\times 10^{-06}$							
2 500	1,86	$3,32$ $\times 10^{-02}$	$4,02$ $\times 10^{-04}$	$2,62$ $\times 10^{-06}$							
3 150	2,04	$6,56$ $\times 10^{-02}$	$5,09$ $\times 10^{-04}$								
4 000	2,66	$9,61$ $\times 10^{-02}$	$1,10$ $\times 10^{-03}$	$-8,15$ $\times 10^{-06}$							
5 000	3,25	$1,07$ $\times 10^{-01}$	$2,64$ $\times 10^{-03}$	$-3,04$ $\times 10^{-06}$	$-3,62$ $\times 10^{-07}$						
6 300	4,11	$1,38$ $\times 10^{-01}$	$3,47$ $\times 10^{-03}$	$-8,01$ $\times 10^{-06}$	$-5,62$ $\times 10^{-07}$						
8 000	5,32	$1,83$ $\times 10^{-01}$	$5,87$ $\times 10^{-03}$	$-2,37$ $\times 10^{-05}$	$-2,26$ $\times 10^{-06}$	$5,49$ $\times 10^{-10}$	$3,06$ $\times 10^{-10}$				
10 000	6,23	$2,46$ $\times 10^{-01}$	$7,71$ $\times 10^{-03}$	$-7,61$ $\times 10^{-05}$	$-3,43$ $\times 10^{-06}$	$1,12$ $\times 10^{-08}$	$5,25$ $\times 10^{-10}$				
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	7,04	$3,11$ $\times 10^{-01}$	$1,45$ $\times 10^{-02}$	$-1,70$ $\times 10^{-04}$	$-1,30$ $\times 10^{-05}$	$4,55$ $\times 10^{-08}$	$4,14$ $\times 10^{-09}$				
16 000	8,10	$3,98$ $\times 10^{-01}$	$2,43$ $\times 10^{-02}$	$-4,36$ $\times 10^{-04}$	$-4,00$ $\times 10^{-05}$	$3,04$ $\times 10^{-07}$	$3,04$ $\times 10^{-08}$	$-7,62$ $\times 10^{-11}$	$-8,13$ $\times 10^{-12}$		
20 000	9,58	$5,01$ $\times 10^{-01}$	$2,86$ $\times 10^{-02}$	$-9,90$ $\times 10^{-04}$	$-4,72$ $\times 10^{-05}$	$1,35$ $\times 10^{-06}$	$3,55$ $\times 10^{-08}$	$-8,59$ $\times 10^{-10}$	$-9,48$ $\times 10^{-12}$	$2,01$ $\times 10^{-13}$	

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$$

où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Tableau H.3 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $0,12 \text{ m} \leq d < 0,15 \text{ m}$

$a_i, \text{dB}\cdot\text{s}^i\cdot\text{m}^{-i}$											
f_i, Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}^*$											
≤ 630	$-5,00 \times 10^{-02}$	$2,70 \times 10^{-02}$									
800		$2,97 \times 10^{-02}$									
1 000	$-2,09 \times 10^{-02}$	$2,85 \times 10^{-02}$	$1,18 \times 10^{-04}$								
1 250	$-1,55 \times 10^{-02}$	$2,77 \times 10^{-02}$	$2,15 \times 10^{-04}$								
1 600	$9,06 \times 10^{-01}$	$2,88 \times 10^{-02}$	$2,82 \times 10^{-04}$								
2 000	1,46	$4,87 \times 10^{-02}$	$1,73 \times 10^{-04}$								
2 500	1,36	$7,05 \times 10^{-02}$	$4,54 \times 10^{-04}$	$-3,45 \times 10^{-06}$							
3 150	2,11	$7,77 \times 10^{-02}$	$8,23 \times 10^{-04}$	$-3,44 \times 10^{-06}$							
4 000	3,20	$8,59 \times 10^{-02}$	$1,01 \times 10^{-03}$								
5 000	3,62	$1,17 \times 10^{-01}$	$2,25 \times 10^{-03}$	$-4,72 \times 10^{-06}$	$-2,70 \times 10^{-07}$						
6 300	4,52	$1,53 \times 10^{-01}$	$3,20 \times 10^{-03}$	$-1,32 \times 10^{-05}$	$-4,71 \times 10^{-07}$						
8 000	5,69	$2,00 \times 10^{-01}$	$5,87 \times 10^{-03}$	$-4,17 \times 10^{-05}$	$-2,11 \times 10^{-06}$	$3,96 \times 10^{-09}$	$2,71 \times 10^{-10}$				
10 000	6,46	$2,56 \times 10^{-01}$	$1,03 \times 10^{-02}$	$-1,03 \times 10^{-04}$	$-7,02 \times 10^{-06}$	$2,47 \times 10^{-08}$	$2,23 \times 10^{-09}$	$-1,97 \times 10^{-12}$	$-2,51 \times 10^{-13}$		
$ U \leq 40 \text{ m/s}$											
12 500	7,50	$3,17 \times 10^{-01}$	$1,56 \times 10^{-02}$	$-2,05 \times 10^{-04}$	$-1,43 \times 10^{-05}$	$6,27 \times 10^{-08}$	$4,57 \times 10^{-09}$				
16 000	8,62	$3,96 \times 10^{-01}$	$2,61 \times 10^{-02}$	$-4,93 \times 10^{-04}$	$-4,37 \times 10^{-05}$	$3,81 \times 10^{-07}$	$3,32 \times 10^{-08}$	$-1,01 \times 10^{-10}$	$-8,91 \times 10^{-12}$		
20 000	$1,02 \times 10^{+01}$	$4,85 \times 10^{-01}$	$3,07 \times 10^{-02}$	$-1,03 \times 10^{-03}$	$-5,43 \times 10^{-05}$	$1,56 \times 10^{-06}$	$4,12 \times 10^{-08}$	$-1,04 \times 10^{-09}$	$-1,10 \times 10^{-11}$	$2,51 \times 10^{-13}$	
NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.											
$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$											
où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.											
* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $ U \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $ U \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $ U \leq 40$.											

Annexe I (informative)

Méthode d'essai pour les ventilateurs en conduit de grande taille

Le diamètre du conduit de mesure indiqué dans la présente Norme internationale est compris entre 0,15 m et 2,0 m. D'après 5.2.3, le diamètre maximal du ventilateur à l'aspiration est de 2,0 m et le diamètre maximal du ventilateur au refoulement est de 2,39 m. Si des mesures doivent être effectuées sur des ventilateurs d'un diamètre supérieur à l'aspiration ou au refoulement, il est possible d'utiliser un conduit de mesure de diamètre allant jusqu'à 7,1 m, ce qui permet de soumettre à essai des ventilateurs de diamètre d'entrée allant jusqu'à 7,1 m et de diamètre de sortie allant jusqu'à 8,49 m.

La position radiale du microphone équipé d'une sonde microphonique dans le conduit de mesure est $2r/d = 0,65$.

Les valeurs des facteurs a_i nécessaires au calcul des corrections $C_{3,4}$ d'après l'Équation (3) sont données dans les Tableaux J.1 à J.3 pour les fourchettes de diamètres du conduit de mesure suivantes:

- $2,0 \text{ m} < d < 3,55 \text{ m}$;
- $3,55 \text{ m} \leq d < 5,0 \text{ m}$;
- $5,0 \text{ m} \leq d \leq 7,1 \text{ m}$.

Tableau I.1 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la correction combinée vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $2,0 \text{ m} < d < 3,55 \text{ m}$

$a_i, \text{ dB}\cdot\text{s}^i\cdot\text{m}^{-i}$											
$f, \text{ Hz}$	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}^*$											
≤ 63	$-5,00$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
80	$-1,42$	$1,89$ $\times 10^{-02}$									
100	$-9,19$ $\times 10^{-01}$	$2,17$ $\times 10^{-02}$									
125	$-1,03$	$2,14$ $\times 10^{-02}$									
160	$-4,68$ $\times 10^{-01}$	$2,29$ $\times 10^{-02}$									
200	$2,49$ $\times 10^{-01}$	$2,43$ $\times 10^{-02}$									
250	$9,25$ $\times 10^{-01}$	$2,62$ $\times 10^{-02}$									
315	$9,53$ $\times 10^{-01}$	$2,80$ $\times 10^{-02}$									
400	$5,60$ $\times 10^{-01}$	$3,03$ $\times 10^{-02}$									
500	$1,76$ $\times 10^{-01}$	$3,20$ $\times 10^{-02}$									
630	$4,03$ $\times 10^{-01}$	$3,44$ $\times 10^{-02}$									
800	$7,75$ $\times 10^{-01}$	$4,00$ $\times 10^{-02}$									
1 000	$1,10$	$4,53$ $\times 10^{-02}$									
1 250	$1,59$	$5,27$ $\times 10^{-02}$	$6,89$ $\times 10^{-05}$								
1 600	$2,14$	$6,09$ $\times 10^{-02}$	$1,37$ $\times 10^{-04}$								
2 000	$2,78$	$7,10$ $\times 10^{-02}$	$2,31$ $\times 10^{-04}$								
2 500	$3,50$	$8,27$ $\times 10^{-02}$	$3,73$ $\times 10^{-04}$								
3 150	$4,31$	$1,07$ $\times 10^{-01}$	$5,70$ $\times 10^{-04}$	$-4,49$ $\times 10^{-06}$							
4 000	$5,41$	$1,28$ $\times 10^{-01}$	$7,90$ $\times 10^{-04}$	$-7,49$ $\times 10^{-06}$							
5 000	$5,91$	$1,56$ $\times 10^{-01}$	$1,72$ $\times 10^{-03}$	$-1,28$ $\times 10^{-05}$	$-2,31$ $\times 10^{-07}$						

Tableau I.1 (suite)

a_i , dB·s ⁱ ·m ⁻ⁱ											
f , Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60$ m/s [*]											
6 300	6,82	1,93 $\times 10^{-01}$	2,30 $\times 10^{-03}$	- 3,13 $\times 10^{-05}$	- 3,91 $\times 10^{-07}$	2,68 $\times 10^{-09}$					
8 000	7,94	2,38 $\times 10^{-01}$	4,19 $\times 10^{-03}$	- 6,07 $\times 10^{-05}$	- 1,76 $\times 10^{-06}$	8,14 $\times 10^{-09}$	2,55 $\times 10^{-10}$				
10 000	8,84	2,98 $\times 10^{-01}$	4,80 $\times 10^{-03}$	- 1,37 $\times 10^{-04}$	- 2,15 $\times 10^{-06}$	4,34 $\times 10^{-08}$	3,29 $\times 10^{-10}$	- 5,01 $\times 10^{-12}$			
$ U \leq 40$ m/s [*]											
12 500	9,55	3,60 $\times 10^{-01}$	9,60 $\times 10^{-03}$	- 2,24 $\times 10^{-04}$	- 9,44 $\times 10^{-06}$	7,27 $\times 10^{-08}$	3,17 $\times 10^{-09}$				
16 000	1,05 $\times 10^{-01}$	4,52 $\times 10^{-01}$	1,54 $\times 10^{-02}$	- 5,13 $\times 10^{-04}$	- 2,73 $\times 10^{-05}$	4,00 $\times 10^{-07}$	2,16 $\times 10^{-08}$	- 1,12 $\times 10^{-10}$	- 5,94 $\times 10^{-12}$		
20 000	1,17 $\times 10^{-01}$	5,61 $\times 10^{-01}$	1,66 $\times 10^{-02}$	- 1,03 $\times 10^{-03}$	- 2,85 $\times 10^{-05}$	1,43 $\times 10^{-06}$	2,19 $\times 10^{-08}$	- 9,36 $\times 10^{-10}$	- 5,90 $\times 10^{-12}$	2,25 $\times 10^{-13}$	

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^{-i}$$

où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Tableau I.2 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la combinaison vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $3,55 \text{ m} \leq d \leq 5 \text{ m}$

a_i , dB·s ⁱ ·m ⁻ⁱ											
f , Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}$											
≤ 40	$-5,00$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
50	-1,43	$1,86$ $\times 10^{-02}$									
63	$-9,76$ $\times 10^{-01}$	$2,10$ $\times 10^{-02}$									
80	-1,08	$2,05$ $\times 10^{-02}$									
100	$-5,78$ $\times 10^{-01}$	$2,15$ $\times 10^{-02}$									
125	$8,39$ $\times 10^{-02}$	$2,18$ $\times 10^{-02}$									
160	$6,93$ $\times 10^{-01}$	$2,26$ $\times 10^{-02}$									
200	$5,59$ $\times 10^{-01}$	$2,26$ $\times 10^{-02}$									
250	$3,21$ $\times 10^{-02}$	$2,42$ $\times 10^{-02}$									
315	$-2,65$ $\times 10^{-01}$	$2,74$ $\times 10^{-02}$									
400	$5,60$ $\times 10^{-02}$	$3,01$ $\times 10^{-02}$									
500	$9,69$ $\times 10^{-02}$	$3,19$ $\times 10^{-02}$									
630	$1,62$ $\times 10^{-01}$	$3,46$ $\times 10^{-02}$									
800	$5,51$ $\times 10^{-01}$	$4,03$ $\times 10^{-02}$									
1 000	$9,65$ $\times 10^{-01}$	$4,52$ $\times 10^{-02}$									
1 250	1,47	$5,30$ $\times 10^{-02}$	$7,00$ $\times 10^{-05}$								
1 600	2,06	$6,11$ $\times 10^{-02}$	$1,35$ $\times 10^{-04}$								
2 000	2,71	$7,12$ $\times 10^{-02}$	$2,30$ $\times 10^{-04}$								
2 500	3,45	$8,29$ $\times 10^{-02}$	$3,71$ $\times 10^{-04}$								
3 150	4,27	$1,07$ $\times 10^{-01}$	$5,68$ $\times 10^{-04}$	$-4,52$ $\times 10^{-06}$							
4 000	5,38	$1,28$ $\times 10^{-01}$	$7,87$ $\times 10^{-04}$	$-7,54$ $\times 10^{-06}$							

Tableau I.2 (suite)

a_i , dB·s ⁱ ·m ⁻ⁱ											
f_i , Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60$ m/s *											
5 000	5,89	1,56 $\times 10^{-01}$	1,71 $\times 10^{-03}$	- 1,29 $\times 10^{-05}$	- 2,31 $\times 10^{-07}$						
6 300	6,80	1,94 $\times 10^{-01}$	2,30 $\times 10^{-03}$	- 3,15 $\times 10^{-05}$	- 3,90 $\times 10^{-07}$	2,71 $\times 10^{-09}$					
8 000	7,93	2,38 $\times 10^{-01}$	4,18 $\times 10^{-03}$	- 6,09 $\times 10^{-05}$	- 1,76 $\times 10^{-06}$	8,17 $\times 10^{-09}$	2,55 $\times 10^{-10}$				
10 000	8,84	2,98 $\times 10^{-01}$	4,78 $\times 10^{-03}$	- 1,37 $\times 10^{-04}$	- 2,14 $\times 10^{-06}$	4,35 $\times 10^{-08}$	3,28 $\times 10^{-10}$	- 5,02 $\times 10^{-12}$			
$ U \leq 40$ m/s *											
12 500	9,55	3,60 $\times 10^{-01}$	9,57 $\times 10^{-03}$	- 2,24 $\times 10^{-04}$	- 9,41 $\times 10^{-06}$	7,29 $\times 10^{-08}$	3,16 $\times 10^{-09}$				
16 000	1,07 $\times 10^{+01}$	4,53 $\times 10^{-01}$	1,03 $\times 10^{-02}$	- 5,13 $\times 10^{-04}$	- 1,01 $\times 10^{-05}$	4,01 $\times 10^{-07}$	3,37 $\times 10^{-09}$	- 1,12 $\times 10^{-10}$			
20 000	1,17 $\times 10^{+01}$	5,62 $\times 10^{-01}$	1,66 $\times 10^{-02}$	- 1,03 $\times 10^{-03}$	- 2,84 $\times 10^{-05}$	1,43 $\times 10^{-06}$	2,18 $\times 10^{-08}$	- 9,37 $\times 10^{-10}$	- 5,88 $\times 10^{-10}$	2,25 $\times 10^{-10}$	

NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.

$$C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$$

où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.

* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $|U| \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $|U| \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $|U| \leq 40$.

Tableau I.3 — Valeurs des facteurs a_i pour la détermination de la combinaison vitesse moyenne d'écoulement/correction modale, $C_{3,4}$, de la sonde microphonique pour des conduits de diamètre $5 \text{ m} \leq d \leq 7,1 \text{ m}$

$a_i, \text{dB}\cdot\text{s}^i\cdot\text{m}^{-i}$											
f_i, Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60 \text{ m/s}^*$											
≤ 24	$-5,0$ $\times 10^{-02}$	$2,70$ $\times 10^{-02}$									
31,5	$-9,19$ $\times 10^{-01}$	$2,06$ $\times 10^{-02}$									
40	$-1,27$	$1,95$ $\times 10^{-02}$									
50	$-8,35$ $\times 10^{-01}$	$2,15$ $\times 10^{-02}$									
63	$-1,06$	$2,01$ $\times 10^{-02}$									
80	$-1,73$ $\times 10^{-01}$	$2,08$ $\times 10^{-02}$									
100	$4,07$ $\times 10^{-01}$	$2,13$ $\times 10^{-02}$									
125	$5,14$ $\times 10^{-01}$	$2,05$ $\times 10^{-02}$									
160	$2,16$ $\times 10^{-02}$	$2,00$ $\times 10^{-02}$									
200	$-6,58$ $\times 10^{-01}$	$2,12$ $\times 10^{-02}$									
250	$-4,84$ $\times 10^{-01}$	$2,45$ $\times 10^{-02}$									
315	$-1,93$ $\times 10^{-01}$	$2,77$ $\times 10^{-02}$									
400	$-2,24$ $\times 10^{-01}$	$3,01$ $\times 10^{-02}$									
500	$-8,44$ $\times 10^{-02}$	$3,19$ $\times 10^{-02}$									
630		$3,46$ $\times 10^{-02}$									
800	$4,47$ $\times 10^{-01}$	$4,03$ $\times 10^{-02}$									
1 000	$8,80$ $\times 10^{-01}$	$4,53$ $\times 10^{-02}$									
1 250	1,40	$5,31$ $\times 10^{-02}$	$7,04$ $\times 10^{-05}$								
1 600	2,01	$6,12$ $\times 10^{-02}$	$1,34$ $\times 10^{-04}$								
2 000	2,67	$7,13$ $\times 10^{-02}$	$2,30$ $\times 10^{-04}$								
2 500	3,42	$8,30$ $\times 10^{-02}$	$3,71$ $\times 10^{-04}$								

Tableau I.3 (suite)

a_i , dB·s ⁱ ·m ⁻ⁱ											
f , Hz	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
$ U \leq 60$ m/s *											
3 150	4,25	$1,07 \times 10^{-01}$	$5,67 \times 10^{-04}$	$-4,52 \times 10^{-06}$							
4 000	5,36	$1,28 \times 10^{-01}$	$7,86 \times 10^{-04}$	$-7,55 \times 10^{-06}$							
5 000	5,88	$1,56 \times 10^{-01}$	$1,71 \times 10^{-03}$	$-1,29 \times 10^{-05}$	$-2,30 \times 10^{-07}$						
6 300	6,80	$1,94 \times 10^{-01}$	$2,30 \times 10^{-03}$	$-3,15 \times 10^{-05}$	$-3,90 \times 10^{-07}$	$2,72 \times 10^{-09}$					
8 000	7,92	$2,38 \times 10^{-01}$	$4,17 \times 10^{-03}$	$-6,10 \times 10^{-05}$	$-1,76 \times 10^{-06}$	$8,19 \times 10^{-09}$	$2,54 \times 10^{-10}$				
10 000	8,83	$2,98 \times 10^{-01}$	$4,77 \times 10^{-03}$	$-1,37 \times 10^{-04}$	$-2,13 \times 10^{-06}$	$4,37 \times 10^{-08}$	$3,27 \times 10^{-10}$	$-5,05 \times 10^{-12}$			
$ U \leq 40$ m/s *											
12 500	9,55	$3,60 \times 10^{-01}$	$9,56 \times 10^{-03}$	$-2,24 \times 10^{-04}$	$-9,40 \times 10^{-06}$	$7,29 \times 10^{-08}$	$3,16 \times 10^{-09}$				
16 000	$1,05 \times 10^{+01}$	$4,53 \times 10^{-01}$	$1,53 \times 10^{-02}$	$-5,14 \times 10^{-04}$	$-2,71 \times 10^{-05}$	$4,02 \times 10^{-07}$	$2,15 \times 10^{-08}$	$-1,12 \times 10^{-10}$	$-5,91 \times 10^{-12}$		
20 000	$1,16 \times 10^{+01}$	$5,62 \times 10^{-01}$	$2,26 \times 10^{-02}$	$-1,03 \times 10^{-03}$	$-6,09 \times 10^{-05}$	$1,43 \times 10^{-06}$	$8,19 \times 10^{-08}$	$-9,38 \times 10^{-10}$	$-5,07 \times 10^{-11}$	$2,25 \times 10^{-13}$	$1,16 \times 10^{-14}$
<p>NOTE Calculer la valeur de $C_{3,4}$ selon la formule, les cases du tableau laissées en blanc sous-entendent une valeur de a_i égale à zéro.</p> $C_{3,4}(U) = \sum_{i=0}^{10} a_i U^i$ <p>où U est la vitesse moyenne d'écoulement en mètres par seconde. $U < 0$ pour le conduit d'aspiration et $U > 0$ pour le conduit de refoulement.</p> <p>* Dans la gamme de fréquences traitée dans la présente Norme internationale (50 Hz à 10 000 Hz), les valeurs des facteurs a_i sont données pour la fourchette de vitesses d'écoulement traitée dans la présente Norme internationale, soit $U \leq 40$, et, à titre d'informations uniquement, pour une fourchette plus large, à savoir $U \leq 60$. Vous trouverez également à titre d'informations, des valeurs pour une gamme de fréquences plus grande (12 500 Hz à 20 000 Hz) pour des vitesses d'écoulement $U \leq 40$.</p>											

Annexe J **(informative)**

Mesurage de l'élément de giration

Il n'est pas conseillé d'utiliser la sonde microphonique lorsque l'écoulement dans le conduit de mesurage comporte un élément de giration tel que l'angle de la vitesse moyenne d'écoulement par rapport à l'axe du conduit est supérieur à 15° . L'angle de giration dans le conduit de mesurage à la position du microphone peut être facilement déterminé à l'aide d'une sonde de Pitot.

Il convient d'introduire la sonde de Pitot dans le conduit de mesurage de façon à ce que la tête du capteur soit à la position radiale prescrite pour le microphone. Lorsque le ventilateur ne fonctionne pas, il convient d'aligner la tête du capteur de façon à être parallèle à l'axe du conduit de mesurage et à faire face à la direction de l'écoulement. On obtient ainsi la donnée de référence pour la détermination de l'angle de giration.

Lorsque le ventilateur fonctionne à un débit régulier connu, il est recommandé de tourner la sonde jusqu'à ce que la pression totale maximale soit repérée. Lorsqu'elle a été identifiée, l'angle de la sonde par rapport à la direction donnée définit donc l'angle de giration.

Il convient de répéter la détermination de l'angle de giration avec la gamme de débits auxquels les mesurages acoustiques doivent être effectués.

Si l'angle de giration est supérieur à 15° , l'incertitude du mesurage du niveau de pression acoustique sera accrue.

Il est également possible d'utiliser des sondes de Pitot à trois trous ou à cinq trous ou un autre type de sonde clinométrique pour déterminer l'angle de giration. Ces appareils doivent être utilisés conformément aux instructions du fabricant.

Bibliographie

- [1] OSBORNE, W.C. Measurement of noise in fan ducts. *ASHRAE Trans.*, **70**, Paper No. 1888, 1964
- [2] HOLGERSSON, S. Development of an anechoic termination for fan noise measurements. *ASHRAE Trans.*, **74**, Part I, Part No. 2069, 1968
- [3] BOLLETER, U. and CROCKER, M.J. Research toward an in-duct fan sound power measuring system. *ASHRAE Trans.*, **76**, Part II, 1970, pp. 110-119
- [4] MYERS, G.H. Anechoic duct termination development using scale model theory. *J. Acoust. Soc. Am.*, **47**, 1970, p. 117
- [5] CREMER, L. The second annual Fairey lecture: The treatment of fans as black boxes. *J. Sound Vib.*, **16**, 1971, pp. 1-15
- [6] SHENODA, F.B. *Reflexionsarme Abschlüsse für durchströmte Kanäle, Akustik und Schwingungstechnik*. VDE-Verlag GmbH, Berlin, 1972, p. 269
- [7] CROCKER, M.J., COHEN, R. and WANG, J.S. Recent developments in the design of tubular microphone windscreen for in-duct fan sound power measurements. *Inter-Noise, 73, Proceedings, Copenhagen*, pp. 594-598, August 1973
- [8] NEISE, W. *Einfluß der Mikrofonumströmung bei der Messung von Ventilatorgeräuschen im angeschlossenen Kanal*, Dissertation; Techn. Universität Berlin, also DLR-PB Report 74-04, 1973
- [9] BOLLETER, U., COHEN, R. and WANG, J.S. Design considerations for an in-duct sound power measuring system, *J. Sound Vib.*, **28**(4), pp. 669-685, 1973
- [10] Wang, J.S. and CROCKER, M.J. Tubular windscreen design for microphones for in-duct fan sound power measurements, *J. Acoust. Soc. Am.*, **55**(3), pp. 568-575, 1974
- [11] NEISE, W. and STAHL, B. The flow noise level of microphones in flow ducts, *J. Sound Vib.*, **63**, 1979, pp. 561-579
- [12] BOLTON, A.N. and MARGETTS, E.J. Anechoic terminations for in-duct fan noise measurement. *International Conference on Fan Design and Applications, Guildford, England, Sept. 7-9*, pp. 311-325
- [13] NEISE, W. Application of similarity laws to the blade passage sound of centrifugal fans. *J. Sound Vib.*, **43**, 1975, pp. 61-75
- [14] WOLLHERR, H. *Akustische Untersuchungen an Radialventilatoren unter Verwendung der Vierpoltheorie*. Ph. D. Dissertation, Techn. Universität Berlin, 1973
- [15] BAADE, P.K. Effects of acoustic loading on axial flow fan noise generation. *Noise Control Engineering*, **8** (1), 1977, pp. 5-15
- [16] NEISE, W. Theoretical and experimental investigations of microphone probes for sound measurements in turbulent flow. *J. Sound Vib.*, **39**(3), 1975, pp. 371-400
- [17] ROLAND, J. Evaluation of the errors in the measurements of silencer characteristics. *J. Sound Vib.*, **74**(4), 1981, pp. 549-558
- [18] NEISE, W., HOPPE, G. and HERRMANN, I.W. Geräuschmessungen an Ventilatoren. *Heizung, Lüftung, Haustechnik*, **38**, 1987, pp. 343-351

- [19] BOLTON, A. N. *Report on intercomparison tests to assess the accuracy and repeatability of in-duct fan noise measurement for Community Bureau of Reference*. Commission of the European Communities, Brussels, 1989
- [20] CHUNG, J.Y. and BLASER, D.A. Transfer function method of measuring in-duct acoustic properties (Part 1 and Part 2), *J. Acoust. Soc. Am.*, **68**, 1980, pp. 907-921
- [21] ARNOLD, F., MICHALKE, A. and NEISE, W. Zur Schalleistungsmessung in Strömungskanälen mit Schlitzrohrsonden, *Fortschritte der Akustik — DAGA'95, Bad Honnef*. DPG GmbH 1995, S. 531-534
- [22] ARNOLD, F., MICHALKE, A. and NEISE, W. Berechnung neuer Korrekturwerte für die Schalleistungsmessung nach dem Kanal-Verfahren DIN EN 25136. *Deutsche Forschungsanstalt für Luft und Raumfahrt e.V. DLR IB 92517-96/B2* (1996)
- [23] MICHALKE, A., ARNOLD, F. and HOLSTE, F. On the Coherence of the Sound Field in a Circular Duct with Uniform Mean Flow, *J. Sound Vib.*, **190**(2), 1996, pp. 261-271
- [24] ARNOLD, F. Experimentelle und numerische Untersuchung zur Schalleistungsbestimmung in Strömungskanälen. *VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 7 Strömungstechnik Nr. 353*, 1999 (Dissertation, TU-Berlin, Juli 1998)
- [25] ARNOLD, F. A cross correlation method for sound power determination in flow ducts and frequency corrections for the standardized in-duct method, *6th International Congress of Sound and Vibration*, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, 5-8 July 1999
- [26] NEISE, W. On sound power determination in flow ducts. *6th International Congress of Sound and Vibration*, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, 5-8 July 1999, Specialist Keynote Paper
- [27] BROCK, M. Wind and turbulence noise of turbulence screen, nose cone, and sound intensity probe with wind screen. *B&K Technical Review*, No. 4, 1986, pp. 32-39
- [28] ISO 3740, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Guide pour l'utilisation des normes de base*
- [29] ISO 3741, *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*
- [30] 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*
- [31] 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*
- [32] 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 champ libre sur plan réfléchissant*
- [33] ISO 3745, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*
- [34] ISO 3746, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode de contrôle employant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant*

- [35] ISO 7235, *Acoustique — Modes opératoires de mesure en laboratoire pour silencieux en conduit et unités terminales — Perte d'insertion, bruit d'écoulement et perte de pression totale*
- [36] ISO 7574-1, *Acoustique — Méthodes statistiques pour la détermination et le contrôle des valeurs déclarées d'émission acoustique des machines et équipements — Partie 1: Généralités et définitions*
- [37] 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*
- [38] ISO 7574-4, *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*
- [39] ISO 9614 (toutes les parties), *Acoustique — Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit*
- [40] DAVY, J.L., BAADE, P.K., HALVARSON, J.H. An improved sampling tube for induct fan sound measurement. *2nd International Symposium on Fan Noise*, Senlis, France, 23-25 September 2003
- [41] VON HEESEN, W. The use of the turbulence screen for in-duct-measurement of the sound power of large axial-flow fans. *6th International Congress of Sound and Vibration*, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, 5-8 July 1999