

norme européenne

norme française

NF EN ISO 9614-1
Novembre 2009

Indice de classement : **S 31-100-1**

ICS : 17.140.01

Acoustique

Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit

Partie 1 : Mesurages par points

E : Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources
using sound intensity — Part 1: Measurement at discrete points

D : Akustik — Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen
aus Schallintensitätsmessungen — Teil 1: Messungen an diskreten Punkten

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 28 octobre 2009 pour prendre effet le 28 novembre 2009.

Remplace la norme homologuée NF EN ISO 9614-1, de juin 1995 qui reste en vigueur jusqu'en décembre 2009.

Correspondance

La Norme européenne EN ISO 9614-1:2009 a le statut d'une norme française et reproduit intégralement la Norme internationale ISO 9614-1:1993.

Analyse

Le présent document prescrit une méthode de mesurage de la composante de l'intensité acoustique normale à une surface de mesurage entourant la(les) source(s) de bruit dont on souhaite déterminer le niveau de pression acoustique. Le niveau de puissance acoustique par bandes d'octave ou de tiers d'octave, ou le niveau pondéré sur un nombre de bandes restreint est calculé à partir de valeurs mesurées.

Le présent document s'applique à toute source pour laquelle on peut définir une surface de mesurage physiquement stable et sur laquelle les signaux acoustiques émis par la source sont stables dans le temps.

Il vient à l'appui des exigences essentielles de la Directive Nouvelle approche 98/37/CE, amendée par la Directive 98/79/CE, ainsi que de la Directive Nouvelle approche 2006/42/CE, sur les machines.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : acoustique, source sonore, bruit acoustique, essai, essai acoustique, mesurage acoustique, puissance acoustique, calcul.

Modifications

Par rapport au document remplacé, une annexe ZA «Relation entre la présente norme européenne et les exigences essentielles de la Directive UE 98/37/CE» et une annexe ZB «Relation entre la présente norme européenne et les exigences essentielles de la Directive UE 2006/42/CE» ont été introduites.

Corrections



Membres de la commission de normalisation

Président : M JACQUES — INRS

Secrétariat : MME BOUVENOT — AFNOR

M	ANDRE	APPAVE — APAVE PARISIENNE
M	BOCKHOFF	MICHAEL BOCHKOFF
M	CARNIEL	CETIM
M	CELLARD	LNE
M	CORLAY	CETIM
M	DEFRANCE	CSTB
M	ESTEVE	RENAULT SAS
M	GAMBA	GAMBA ACOUSTIQUE ET ASSOCIES
M	GREMAUD	BRUEL & KJAER FRANCE SAS
M	JACQUES	INRS
MME	LUBINEAU	UNION DE NORMALISATION DE LA MÉCANIQUE
M	LUCA	UNION TECHNIQUE DE L'ELECTRICITÉ
M	PARDO	UTAC SAS
M	PAVIC	INSA LYON — CNDRI

Version française

**Acoustique —
Détermination par intensimétrie des niveaux
de puissance acoustique émis par les sources de bruit —
Partie 1 : Mesurages par points
(ISO 9614-1:1993)**

Einführendes Element —
Haupt-Element —
Teil 1: Ergänzendes Element
(ISO 9614-1:1993)

Acoustics —
Determination of sound power levels
of noise sources using sound intensity —
Part 1: Measurement at discrete points
(ISO 9614-1:1993)

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 20 juillet 2009.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion ou auprès des membres du CEN.

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

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

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

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

Avant-propos

Le texte de l'ISO 9614-1:1993 a été élaboré par le Comité Technique ISO/TC 43 «Acoustique» de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) et a été repris comme EN ISO 9614-1:2009 par le Comité Technique CEN/TC 211 «Acoustique», dont le secrétariat est tenu par 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 février 2010, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en février 2010.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CEN et/ou le CENELEC ne saurait [sauraient] être tenu[s] pour responsable[s] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Le présent document remplace l'EN ISO 9614-1:1995.

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 Directives CE.

Pour la relation avec les Directives CE, voir les annexes ZA et ZB, informative, qui font partie intégrante du présent document.

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

Notice d'entérinement

Le texte de l'ISO 9614-1:1993 a été approuvé par le CEN comme EN ISO 9614-1:2009 sans aucune modification.

Annexe ZA

(informative)

**Relation entre la présente norme européenne
et les exigences essentielles de la Directive UE 98/37/CE**

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 Échange, afin d'offrir un moyen de se conformer aux exigences essentielles de la Directive Nouvelle approche 98/37/CE, amendée par la directive 98/79/CE sur les machines.

Une fois la présente norme citée au Journal officiel des Communautés européennes (JOCE) au titre de ladite Directive et dès sa reprise en norme nationale dans au moins un État membre, la conformité aux articles normatifs de cette norme confère, dans les limites du domaine d'application de la norme, présomption de conformité aux exigences essentielles correspondantes de ladite Directive et de la réglementation AELE associée.

AVERTISSEMENT — D'autres exigences et d'autres Directives UE peuvent être applicables aux produits relevant du domaine d'application de la présente norme.

Annexe ZB

(informative)

Relation entre la présente norme européenne et les exigences essentielles de la Directive UE 2006/42/CE

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 Échange, afin d'offrir un moyen de se conformer aux exigences essentielles de la Directive Nouvelle approche 2006/42/CE sur les machines.

Une fois la présente norme citée au Journal officiel des Communautés européennes (JOCE) au titre de ladite Directive et dès sa reprise en norme nationale dans au moins un État membre, la conformité aux articles normatifs de cette norme confère, dans les limites du domaine d'application de la norme, présomption de conformité aux exigences essentielles applicables de ladite Directive et de la réglementation AELE associée.

AVERTISSEMENT — D'autres exigences et d'autres Directives UE peuvent être applicables aux produits relevant du domaine d'application de la présente norme.

Sommaire

Page

1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	1
3	Définitions	2
4	Généralités	3
5	Environnement acoustique	4
6	Appareillage	5
7	Installation et fonctionnement de la source	6
8	Mesurage du niveau de l'intensité acoustique normale	6
9	Calcul du niveau de puissance acoustique	8
10	Informations à consigner	8

Annexes

A	Calcul des indicateurs de champ	10
B	Méthode d'obtention de la classe de précision requise	12
C	Effets des écoulements d'air sur le mesurage de l'intensité acoustique	16
D	Effet de l'absorption du son à l'intérieur de la surface de mesurage	17
E	Bibliographie	18

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 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.

La Norme internationale ISO 9614-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

L'ISO 9614 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Acoustique — Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit*:

- *Partie 1: Mesurages par points*
- *Partie 2: Mesurages par balayage*

Les annexes A et B font partie intégrante de la présente partie de l'ISO 9614. Les annexes C, D et E sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

0.1 La puissance acoustique émise par une source de bruit est égale à l'intégrale, sur une surface entourant complètement la source, du produit scalaire du vecteur intensité acoustique par le vecteur surface élémentaire associé. Les précédentes Normes internationales décrivant les méthodes de détermination des niveaux de puissance acoustique des sources de bruit, principalement la série ISO 3740 à ISO 3747, spécifient sans exception le niveau de pression acoustique comme la grandeur acoustique primaire à mesurer. La relation entre niveau d'intensité acoustique et niveau de pression acoustique en un point quelconque dépend des caractéristiques de la source, de celles de l'environnement de mesurage et de la répartition des positions de mesurage par rapport à la source. ISO 3740 à ISO 3747 spécifiaient donc nécessairement les caractéristiques de la source et de l'environnement d'essai, ainsi que les procédures de qualification correspondantes et les méthodes de mesurage permettant de maintenir dans des limites acceptables l'incertitude sur la détermination du niveau de puissance acoustique.

Les méthodes spécifiées dans l'ISO 3740 à l'ISO 3747 ne sont pas toujours applicables, pour les raisons suivantes.

- a) Elles nécessitent des installations coûteuses si l'on souhaite obtenir une exactitude élevée. Il est souvent impossible d'installer et de faire fonctionner des éléments d'équipement de dimensions importantes dans ces installations.
- b) Elles ne sont pas exploitables en présence de niveaux de bruit parasite importants émis par des sources autres que la source étudiée.

L'ISO 9614 a pour objet la spécification de méthodes permettant de déterminer le niveau de puissance acoustique avec une marge d'incertitude donnée et dans des conditions d'essai moins contraignantes que celles qui sont prescrites dans la série ISO 3740 à ISO 3747. La puissance acoustique est ici la puissance acoustique in situ déterminée par la méthode décrite par la présente partie de l'ISO 9614; elle dépend des caractéristiques physiques de l'environnement et peut dans certains cas, pour une même source, différer de la puissance acoustique déterminée dans d'autres conditions.

0.2 La présente partie de l'ISO 9614 complète la série ISO 3740 à ISO 3747 qui spécifient diverses méthodes de détermination des niveaux de puissance acoustique émis par des machines et équipements. Elle diffère principalement de ces Normes internationales à trois égards.

- a) Les grandeurs mesurées sont à la fois l'intensité et la pression acoustiques,
- b) L'incertitude sur les niveaux de puissance acoustique déterminés selon la méthode spécifiée dans la présente partie de l'ISO 9614 est classée

d'après les résultats d'essais complémentaires spécifiés et les calculs effectués parallèlement à l'essai principal.

- c) Les limites instrumentales actuelles restreignent les mesurages intensimétriques aux bandes de tiers d'octave comprises entre 50 Hz et 6,3 kHz. Les valeurs pondérées A sur un nombre restreint de bandes sont déterminées à partir des valeurs obtenues pour les bandes d'octave ou de tiers d'octave constituantes, et non par mesurage direct avec pondération A.

0.3 La présente partie de l'ISO 9614 traite d'une méthode de détermination du niveau de puissance acoustique d'une source de bruit stable à partir du mesurage de l'intensité acoustique sur une surface entourant la source. En théorie, l'intégrale sur une surface quelconque entourant la source du produit scalaire du vecteur intensité acoustique par le vecteur surface élémentaire associé donne la mesure de la puissance acoustique émise directement dans l'air par l'ensemble des sources comprises dans la surface enveloppe et exclut le bruit émis par les sources situées à l'extérieur de cette surface. En présence de sources de bruit fonctionnant à l'extérieur de la surface de mesurage, tout système se trouvant à l'intérieur de cette surface peut absorber une certaine proportion de l'énergie qu'il reçoit. La puissance acoustique totale absorbée à l'intérieur de la surface de mesurage apparaîtra comme une contribution négative à la puissance de la source et introduira une erreur dans la détermination de sa puissance acoustique. Pour réduire cette erreur, il peut s'avérer nécessaire d'éliminer les corps absorbants se trouvant à l'intérieur de la surface de mesurage qui ne sont pas présents normalement pendant le fonctionnement de la source en essai.

La présente partie de l'ISO 9614 est fondée sur un échantillonnage discret du champ d'intensité normal à la surface de mesurage. L'erreur d'échantillonnage résultante est fonction des variations de la variabilité de mesurage, qui dépend de la directivité de la source, de la surface d'échantillonnage choisie, de la répartition des points d'échantillonnage et de la proximité de sources parasites extérieures à la surface de mesurage.

L'exactitude de mesure de la composante normale de l'intensité acoustique en un point est fonction de la différence entre le niveau de pression acoustique et le niveau de la composante normale de l'intensité acoustique en ce point. Cette différence peut être importante lorsque, au point de mesurage, le vecteur intensité de la source forme un angle important (approchant 90°) avec la normale à la surface de mesurage. Le niveau de pression acoustique en ce point peut par ailleurs inclure des contributions importantes de sources situées à l'extérieur de la surface de mesurage tout en étant associé à un faible flux net d'énergie acoustique, comme dans un champ réverbérant dans un espace clos; le champ peut également être fortement réactif, en champ proche et/ou en présence d'ondes stationnaires.

Acoustique — Détermination par intensimétrie des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit —

Partie 1: Mesurages par points

1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 9614 prescrit une méthode de mesurage de la composante de l'intensité acoustique normale à une surface de mesurage entourant la (les) source(s) de bruit dont on souhaite déterminer le niveau de puissance acoustique. À partir des valeurs mesurées, on calcule le niveau de puissance acoustique par bandes d'octave ou de tiers d'octave, ou le niveau pondéré sur un nombre de bandes restreint. La méthode est applicable à toute source pour laquelle on peut définir une surface de mesurage physiquement stable et sur laquelle les signaux acoustiques émis par la source soient stables dans le temps (comme défini en 3.13). La source est définie par le choix de la surface de mesurage. La méthode peut être appliquée in situ ou dans des environnements d'essai particuliers.

1.2 La présente partie de l'ISO 9614 est applicable à des sources situées dans un environnement quelconque mais dont la variabilité temporelle soit suffisamment faible pour que l'exactitude de mesure reste acceptable, et dans lequel la sonde intensimétrique ne soit pas soumise à des écoulements gazeux trop rapides ou instables (voir 5.3 et 5.4).

Dans certains cas, les conditions d'essai s'avèreront trop défavorables pour que les prescriptions de la présente partie de l'ISO 9614 soient satisfaites. Les variations du niveau de bruit parasite pendant l'essai, notamment, peuvent être excessives. Dans ce cas, la méthode prescrite par la présente partie de l'ISO 9614 n'est pas applicable à la détermination du niveau de puissance acoustique d'une source.

NOTE 1 D'autres méthodes, par exemple la détermination des niveaux de puissance acoustique à partir des ni-

veaux vibratoires en surface selon l'ISO/TR 7849, peuvent alors mieux convenir.

1.3 La présente partie de l'ISO 9614 prescrit certaines procédures complémentaires, décrites dans l'annexe B, à appliquer lors de la détermination de la puissance acoustique. Les résultats obtenus indiquent la qualité de la détermination et donc la classe de précision de la méthode. Si la qualité de la détermination n'est pas conforme aux prescriptions de la présente partie de l'ISO 9614, la méthode d'essai devrait être modifiée comme indiqué.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 9614. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 9614 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 5725:1986, *Fidélité des méthodes d'essai — Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée par essais interlaboratoires*.

CEI 942:1988, *Calibreurs acoustiques*.

CEI 1043:—,¹⁾ *Instruments de mesurage de l'intensité acoustique*.

1) À publier.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 9614, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 niveau de pression acoustique, L_p : Dix fois le logarithme décimal du rapport de la pression acoustique quadratique moyenne au carré de la pression acoustique de référence. La pression acoustique de référence est égale à 20 μPa .

Le niveau de pression acoustique est mesuré en décibels.

3.2 intensité acoustique instantanée, $\vec{I}(t)$: Valeur instantanée du flux d'énergie acoustique traversant une unité de surface suivant la direction de la vitesse particulaire locale instantanée.

Il s'agit d'une grandeur vectorielle, égale au produit en un point de la pression acoustique instantanée par la vitesse particulaire associée:

$$\vec{I}(t) = p(t) \cdot \vec{u}(t) \quad \dots (1)$$

où

$p(t)$ est la pression acoustique instantanée en un point;

$\vec{u}(t)$ est la vitesse particulaire instantanée associée, au même point;

t est le temps, en secondes.

3.3 intensité acoustique, I : Moyenne temporelle du vecteur $I(t)$ dans un champ acoustique stable dans le temps:

$$\vec{I} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \vec{I}(t) dt \quad \dots (2)$$

où T est la durée d'intégration.

Par ailleurs

I est la mesure algébrique du vecteur \vec{I} ; le signe de I indique le sens du vecteur et dépend de la direction du flux d'énergie choisie comme positive;

$|I|$ est le module du vecteur \vec{I} .

3.4 intensité acoustique normale, I_n : Composante de l'intensité acoustique dans la direction normale à une surface de mesure, définie par le vecteur normal unitaire \vec{n} .

$$I_n = \vec{I} \cdot \vec{n} \quad \dots (3)$$

où \vec{n} est le vecteur normal unitaire dirigé vers l'extérieur du volume délimité par la surface de mesure.

3.5 niveau d'intensité acoustique normale, L_n : Mesure logarithmique du module de l'intensité acoustique normale, $|I_n|$, donnée par:

$$L_n = 10 \lg[|I_n|/I_0] \text{ dB} \quad \dots (4)$$

où I_0 est l'intensité acoustique de référence ($= 10^{-12} \text{ W/m}^2$).

Le niveau d'intensité acoustique normale est exprimé en décibels.

Lorsque I_n est négative, son niveau s'écrit sous la forme $(-)$ XX dB, sauf quand il est utilisé dans l'évaluation de $\delta_{p_{I_0}}$ (voir 3.11).

3.6 Puissance acoustique

3.6.1 puissance acoustique élémentaire, P_i : Moyenne temporelle du flux d'énergie acoustique traversant un élément de la surface de mesure, donnée par:

$$P_i = \vec{I}_i \cdot \vec{S}_i = I_{ni} \cdot S_i \quad \dots (5)$$

où

I_{ni} est la mesure algébrique de la composante normale de l'intensité acoustique mesurée à l'emplacement de mesure i ;

S_i est l'aire de l'élément de surface associé au point i .

3.6.2 puissance acoustique, P : Puissance acoustique totale émise par une source et déterminée selon la méthode donnée dans la présente partie de l'ISO 9614, donnée par:

$$P = \sum_{i=1}^N P_i \quad \dots (6)$$

et

$$|P| = \left| \sum_{i=1}^N P_i \right| \quad \dots (7)$$

où N est le nombre total des éléments de surface.

3.6.3 niveau de puissance acoustique, L_W : Mesure logarithmique de la puissance acoustique émise par une source et déterminée selon la méthode donnée dans la présente partie de l'ISO 9614, donnée par:

$$L_W = 10 \lg[|P|/P_0] \text{ dB} \quad \dots (8)$$

où

$|P|$ est la valeur absolue de la puissance acoustique de la source;

P_0 est la puissance acoustique de référence ($= 10^{-12} \text{ W}$).

Le niveau de puissance acoustique est exprimé en décibels.

Lorsque P est négative, son niveau s'écrit sous la forme $(-)$ XX dB, pour les rapports uniquement.

NOTE 2 La présente partie de l'ISO 9614 ne s'applique pas lorsque les mesurages conduisent à une valeur négative de P pour une source.

3.7 surface de mesurage: Surface fictive sur laquelle sont effectués les mesurages d'intensité acoustique, et qui entoure la source en essai soit complètement soit en étant limitée par une surface continue et acoustiquement dure. Lorsque cette surface fictive est interrompue par des structures possédant des surfaces solides, la surface de mesurage se termine sur les lignes d'intersection avec ces structures.

3.8 élément de surface: Portion de la surface de mesurage associée à un point de mesurage.

3.9 intensité parasite: Fraction de l'intensité acoustique qui résulte du fonctionnement de sources situées à l'extérieur de la surface de mesurage (mécanismes fonctionnant en dehors du volume délimité par la surface de mesurage).

3.10 sonde: Partie du système intensimétrique qui comprend les capteurs.

3.11 écart de champ résiduel, δ_{pl_0} : Différence entre les valeurs de L_p et L_{l_n} relevées lorsque la sonde est placée dans le champ acoustique sur une position et suivant une orientation telles que la pression acoustique soit nulle. Elle est exprimée en décibels.

La méthode de détermination de δ_{pl_0} est détaillée dans la CEI 1043. Dans ce cas, et dans ce cas seulement, l'indice «n» indique la direction de l'axe de la sonde.

$$\delta_{pl_0} = (L_p - L_{l_n}) \quad \dots (9)$$

3.12 capacité dynamique, L_d : La capacité dynamique est donnée par:

$$L_d = \delta_{pl_0} - K \quad \dots (10)$$

Elle est exprimée en décibels.

Le choix de la valeur de K dépend de la classe de précision requise (voir tableau 1).

Tableau 1 — Facteur de biais, K

Classe de précision	Facteur de biais, K dB
Laboratoire (classe 1)	10
Expertise (classe 2)	10
Contrôle (classe 3)	7

3.13 signal stable: Dans le cadre de la présente partie de l'ISO 9614, un signal est considéré comme stable dans le temps si, en tout point de mesurage, la moyenne temporelle des grandeurs considérées, calculée sur chaque durée de mesurage élémentaire, est égale aux valeurs obtenues en ce point lorsque la durée d'intégration est étendue au temps total mis pour effectuer les mesurages sur l'ensemble de la surface enveloppe. D'après cette définition, les signaux cycliques ou périodiques sont stables si, en chaque point, la durée de mesurage s'étend sur 10 cycles au moins.

3.14 indicateurs de champ, F_1 à F_4 : Voir annexe A.

4 Généralités

4.1 Dimensions de la source de bruit

Les dimensions de la source de bruit peuvent être choisies sans restriction. Elles sont définies par le choix de la surface de mesurage.

4.2 Nature du bruit émis par la source

Le signal doit être stable dans le temps, comme défini en 3.13. Si une source fonctionne suivant un cycle de travail comportant des périodes de fonctionnement continu distinctes, il faut, dans le cadre de la présente partie de l'ISO 9614, déterminer et indiquer séparément les niveaux de puissance acoustique correspondant à chaque période. Des actions doivent être entreprises pour éviter le mesurage, au cours des périodes de fonctionnement, de bruits parasites non stables dont l'apparition est prévisible (voir tableau B.3 en annexe B).

4.3 Incertitude de mesure

Dans le cadre de la présente partie de l'ISO 9614, on distingue trois classes de précision, définies dans le tableau 2. Les incertitudes indiquées reflètent uniquement les erreurs aléatoires associées à la méthode de mesurage, ainsi que l'erreur systématique de mesure maximale qui est limitée par la valeur du facteur de biais, K , choisie selon la classe de précision requise (voir tableau 1). Elles ne reflètent ni les tolérances relatives aux performances nominales des instruments, qui sont spécifiées dans la CEI 1043, ni les effets induits par les variations des conditions d'implantation, de montage et de fonctionnement de la source.

Tableau 2 — Incertitude sur la détermination du niveau de puissance acoustique

Fréquence centrale des bandes d'octave Hz	Fréquence centrale des bandes de tiers d'octave Hz	Écart-type, s 1)		
		Laboratoire (classe 1) dB	Expertise (classe 2) dB	Contrôle (classe 3) dB
63 à 125	50 à 160	2	3	
250 à 500	200 à 630	1,5	2	
1 000 à 4 000	800 à 5 000	1	1,5	
Pondéré A ²⁾	6 300	2	2,5	4 ³⁾

1) Il existe une probabilité de 95 % pour que la valeur vraie du niveau de puissance acoustique soit comprise dans un intervalle de $\pm 2s$ autour de la valeur mesurée.

2) 63 Hz à 4 kHz ou 50 Hz à 6,3 kHz.

3) Vu la grande variété des équipements auxquels peuvent s'appliquer les normes, cette valeur est donnée uniquement à titre d'essai.

Au-dessous de 50 Hz, les données sont insuffisantes pour permettre le calcul d'incertitude. Dans le cadre de la présente partie de l'ISO 9614, le domaine de fréquences normal pour le calcul des niveaux pondérés A comprend les bandes d'octave comprises entre 63 Hz et 4 kHz et les bandes de tiers d'octave comprises entre 50 Hz et 6,3 kHz. La valeur du niveau pondéré A calculée à partir des niveaux par bandes d'octave sur le domaine de 63 Hz à 4 kHz, ou des niveaux par bandes de tiers d'octave sur le domaine de 50 Hz à 6,3 kHz, est correcte si aucun des niveaux correspondant aux bandes en dessous de 50 Hz et au-dessus de 6,3 kHz n'est significativement élevé. Pour les besoins de cette évaluation, on entend par niveau significativement élevé un niveau de bande qui, après pondération A, est inférieur de moins de 6 dB à la valeur calculée du niveau global pondéré A. Si des mesurages de niveaux pondérés A et des déterminations du niveau de puissance acoustique sont effectués sur un domaine de fréquences plus restreint, celui-ci doit être spécifié conformément à 10.5 b).

L'incertitude sur la détermination du niveau de puissance acoustique émis par une source de bruit dépend de la nature du champ acoustique de la source, de celle du champ acoustique parasite, de l'absorption de la source en essai, et des méthodes d'échantillonnage du champ d'intensité et de mesurage choisies. C'est pourquoi la présente partie de l'ISO 9614 prescrit un essai initial pour évaluer la nature du champ acoustique existant à proximité de la surface de mesurage proposée (voir annexe A). Les résultats de cet essai initial permettent d'adopter une démarche appropriée, d'après les tableaux B.2 et B.3 (voir annexe B).

S'il suffit de déterminer un niveau pondéré A, tout niveau de bande pondéré A isolé inférieur d'au moins 10 dB au plus haut niveau de bande pondéré A obtenu doit être négligé. Si plusieurs niveaux de bande s'avèrent non significatifs, ils peuvent être négligés si le niveau correspondant à la somme des puissances acoustiques pondérées A dans ces bandes de fréquences est inférieur d'au moins 10 dB au plus haut niveau de bande pondéré A obtenu. S'il suffit de connaître un niveau de puissance acoustique global pondéré en fréquence, l'incertitude sur la détermination du niveau de puissance acoustique dans les bandes où sa valeur pondérée est inférieure d'au moins 10 dB au niveau global pondéré n'est pas à considérer.

5 Environnement acoustique

5.1 Critères de qualification de l'environnement d'essai

L'environnement d'essai doit être tel que le principe sur lequel repose le mesurage de l'intensité acoustique à l'aide des instruments choisis conformément à la CEI 1043 reste valide. Il doit en outre satisfaire aux prescriptions définies de 5.2 à 5.4.

5.2 Intensité parasite

5.2.1 Niveau de l'intensité parasite

Prendre toutes les mesures possibles pour réduire au minimum le niveau de l'intensité parasite, qui ne doit

pas être de nature à diminuer l'exactitude de mesure de façon inacceptable (voir annexe B et A.2.2 de l'annexe A).

NOTE 3 Si la source en essai comprend une quantité importante de matériau absorbant, l'existence de niveaux d'intensité parasite élevés peuvent entraîner une erreur sur l'estimation de la puissance acoustique. L'annexe D donne des indications sur la méthode d'évaluation de l'erreur résultante dans le cas particulier d'une source pouvant être mise hors tension.

5.2.2 Variabilité de l'intensité parasite

Vérifier que la variabilité de l'intensité parasite reste suffisamment faible pour que la limite spécifiée sur l'indicateur de variabilité temporelle du champ acoustique, F_1 , ne soit pas dépassée. Voir tableau B.3.

5.3 Vent, écoulement gazeux, vibrations et température

Ne pas effectuer les mesurages lorsque les conditions d'écoulement de l'air au voisinage de la sonde sont incompatibles avec le bon fonctionnement du système de mesurage, selon les spécifications du fabricant. Si celles-ci ne sont pas connues, ne pas effectuer de mesurages si la vitesse moyenne de l'air dépasse 2 m/s (voir annexe C). Utiliser systématiquement un écran antivent pour les mesurages à l'air libre (voir CEI 1043 pour plus de détails). Ne pas placer la sonde dans le passage d'un courant gazeux de vitesse moyenne supérieure à 2 m/s, ni à proximité immédiate, et la monter de façon qu'elle ne soit pas soumise à des vibrations importantes.

NOTES

4 En raison des fluctuations de la vitesse du vent autour de la moyenne, la valeur obtenue pour le niveau de puissance acoustique peut être une surestimation lorsque la vitesse moyenne du vent est proche du maximum admis.

5 Il est préférable d'éviter de placer la sonde à moins de 20 mm de corps dont la température diffère sensiblement de celle de l'air ambiant. Il convient d'éviter l'utilisation de sondes aux températures très supérieures à la température ambiante, notamment s'il existe le long de la sonde un fort gradient de température.

6 La pression et la température de l'air conditionnent sa densité et la célérité du son. Il convient de vérifier l'influence de ces grandeurs sur l'étalonnage des instruments et d'appliquer aux mesures intensimétriques les corrections appropriées (voir CEI 1043).

5.4 Configuration de l'environnement d'essai

La configuration de l'environnement d'essai doit, autant que possible, demeurer inchangée pendant l'essai. Cette condition est particulièrement importante si la source émet un bruit de nature tonale. Vérifier la répétabilité des résultats (comme spécifié dans

l'ISO 5725) et consigner les cas où l'existence de variations de l'environnement pendant l'essai n'a pas pu être évitée. Déterminer l'influence de la position de l'opérateur sur les résultats et choisir des positions qui réduisent au minimum toute influence constatée. Veiller, dans la mesure du possible, à ce que l'opérateur ne se trouve ni sur l'axe de la sonde ni à proximité immédiate pendant les mesurages effectués aux divers points. Éloigner si possible de la source tout obstacle réfléchissant situé dans son voisinage.

6 Appareillage

6.1 Généralités

L'instrument de mesure de l'intensité acoustique et la sonde utilisés doivent être conformes aux prescriptions de la CEI 1043. Pour les déterminations de classes de précision 1 et 2, il est recommandé d'utiliser des instruments de classe 1. Vérifier l'influence de la pression et de la température de l'air ambiant sur l'étalonnage des instruments, et appliquer aux valeurs de l'intensité obtenues les corrections appropriées, conformément à la CEI 1043. Consigner pour chaque bande de fréquences la valeur de l'écart de champ résiduel de l'instrument utilisé pour effectuer des mesurages selon la présente partie de l'ISO 9614.

6.2 Étalonnage et contrôle in situ

L'instrument, sonde comprise, doit être conforme à la CEI 1043. Vérifier au moins une fois par an sa conformité à la CEI 1043, dans un laboratoire effectuant des étalonnages dans des conditions conformes aux normes nationales. Consigner les résultats comme spécifié en 10.3.

Pour contrôler le bon fonctionnement de l'appareillage avant chaque série de mesurages, appliquer la procédure spécifiée par le constructeur.

Si aucun contrôle in situ n'est spécifié, suivre les procédures décrites en 6.2.1 et 6.2.2 pour détecter l'existence dans le système de mesurage d'éventuelles anomalies résultant, par exemple, du transport.

6.2.1 Niveau de pression acoustique

Contrôler le niveau de pression acoustique enregistré par chacun des microphones de pression de la sonde intensimétrique au moyen d'un calibre de classe 0, 1 ou 1L selon la CEI 942.

6.2.2 Intensité

Placer la sonde intensimétrique sur la surface de mesurage, axe orienté suivant la normale à cette surface, en un point d'intensité supérieure à l'intensité moyenne sur la surface. Mesurer le niveau d'intensité acoustique normale (voir 3.5) puis faire effectuer à la

sonde une rotation de 180° autour d'un axe normal à l'axe de mesure, tout en maintenant son centre acoustique au même emplacement que pour le premier mesurage. Mesurer à nouveau l'intensité. Fixer la sonde sur un support assurant le maintien de sa position lors de la rotation. Pour que le matériel de mesure soit considéré comme acceptable, les deux valeurs de I_n ainsi obtenues pour la bande d'octave ou de tiers d'octave dans laquelle le niveau est maximal doivent avoir des signes opposés, et la différence entre les niveaux d'intensité correspondants doit être inférieure à 1,5 dB.

7 Installation et fonctionnement de la source

7.1 Généralités

Monter ou installer la source de manière appropriée et représentative de son emploi normal ou établie par un code d'essai s'appliquant spécifiquement au type de machine ou de matériel considéré.

7.2 Conditions d'installation et de fonctionnement de la source en essai

Suivre les instructions d'installation ou de montage spécifiées dans le code d'essai s'appliquant au type de machine ou d'équipement considéré. En l'absence de code d'essai, faire fonctionner la source sous forte charge dans des conditions stables et représentatives d'un usage normal.

Les conditions de fonctionnement suivantes peuvent convenir:

- a) charge correspondant à une émission sonore maximale, et représentative d'un usage normal (dont la probabilité d'utilisation est supérieure à 10 %);
- b) pleine charge;
- c) charge nulle (fonctionnement à vide);
- d) charge simulée (non représentative d'un usage normal mais simulant un tel usage, et correspondant de préférence à une émission sonore maximale);
- e) autres charges et conditions de fonctionnement spécifiées.

Les conditions de fonctionnement a) ou b) sont recommandées, dans l'ordre, comme conditions de fonctionnement principales. Les autres conditions de

fonctionnement peuvent servir de conditions complémentaires. Il est possible de choisir une ou plusieurs d'entre elles.

8 Mesurage du niveau de l'intensité acoustique normale

8.1 Durée d'intégration

Pour obtenir une erreur maximale de 5 % sur l'intensité mesurée avec un niveau de confiance de 95 %, la durée d'intégration applicable aux instruments utilisant des filtres pour un bruit blanc avec distribution de type gaussien est donnée par

$$BT \geq 400$$

où

B est la largeur de bande du filtre;

T est la durée d'intégration.

Pour les instruments recomposant des bandes d'octave ou de tiers d'octave à partir d'une analyse par bandes étroites, il faut se reporter à la CEI 1043 qui donne des indications sur les durées d'intégration et le nombre de moyennes équivalentes. Le cas des signaux cycliques doit être traité avec un soin particulier.

8.2 Essai initial

Effectuer des mesurages intensimétriques sur une surface de mesure initiale. Si cette surface s'avère inadéquate, la modifier comme spécifié dans l'annexe B.

La surface de mesure initiale doit être définie autour de la source en essai.

NOTE 7 Celle-ci devrait de préférence avoir l'une des formes géométriques simples et quantifiables indiquées à la figure 1.

La distance moyenne séparant la surface de mesure de la surface de la source en essai doit être supérieure à 0,5 m, sauf si elle est définie par rapport à une partie de la source dont on peut démontrer, par des essais, qu'elle n'émet qu'une fraction insignifiante de la puissance totale rayonnée par la source. La surface choisie peut éventuellement comprendre des parties non absorbantes (facteur d'absorption en champ diffus inférieur à 0,06), telles qu'un sol en béton ou des murs en maçonnerie. Les mesurages intensimétriques ne doivent pas être effectués sur ces parties de surface, et les aires correspondantes ne doivent pas être prises en compte dans l'évaluation de la puissance acoustique de la source d'après l'équation (6) (voir 3.6.2).

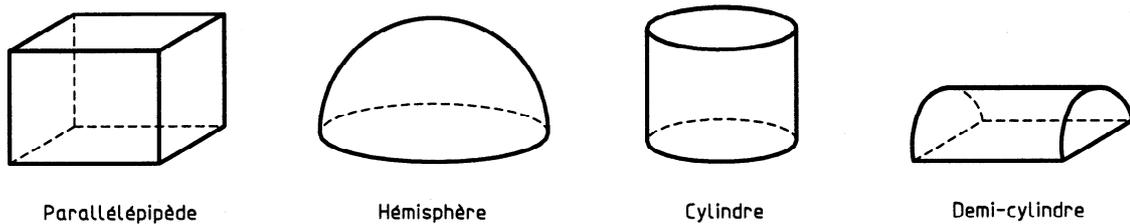


Figure 1 — Surfaces de mesure initiales recommandées

Choisir sur la surface de mesure initiale une position représentative pour vérifier la stationnarité du champ acoustique. Calculer l'indicateur F_1 pour toutes les bandes de fréquences considérées, comme spécifié en A.2.1 de l'annexe A. Si la variabilité temporelle du champ acoustique dépasse la valeur spécifiée au tableau B.3 en annexe B, prendre des mesures de réduction appropriées.

S'il est possible d'arrêter la source en essai, on considère le bruit parasite comme non significatif si le niveau de pression acoustique pondéré A, mesuré en cinq positions (réparties de façon raisonnablement uniforme sur la surface de mesure) chute d'au moins 10 dB lorsque la source est arrêtée.

NOTE 8 Cette condition ne s'applique pas aux cas où la source en essai commande des sources de bruit parasite significatif placées à l'extérieur de la surface de mesure.

Effectuer ensuite des mesurages de niveau d'intensité acoustique normale et de niveau de pression acoustique dans les bandes de fréquences pour lesquelles on veut déterminer le niveau de puissance acoustique, en au moins une position par mètre carré et 10 positions au total réparties de façon aussi uniforme que possible (en fonction de l'aire des éléments de surface) sur toute la surface de mesure. Si le bruit parasite est significatif et que cette règle conduit à un nombre de points de mesure supérieur à 50, il est admis de prendre un point pour 2 m², à condition que le nombre de points obtenu soit au moins égal à 50. Si le bruit parasite n'est pas significatif et que la surface de mesure est supérieure à 50 m², choisir 50 points répartis aussi uniformément que possible (en fonction de l'aire des éléments de surface) sur toute la surface de mesure.

Calculer les indicateurs de champ F_2 , F_3 et F_4 pour toutes les bandes de fréquences considérées, comme spécifié dans l'annexe A, et reporter les valeurs obtenues dans les formules intervenant dans la procédure de qualification, en B.1.1 de l'annexe B. Si les critères de qualification sont satisfaits dans chaque bande de fréquences, la valeur initiale obtenue pour la puissance acoustique est qualifiée comme résultat final avec l'incertitude indiquée dans le tableau 2.

Si le critère 1 de B.1.1 n'est pas satisfait dans toutes les bandes de fréquences considérées, deux solutions sont possibles:

- consigner dans le rapport d'essai (voir 10.5) le fait que l'incertitude sur le niveau de puissance acoustique obtenu dans ces bandes de fréquences est supérieure à la valeur donnée dans le tableau 2 pour la classe de précision souhaitée; ou
- prendre l'une des mesures spécifiées au tableau B.3 en annexe B, pour améliorer la précision de la détermination.

Si le critère 2 de B.1.2 n'est pas satisfait dans toutes les bandes de fréquences considérées, prendre l'une des mesures spécifiées en 8.3 et 8.4.

8.3 Procédure facultative visant à réduire au minimum le nombre de positions supplémentaires sur la surface de mesure initiale

8.3.1 Identification de concentrations de puissance acoustique élémentaire (points chauds)

Lorsque le critère 2 de B.1.2 indique que, dans une ou plusieurs bandes de fréquences, l'écart-type réduit des intensités acoustiques normales mesurées sur la surface initiale de mesure, exprimé par F_4 , est trop élevé pour que l'erreur d'échantillonnage soit comprise dans l'intervalle défini pour la classe de précision requise, il est parfois possible de limiter le nombre de mesurages supplémentaires nécessaires pour qualifier la surface initiale, en modifiant de façon sélective le maillage des positions de mesure pour optimiser l'échantillonnage. La procédure décrite en 8.3.2 permet de vérifier si une telle optimisation est possible ou non.

8.3.2 Concentration de puissances élémentaires positives

La méthode décrite ici permet de déterminer s'il est possible ou non d'optimiser l'échantillonnage de l'intensité acoustique normale en modifiant sélectivement le maillage des positions de mesure. Si le critère 1 de B.1.1 est satisfait mais que le critère 2

de B.1.2 ne l'est pas et que $F_3 - F_2 \leq 1$ dB (pour tout ou partie des bandes de fréquences considérées), on peut poser l'hypothèse que la majeure partie de la puissance acoustique émise par la source dans ces bandes est concentrée sur un ensemble d'éléments de surface dont l'aire totale est inférieure à la moitié de celle de la surface de mesure.

Un accroissement sélectif du nombre des positions de mesure sur cette portion de la surface doit normalement améliorer la précision de la détermination de la puissance émise. Cette hypothèse peut être vérifiée par la méthode de calcul décrite en B.1.3.

Si l'existence de concentrations de puissances élémentaires positives est confirmée, évaluer d'après la méthode décrite en B.1.3 le nombre des positions supplémentaires nécessaires sur la portion de surface sur laquelle est concentrée la majeure partie de la puissance acoustique, et répartir uniformément ces positions (en fonction de l'aire des éléments de surface) sur la portion de surface concernée. Mesurer le niveau d'intensité acoustique normale aux positions nouvellement définies uniquement. Calculer les puissances acoustiques élémentaires et le niveau de puissance total émis par la source à partir des équations (11) et (12), et qualifier la valeur obtenue comme résultat final avec l'incertitude donnée dans le tableau 2.

Si cette méthode de modification sélective est inapplicable, d'autres solutions doivent être mises en œuvre conformément à B.2 et au tableau B.3.

8.4 Essais complémentaires

Si, d'après les critères définis en B.1, la classe de précision souhaitée ne peut être obtenue ni avec la surface initialement choisie ni, après application de la procédure décrite en 8.3.2, avec le maillage modifié, procéder comme décrit en B.2. Mesurer les niveaux d'intensité acoustique normale et les niveaux de pression acoustique associés après modification de la surface et/ou du maillage. Recalculer les indicateurs de champ F_2 , F_3 et F_4 et appliquer les critères définis en B.1. Procéder comme indiqué en B.2.

Recommencer jusqu'à obtention du niveau de précision requis, comme défini en B.1. Dans le cas où il s'avère impossible de satisfaire aux critères, conclure à la nullité de l'essai et indiquer les raisons de l'échec.

9 Calcul du niveau de puissance acoustique

9.1 Calcul des puissances acoustiques élémentaires associées à chaque élément de la (des) surface(s) de mesure

Calculer la puissance acoustique élémentaire, dans chaque bande de fréquences et pour chaque élément de la surface de mesure, d'après l'équation

$$P_i = I_{ni} S_i \quad \dots (11)$$

où

P_i est la puissance acoustique élémentaire associée à l'élément de surface i ;

I_{ni} est la valeur algébrique de la composante normale de l'intensité acoustique mesurée à la position de mesure i ;

S_i est l'aire de l'élément de surface i .

Lorsque le niveau d'intensité acoustique normale $L_{I_{ni}}$ associé à l'élément de surface i s'écrit XX dB, la valeur de I_{ni} doit être calculée d'après l'équation

$$I_{ni} = I_0 \times 10^{XX/10}$$

Lorsque le niveau d'intensité acoustique normale $L_{I_{ni}}$ associé à l'élément de surface i s'écrit $(-)$ XX dB, la valeur de I_{ni} doit être calculée d'après l'équation

$$I_{ni} = -I_0 \times 10^{XX/10}$$

Dans ces équations, $I_0 = 10^{-12}$ W/m².

9.2 Calcul du niveau de puissance acoustique de la source de bruit

Calculer le niveau de puissance acoustique de la source de bruit, dans chaque bande de fréquences, d'après l'équation

$$L_W = 10 \lg \sum_{i=1}^N P_i / P_0 \text{ dB} \quad \dots (12)$$

où

P_i est la puissance acoustique élémentaire associée à l'élément de surface i , calculée d'après l'équation (11);

P_0 est la puissance acoustique de référence ($= 10^{-12}$ W);

N est le nombre total de positions de mesure et d'éléments de surface.

Si, dans une bande de fréquences quelconque, la

somme $\sum_{i=1}^N P_i$ est négative, la méthode donnée dans

la présente partie de l'ISO 9614 ne s'applique pas pour cette bande.

10 Informations à consigner

Pour les mesurages effectués conformément à la présente partie de l'ISO 9614, on doit recueillir et consigner les informations suivantes, lorsqu'elles s'appliquent.

10.1 Source en essai

- a) Description de la source en essai (y compris dimensions et texture de surface).
- b) Nature du bruit émis par la source en essai (variabilité, caractère cyclique, nature tonale, etc.).
- c) Conditions de fonctionnement.
- d) Conditions d'installation.

10.2 Environnement acoustique

- a) Description de l'environnement d'essai, accompagnée d'un croquis indiquant l'emplacement de la source, la forme et la position des objets voisins, la nature du terrain et/ou du plan horizontal.
- b) Description de la nature du bruit émis par des sources autres que la source en essai, notamment variabilité, caractère cyclique et nature tonale éventuelle.
- c) Température et pression statique de l'air.
- d) Vitesse moyenne et direction du vent.
- e) Description des dispositifs/méthodes éventuellement employés pour réduire l'effet des bruits parasites.
- f) Description qualitative des écoulements d'air ou de gaz et de leurs fluctuations.

10.3 Appareillage

- a) Matériel utilisé pour les mesurages, avec mention des marques, types, numéros de série et du fabricant, et nature de la sonde.
- b) Méthode(s) d'étalonnage et de contrôle in situ de l'appareillage, avec mention des dates d'étalonnage.
- c) Écart de champ résiduel du système de mesurage de l'intensité, dans chaque bande de fréquences considérée et pour tous les types de sondes employés.
- d) Date et lieu de l'étalonnage de l'intensimètre.

10.4 Méthode de mesurage

- a) Description de chaque étape de la méthode de mesurage.

- b) Description du mode de montage ou d'appui de la sonde intensimétrique au cours des mesurages.
- c) Description quantitative de la (des) surface(s) de mesurage et des éléments de surface correspondants; il convient de fournir un schéma.
- d) Description du maillage utilisé; il convient d'identifier chaque position de mesurage par un numéro et des coordonnées.
- e) Durée d'intégration pour chaque position.

10.5 Données acoustiques

- a) Présentation sous forme de tableau des valeurs des indicateurs de champ F_1 à F_4 , calculées à partir de chaque série de mesures sur chaque surface de mesurage utilisée.
- b) Présentation sous forme de tableau ou de graphique des valeurs calculées du niveau de puissance acoustique de la source dans toutes les bandes de fréquences considérées. Si la détermination du niveau de puissance acoustique pondéré A est nécessaire, la contribution des bandes de fréquences pour lesquelles les critères 1 et/ou 2 de l'annexe B ne sont pas satisfaits doit être négligée dans la détermination, et le fait consigné dans le rapport d'essai sauf si cette contribution peut être négligée en application de 4.3.
- c) Pour chaque bande de fréquences dans laquelle le critère 2 de l'annexe B n'est pas satisfait, indication de la valeur déterminée d'après l'expression (B.3) de l'incertitude sur le niveau de puissance acoustique.
- d) Présentation, le cas échéant, des résultats des contrôles in situ par la méthode de retournement de la sonde spécifiée en 6.2.2.
- e) Date des mesurages (année/mois/jour).

10.6 Classe de précision de la détermination du niveau de puissance acoustique

La classe de précision obtenue lors de l'essai final, conformément au tableau 2, doit être indiquée. Dans le cas particulier où la classe de précision requise ne peut être obtenue que sur un domaine de fréquences restreint, il faut indiquer la valeur de l'intervalle de confiance à 95 % pour les bandes de fréquence dans lesquelles, d'après l'annexe B, la précision requise n'est pas assurée.

Annexe A (normative)

Calcul des indicateurs de champ

A.1 Généralités

Évaluer les indicateurs de champ d'après les équations (A.1) à (A.9) pour chaque surface de mesure et chaque maillage utilisés et dans chaque bande de fréquences considérée pour la détermination du niveau de puissance acoustique.

A.2 Définition des indicateurs de champ

A.2.1 Indicateur de variabilité temporelle du champ acoustique

Calculer une estimation représentative de l'indicateur de variabilité temporelle du champ acoustique, F_1 , en un emplacement approprié de la surface de mesure, d'après l'équation suivante:

$$F_1 = \frac{1}{I_n} \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=1}^M (I_{nk} - \bar{I}_n)^2} \quad \dots (A.1)$$

où \bar{I}_n est la valeur moyenne de I_{nk} , sur M échantillons I_{nk} intégrés sur un temps court, calculée d'après l'équation

$$\bar{I}_n = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M I_{nk} \quad \dots (A.2)$$

NOTE 9 M prend normalement la valeur 10. Il est recommandé de prendre comme durée d'intégration une valeur comprise entre 8 s et 12 s ou, pour les signaux périodiques, égale à un nombre entier quelconque de cycles.

A.2.2 Indicateur d'écart surfacique de champ

Calculer l'indicateur d'écart surfacique de champ, F_2 , d'après l'équation suivante:

$$F_2 = \bar{L}_p - \bar{L}_{|I_n|} \quad \dots (A.3)$$

où

\bar{L}_p est le niveau de pression acoustique surfacique, en décibels, calculé d'après l'équation

$$\bar{L}_p = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_i} \right) \text{dB} \quad \dots (A.4)$$

$\bar{L}_{|I_n|}$ est le niveau surfacique du module de l'intensité acoustique normale, en décibels, calculé d'après l'équation

$$\bar{L}_{|I_n|} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |I_{ni}|/I_0 \right) \text{dB} \quad \dots (A.5)$$

où $|I_{ni}|$ est le module de l'intensité acoustique normale sur la position de mesure i .

A.2.3 Indicateur de puissance élémentaire négative

Calculer l'indicateur de puissance élémentaire négative, F_3 , d'après l'équation

$$F_3 = \bar{L}_p - \bar{L}_{I_n} \quad \dots (A.6)$$

où

\bar{L}_p est le niveau de pression acoustique surfacique, en décibels, calculé d'après l'équation (A.4);

\bar{L}_{I_n} est le niveau surfacique de la valeur algébrique de l'intensité acoustique normale, calculé d'après l'équation

$$\bar{L}_{I_n} = 10 \lg \left| \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_{ni}/I_0 \right| \text{dB} \quad \dots (A.7)$$

où

I_{ni} est la mesure algébrique de la composante normale de l'intensité acoustique sur la position de mesure i ,

I_0 est l'intensité acoustique de référence ($= 10^{-12} \text{ W/m}^2$).

Si le niveau d'intensité acoustique normale L_{I_n} sur la position de mesure i s'exprime sous la forme XX dB, calculer la valeur de I_{ni} d'après l'équation

$$I_{ni} = I_0 \times 10^{XX/10}$$

Si le niveau d'intensité acoustique normale L_{ni} sur la position de mesure i s'exprime sous la forme $(-)$ XX dB, calculer la valeur de I_{ni} d'après l'équation

$$I_{ni} = -I_0 \times 10^{XX/10}$$

Si, dans une bande de fréquences quelconque, la somme $\sum I_{ni}/I_0$ est négative, le maillage ne satisfait aux prescriptions de la présente partie de l'ISO 9614 dans cette bande de fréquences.

A.2.4 Indicateur d'hétérogénéité du champ

Calculer l'indicateur d'hétérogénéité du champ, F_4 , d'après l'équation

$$F_4 = \frac{1}{I_n} \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (I_{ni} - \bar{I}_n)^2} \quad \dots (A.8)$$

où \bar{I}_n est l'intensité acoustique normale surfacique, calculée d'après l'équation

$$\bar{I}_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_{ni} \quad \dots (A.9)$$

Annexe B (normative)

Méthode d'obtention de la classe de précision requise

B.1 Critères de qualification

Lors de l'application de la présente partie de l'ISO 9614, les conditions de champ acoustique sur la surface de mesurage initiale peuvent varier considérablement. Pour garantir le non-dépassement des limites supérieures pour l'incertitude sur les niveaux de puissance acoustique, il est nécessaire de vérifier que les instruments et les paramètres de mesurage choisis (par exemple surface et distance de mesurage, maillage) sont adéquats, dans les conditions de champ acoustique et d'environnement spécifiques du mesurage. La méthode générale de vérification est résumée à la figure B.1.

B.1.1 Contrôle de l'adéquation de l'appareillage de mesure

Pour qu'un maillage de positions de mesurage soit qualifié comme approprié pour la détermination du niveau de puissance acoustique d'une source de bruit conformément à la présente partie de l'ISO 9614, l'indice de capacité dynamique L_d de l'appareillage doit être supérieur à la valeur de l'indicateur F_2 déterminée comme spécifié dans l'annexe A dans chaque bande de fréquences.

Critère 1

$$L_d > F_2 \quad \dots (B.1)$$

Si une surface de mesurage ne satisfait pas au critère 1, procéder comme indiqué dans le tableau B.3 et à la figure B.1.

NOTE 10 Si l'on utilise l'indicateur F_3 plutôt que F_2 , le résultat du test sera plus pessimiste.

B.1.2 Contrôle de l'adéquation du maillage choisi

Le nombre N des positions de mesurage, uniformément réparties sur la surface choisie, est considéré comme suffisant si la surface satisfait au critère suivant.

Critère 2

$$N > CF_4^2 \quad \dots (B.2)$$

où l'indicateur F_4 est calculé comme spécifié dans l'annexe A et le facteur C est donné dans le

tableau B.2. Lorsque le nombre de positions de mesurage utilisé est le même pour toutes les bandes de fréquences, il faut prendre, pour calculer le critère 2, la valeur maximale de CF_4^2 .

Si le critère 2 n'est pas satisfait dans certaines bandes de fréquences et que le niveau dans ces bandes n'est pas significatif (voir 4.3), ces niveaux ne doivent pas être consignés.

Les résultats obtenus pour les bandes individuelles de tiers d'octave ou d'octave sont compris dans un intervalle de confiance de 95 % donné par

$$10 \lg \left(1 \pm 2F_4 / \sqrt{N} \right) \text{ dB} \quad \dots (B.3)$$

où F_4 est calculé pour chaque bande considérée. Si, dans une bande de fréquences quelconque, le critère 2 n'est pas satisfait pour la classe de précision requise, la valeur calculée du niveau de puissance acoustique dans cette bande ne peut être consignée que si elle est fournie avec l'indication de la valeur estimée de l'intervalle de confiance à 95 %.

Dans les cas où le niveau de puissance acoustique pondéré A doit être déterminé par l'addition des puissances acoustiques pondérées dans un nombre de bandes de fréquences contiguës, F_4 doit être calculé à partir des équations (A.8) et (A.9) en utilisant les valeurs de I_{ni} et de I_n calculées comme les sommes des intensités acoustiques pondérées dans chaque bande considérée. Le critère 2 doit alors être appliqué en utilisant la plus grande valeur de C dans la bande de fréquences comprise dans cette addition pour la classe de précision requise.

L'intensité acoustique pondérée dans une bande de fréquences individuelle est calculée comme suit. Lorsque le niveau d'intensité acoustique normale pondéré A, $L_{I_{ni}}$, pour l'élément de surface i s'écrit XX dB, la valeur pondérée de I_{ni} doit être calculée d'après l'équation

$$I_{ni} = I_0 \times 10^{XX/10}$$

Lorsque le niveau d'intensité acoustique normale pondéré A, $L_{I_{ni}}$, pour l'élément de surface i s'écrit $(-)$ XX dB, la valeur pondérée de I_{ni} doit être calculée d'après l'équation

$$I_{ni} = -I_0 \times 10^{XX/10}$$

Dans ces équations, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

B.1.3 Contrôle des concentrations de puissance acoustique élémentaire positive (points chauds) et évaluation des modifications de maillage nécessaires (facultatif)

Pour chacune des bandes dans lesquelles s'appliquent les conditions spécifiées en 8.3.2, classer par ordre décroissant les puissances acoustiques élémentaires positives correspondant aux différents éléments de surface, et sélectionner un ensemble des éléments classés en tête traversant plus que la moitié de la puissance acoustique totale. Noter par α la fraction sélectionnée de la puissance acoustique totale ($\alpha > 0,5$). Le nombre N_α des éléments ainsi identifiés doit être inférieur à la moitié du nombre total N des éléments. Pour déterminer le nombre des positions de mesure supplémentaires nécessaires sur cette portion de la surface, appliquer la méthode spécifiée ci-dessous.

Si aucun sous-ensemble d'éléments de surface ne satisfait à la condition définie, procéder comme décrit dans le tableau B.3 pour améliorer la précision de la détermination de la puissance acoustique.

Calculer séparément l'indicateur F_4 , comme spécifié en A.2.3,

- pour le groupe des N_α éléments de surface d'aire totale S_α , et
- pour les éléments de surface restants.

Ces valeurs de F_4 sont respectivement notées $F_4(\alpha)$ et $F_4(1 - \alpha)$.

Déterminer le nouveau nombre total N^* des positions de mesure nécessaires sur la surface S_α , d'après l'expression suivante:

$$N^* \geq 4[F_4(\alpha)/\Delta_\alpha]^2 \quad \dots (B.4)$$

où

$$\Delta_\alpha = \frac{1}{\alpha} \left[\Delta - (1 - \alpha) \frac{2}{\sqrt{N_{1-\alpha}}} F_4(1 - \alpha) \right]$$

$$N_{1-\alpha} = N - N_\alpha$$

et les valeurs de Δ sont données dans le tableau B.1.

Répartir les N_α positions de mesure de façon aussi uniforme que possible (suivant l'aire des éléments de surface) sur l'aire S_α .

NOTE 11 Si la contribution totale à la puissance acoustique pondérée A des bandes de tiers d'octave dans la gamme de fréquences de 800 Hz à 5 000 Hz est inférieure à la moitié de la puissance totale, il convient alors d'utiliser les valeurs de C pour la bande de tiers d'octave de 200 Hz à 630 Hz.

B.1.4 Indicateur de non-stabilité du champ

Évaluer l'indicateur F_1 immédiatement avant et après les mesurages sur toute surface choisie. Si sa valeur est supérieure à la limite indiquée dans le tableau B.3, prendre les mesures appropriées pour réduire la variabilité temporelle du champ.

B.1.5 Indicateur de sources de bruit parasite fortement directives

Si les indicateurs F_2 et F_3 prennent des valeurs très différentes, l'existence de sources de bruit parasite fortement directives à proximité de la source en essai est probable.

B.2 Actions à entreprendre pour améliorer la précision de la détermination

Le tableau B.3 spécifie les actions à entreprendre lorsque les contrôles décrits en B.1 montrent que la surface de mesure et/ou le maillage ne sont pas adéquats.

Tableau B.1 — Facteur d'erreur Δ

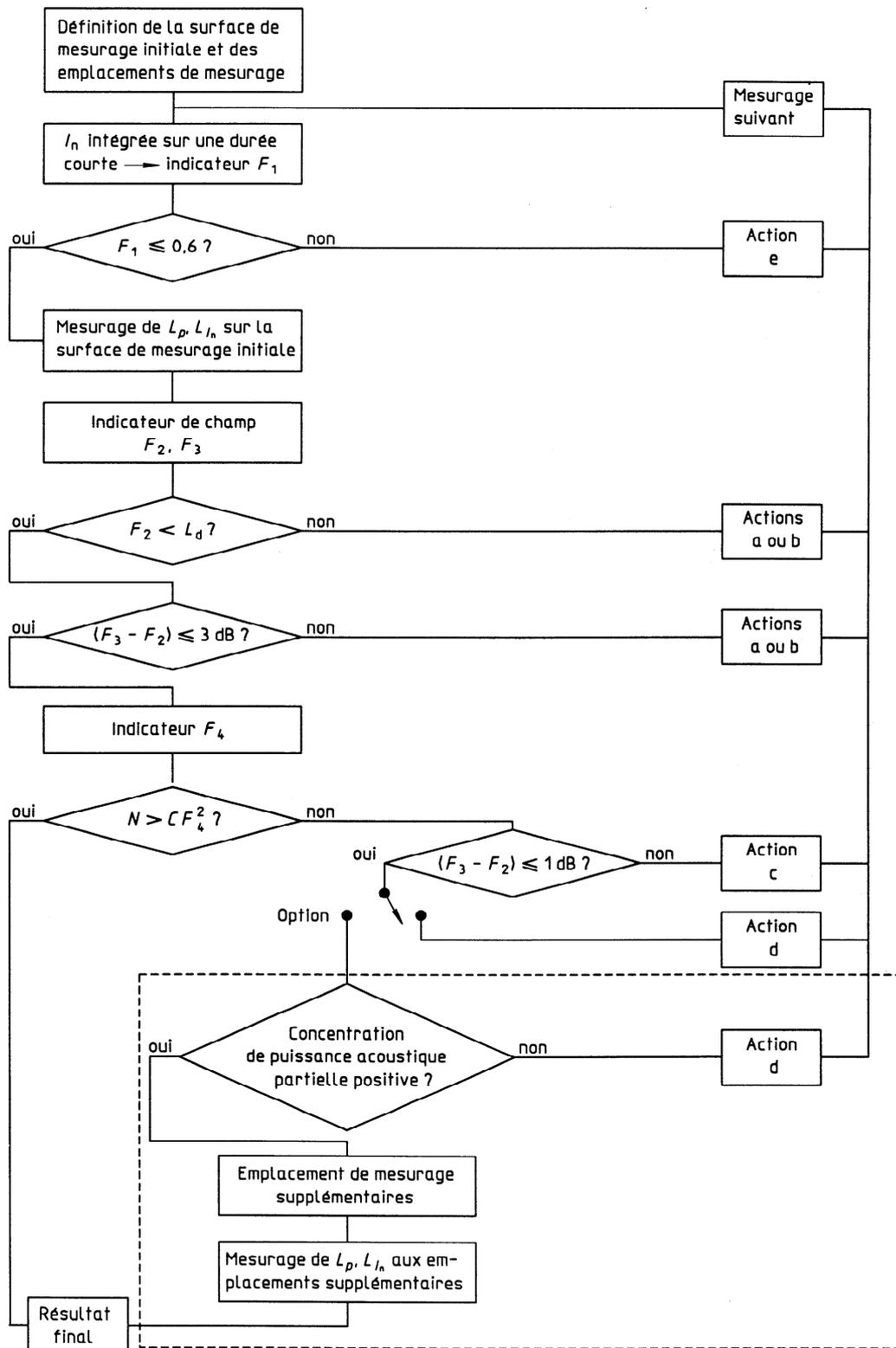
Fréquence	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Niveaux par bande	0,20	0,29	
Niveau pondéré A			0,60

Tableau B.2 — Valeurs du facteur C

Fréquence centrale des bandes d'octave Hz	Fréquence centrale des bandes de tiers d'octave Hz	C		
		Laboratoire (classe 1)	Expertise (classe 2)	Contrôle (classe 3)
63 à 125	50 à 160	19	11	
250 à 500	200 à 630	29	19	
1 000 à 4 000	800 à 5 000	57	29	
Pondéré A ¹⁾	6 300	19	14	8
1) 63 Hz à 4 kHz ou 50 Hz à 6,3 kHz.				

Tableau B.3 — Actions à entreprendre pour améliorer la précision de la détermination

Critère	Code action (voir figure B.1)	Action
$F_1 > 0,6$	e	Prendre des mesures pour réduire la variabilité temporelle de l'intensité parasite, ou mesurer pendant les intervalles de moindre variabilité, ou augmenter la durée du mesurage sur chaque position (le cas échéant).
$F_2 > L_d$ ou $(F_3 - F_2) > 3$ dB	a ou b	En présence de bruit parasite significatif et/ou de réverbération forte, réduire la distance moyenne entre la surface de mesurage et la source jusqu'à 0,25 m maximum. En l'absence de bruit parasite significatif et/ou de réverbération forte, augmenter la distance moyenne mesurée jusqu'à 1 m. Protéger la surface de mesurage des sources de bruit parasite ou réduire les réflexions en direction de la source.
Critère 2 non satisfait et $1 \text{ dB} \leq (F_3 - F_2) \leq 3$ dB	c	Augmenter uniformément la densité des positions de mesurage de façon à satisfaire au critère 2.
Critère 2 non satisfait et $(F_3 - F_2) \leq 1$ dB, et la méthode de 8.3.2 est inapplicable ou n'est pas choisie	d	Augmenter la distance moyenne entre la surface de mesurage et la source en conservant le même nombre de positions de mesurage, ou augmenter le nombre de positions de mesurage en conservant la même surface.



NOTE — La partie encadrée en traits discontinus représente une procédure facultative destinée à réduire au minimum le nombre des emplacements supplémentaires sur la surface de mesurage (8.3).

Figure B.1 — Schéma de la méthode d'obtention de la classe de précision requise

Annexe C (informative)

Effets des écoulements d'air sur le mesurage de l'intensité acoustique

Les sondes intensimétriques sont parfois exposées à des écoulements d'air au cours du mesurage, par exemple si celui-ci est effectué à l'extérieur par temps venteux, ou à proximité de courants d'air générés par des ventilateurs. En principe, les fondements théoriques de l'intensimétrie par sondes $p-p$ ne s'appliquent pas en présence d'écoulements gazeux réguliers. Cependant, les erreurs induites sont négligeables lorsque le nombre de Mach caractérisant l'écoulement est faible ($M < 0,05$), sauf dans des champs très réactifs. Elles peuvent être plus importantes en présence d'un écoulement non régulier (turbulences).

Les turbulences peuvent soit exister dans l'écoulement incident, soit résulter de la présence de la sonde elle-même. Les fluctuations de l'énergie cinétique du fluide inhérentes au phénomène de turbulence sont associées à des fluctuations de pression. Celles-ci ne sont pas de nature acoustique et il n'existe normalement pas de corrélation avec les fluctuations de pression liées à l'existence d'un champ acoustique. Elles sont cependant enregistrées par tout transducteur placé dans l'écoulement et réagissant aux pressions, et les signaux résultants sont indifférenciables des signaux produits par les pressions acoustiques. Les turbulences ont une vitesse de convection voisine de la vitesse d'écoulement moyenne (dans le temps) et contiennent des tourbillons (zones de mouvement corrélé) de dimension généralement très inférieure aux longueurs d'onde caractéristiques des fréquences audibles. Les gradients de pression dans les turbulences peuvent donc être largement supérieurs à ceux des ondes acoustiques, et les vitesses particulières associées très supérieures à celles des champs acoustiques typiques. Ceci peut conduire à la génération d'importants signaux de pseudo-intensité.

Le rôle d'un écran antivent est de dévier l'écoulement pour l'éloigner de la proximité immédiate des transducteurs de pression. En raison de la faible vitesse de convection des turbulences, les fluctuations de pression et de vitesse liées à l'écoulement, qui agissent sur la surface de l'écran, ne peuvent pas se propager efficacement jusqu'à sa partie centrale où se trouvent les transducteurs de pression, alors que les ondes acoustiques subissent une atténuation beaucoup plus faible. Cette atténuation différentielle constitue le principe d'action d'un écran antivent.

Il faut cependant être conscient des limites de l'efficacité de cette méthode. Les fluctuations de pression de très grande amplitude ne sont pas totalement éliminées et les turbulences de basse fréquence et forte amplitude sont beaucoup moins amorties que celles de haute fréquence et faible amplitude. Le spectre fréquentiel des turbulences dues au vent et aux ventilateurs tendant à décroître rapidement avec la fréquence, ce sont les mesurages de l'intensité dans les basses fréquences (inférieures à 200 Hz) qui sont susceptibles d'être le plus gravement affectés.

Les caractéristiques d'amplitude et de fréquence des turbulences varient sensiblement suivant la nature du mécanisme de génération. Il est donc impossible d'établir des règles spécifiques pour chaque situation d'écoulement pouvant se présenter au cours d'une application intensimétrique in situ. Comme la valeur efficace des fluctuations de pression liées aux turbulences croît comme le carré de la vitesse d'écoulement moyenne, on fixe pour la vitesse d'écoulement moyenne une limite de sécurité conservatrice.

La règle générale à retenir est que la tendance, pour les niveaux d'intensité acoustique et/ou de vitesse particulière par octave ou tiers d'octave, à garder des valeurs élevées ou même augmenter dans les basses fréquences (< 100 Hz) est un signe inquiétant, sauf s'il est possible de mettre en évidence une tendance identique pour les niveaux de pression acoustique ou d'estimer subjectivement que l'émission de la source est fortement concentrée sur les basses fréquences. Une autre indication qualitative de contamination des valeurs de l'intensité acoustique par une pseudo-intensité liée aux turbulences est la forte instabilité des niveaux d'intensité et de vitesse particulière obtenus. La cohérence entre microphones n'est pas nécessairement un bon indicateur de non-contamination car, sur des distances de l'ordre de celles qui séparent généralement les microphones, il peut exister une corrélation importante entre les fluctuations de pression de basse fréquence et forte amplitude qui sont liées aux turbulences. Un des effets les plus néfastes de la contamination par des turbulences est la réduction de la plage de mesure dynamique des signaux d'intensité acoustique, notamment lorsque l'appareillage utilisé est à réglage de gamme automatique.

Annexe D (informative)

Effet de l'absorption du son à l'intérieur de la surface de mesurage

S'il apparaît que l'absorption acoustique dans la source est significative (par exemple du fait de la présence de matériaux d'isolation thermique et/ou phonique), et si le calcul de l'indicateur F_3 donne une valeur supérieure à 6 dB, il convient d'étudier l'influence de la puissance acoustique absorbée $P_{I,abs}$ (avec $P_{I,abs} < 0$) sur la puissance acoustique totale mesurée P_I .

Il faut pour cela pouvoir mettre la source en essai hors tension. Si, dans ce cas, le bruit parasite résiduel reste inchangé, il est possible de déterminer directement la puissance acoustique absorbée $P_{I,abs}$ à partir des mesures intensimétriques sur la surface entourant la source à l'arrêt. S'il est impossible de maintenir le niveau de bruit parasite en arrêtant la source, on peut obtenir une estimation grossière de la puissance acoustique absorbée en utilisant une source parasite artificielle produisant à peu près les mêmes niveaux de bruit sur la surface de mesurage que la source parasite réelle.

Les effets de l'absorption peuvent être négligés si la condition suivante est satisfaite:

$$L_W - L_{W,abs} \geq K \text{ dB} \quad \dots (D.1)$$

où

L_W est le niveau de puissance acoustique totale, en décibels, calculé d'après l'équation (8);

$L_{W,abs}$ est le niveau de puissance acoustique absorbée, en décibels [$= 10 \lg(|P_{I,abs}|/P_0)$];

K est donné dans le tableau 1.

Dans le cas contraire, il faut prendre des mesures de réduction du niveau d'intensité parasite ou des mesures de protection de la surface de mesurage contre le bruit émis par les sources de bruit parasite.

Annexe E (informative)

Bibliographie

- [1] ISO 2204:1979, *Acoustique — Guide pour la rédaction des Normes internationales sur le mesurage du bruit aérien et l'évaluation de ses effets sur l'homme.*
- [2] ISO 3740:1980, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Guide pour l'utilisation des normes fondamentales et pour la préparation des codes d'essais relatifs au bruit.*
- [3] ISO 3741:1988, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes de laboratoire en salles réverbérantes pour les sources à large bande.*
- [4] ISO 3742:1988, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes de laboratoire en salles réverbérantes pour les sources émettant des bruits à composantes tonales et à bande étroite.*
- [5] ISO 3743:1988, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes d'expertise en salles réverbérantes spéciales.*
- [6] ISO 3744:1981, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes d'expertise pour les conditions de champ libre au-dessus d'un plan réfléchissant.*
- [7] ISO 3745:1977, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes de laboratoire pour les salles anéchoïque et semi-anéchoïque.*
- [8] ISO 3746:1979, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthode de contrôle.*
- [9] ISO 3747:1987, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthode de contrôle faisant appel à une source sonore de référence.*
- [10] ISO/TR 7849:1987, *Acoustique — Détermination du bruit aérien émis par les machines par mesurage des vibrations.*
- [11] BENOIT, R. et al. Analysis of sound power measurements via intensity for a spinning frame. *Inter-Noise 85* (Munich), 1985, pp. 1131-1134.
- [12] BOCKHOFF, M. Sound power determination by intensity measurements in the near-field of a vibrating panel. *Inter-Noise 85* (Munich), 1985, pp. 1135-1138.
- [13] BOCKHOFF, M. et al. Messungssicherheit bei der Schalleistungsbestimmung nach dem Intensitätsmessverfahren. *DAGA 87* (Aachen), 1987, pp. 789-792.
- [14] BOCKHOFF, M. et al. Sound power determination of machines by intensity technique. *Inter-Noise 88* (Avignon), 1988, pp. 1125-1128.
- [15] CROCKER, M.J. The use of existing and advanced intensity techniques to identify noise sources of a Diesel engine. *SAE 810694*, 1981.
- [16] FAHY, F.J. *Sound Intensity*, Elsevier Applied Science, London, 1989.
- [17] HÜBNER, G. Development of requirements for an intensity measurement code determining sound power level of machines under (worst) *in situ* conditions. *Inter-Noise 84* (Honolulu, USA), 1984, pp. 1093-1098.
- [18] HÜBNER, G. Recent developments of sound power determination for machines using sound intensity measurements. A survey of procedure and accuracy aspects. *Inter-Noise 85* (Munich), 1985, pp. 57-68.
- [19] HÜBNER, G. Recent developments of requirements for an intensity measurement code determining sound power levels of machines. *2^e Congrès international sur l'intensimétrie acoustique, Senlis, France, September 1985*, pp. 307-318.
- [20] HÜBNER, G. Sound intensity method. Errors in determining the sound power levels of machines and its correlation with sound field

- indicators. *Inter-Noise 87* (Beijing, China), 1987, pp. 1227-1230.
- [21] HÜBNER, G. Sound power determination of machines using sound intensity measurements. Reduction of number of measurement positions in cases of «hot areas». *Inter-Noise 88* (Avignon), 1988, pp. 1113-1116.
- [22] HÜBNER, G. et RIEGER, W. *Schallintensitätsmessverfahren zur Schalleistungsbestimmung in der Praxis*. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb Nr. 550, ISBN 3-88314-809.1. Wirtschaftsverlag NW, Verlag für die Neue Wissenschaft GmbH, Bremerhafen, Germany.
- [23] LAMBERT, J.M. The application of a modern intensity meter to industrial problems: example of *in situ* sound power determination. *Inter-Noise 79* (Warszawa), 1979, pp. 227-231.
- [24] PASCAL, J.C. Unbiased sound power determination. *Proceedings of the Institute of Acoustics Autumn Conference* (Bournemouth), 1982, pp. B2.1-B2.4.
- [25] POPE, J. Intensity measurements for sound power determination over a reflecting plane. *Inter-Noise 86* (Boston), 1986, pp. 1115-1120.
- [26] RASMUSSEN, P. Sound power measurements by different operators. *Inter-Noise 86* (Boston), 1986, pp. 1121-1124.