

PROJET
FINAL

NORME
INTERNATIONALE

ISO/FDIS
13472-1

ISO/TC 43/SC 1

Secrétariat: DIN

Début de vote:
2021-10-12

Vote clos le:
2021-12-07

Acoustique — Mesurage in situ des propriétés d'absorption acoustique des revêtements de chaussées —

Partie 1: Méthode de la surface étendue

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
*Acoustics — Measurement of sound absorption properties of road surfaces in situ —
Part 1: Extended surface method*

[ISO/FDIS 13472-1](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/19e87ac3-c246-47c7-b7e2-d5cebf55ff8a/iso-fdis-13472-1>

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.



Numéro de référence
ISO/FDIS 13472-1:2021(F)

© ISO 2021

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/FDIS 13472-1
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/19e87ac3-c246-47c7-b7e2-d5cebf55ff8a/iso-fdis-13472-1>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Résumé de la méthode	3
4.1 Principe général	3
4.2 Technique de séparation du signal	4
4.3 Méthode d'essai	6
5 Système d'essai	6
5.1 Composants du système d'essai	6
5.2 Source sonore	6
5.3 Signal d'essai	7
6 Traitement des données	7
6.1 Étalonnage	7
6.2 Fréquence d'échantillonnage	7
6.3 Séparation temporelle des signaux	7
7 Positionnement de l'équipement	8
7.1 Surface active	8
7.2 Positionnement de l'équipement de mesure	9
7.3 Objets réfléchissants	9
7.4 Bruit de fond	9
7.5 Considérations relatives à la sécurité	10
8 État du revêtement de chaussée et conditions météorologiques	10
8.1 État du revêtement de chaussée	10
8.2 Vent	11
8.3 Température	11
9 Mode opératoire de mesurage	11
10 Incertitude de mesure	12
11 Rapport d'essai	14
Annexe A (normative) Rayon de la surface active	16
Annexe B (normative) Mesurage de référence et procédure de correction	17
Annexe C (informative) Principe physique du mesurage	18
Annexe D (informative) Exemple de rapport d'essai	20
Annexe E (informative) Coefficient d'absorption acoustique en incidence oblique	24
Annexe F (normative) Correction des petits décalages temporels de la réponse impulsionnelle directe entre le mesurage en champ libre et le mesurage avec réflexion	27
Bibliographie	31

Avant-propos

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

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 43, *Acoustique*, sous-comité SC 1, *Bruit*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 13472-1:2002), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- remplacement de la référence à l'IEC 60651 par la référence à l'IEC 61672-1;
- ajout de la référence à l'ISO 18233, afin de disposer d'une description normalisée des signaux MLS et ESS. Ajout de deux références relatives à la méthode ESS dans la Bibliographie;
- dispense de l'exigence d'exactitude fixée à $\pm 0,005$ m pour la distance source-microphone, revue à $\pm 0,01$ m en raison de la possibilité de correction que permet le mode opératoire d'alignement précis de la nouvelle [Annexe E](#);
- spécification, en [8.1](#), d'un mode opératoire, tiré de l'ISO 11819-2, permettant de vérifier l'état sec/humide du revêtement de chaussée;
- amélioration des spécifications relatives à la fenêtre temporelle;
- suppression de l'ancienne [Annexe D](#) relative aux signaux MLS (remplacée par une référence à l'ISO 18233);
- remplacement de l'ancienne Annexe G, relative à la correction des petits déphasages, par la nouvelle [Annexe F](#), qui spécifie un mode opératoire d'alignement précis; l'[Annexe F](#) est désormais normative.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 13472 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/FDIS 13472-1

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/19e87ac3-c246-47c7-b7e2-d5cebf55ff8a/iso-fdis-13472-1>

Introduction

Le présent document décrit une méthode d'essai pour le mesurage in situ du coefficient d'absorption acoustique des revêtements de chaussées, en fonction de la fréquence sous incidence normale.

Cette méthode fournit un moyen d'évaluer les caractéristiques d'absorption acoustique d'un revêtement de chaussée sans endommager ce dernier. Elle est destinée à être utilisée durant la construction et l'entretien des routes ainsi que durant les études du bruit émis par la circulation. Elle peut également servir à qualifier les caractéristiques d'absorption des revêtements de chaussées utilisés pour les essais des véhicules et des pneumatiques. Toutefois, l'incertitude-type est limitée à 0,05.

La méthode est fondée sur la propagation en champ libre du signal d'essai entre la source et le récepteur après réflexion sur le revêtement de chaussée. Elle permet de couvrir une surface de 3 m² environ et une gamme de fréquences, en bandes de tiers d'octave, de 250 Hz à 4 kHz (voir l'IEC 61260).

Il existe une méthode ponctuelle (voir l'ISO 13472-2), qui complète la présente méthode. Elle s'appuie sur la transmission du signal d'essai entre la source et le récepteur situé à l'intérieur d'un tube, après réflexion sur le revêtement de chaussée. Elle permet de couvrir une surface de 0,1 m² environ et une gamme de fréquences, en bandes de tiers d'octave, de 315 Hz à 2 kHz.

Il convient que les deux méthodes donnent les mêmes résultats dans la gamme de fréquences de 315 Hz à 2 kHz.

Elles sont toutes deux applicables également aux matériaux acoustiques autres que les revêtements de chaussées.

Les résultats de mesurage de cette méthode sont comparables aux résultats des méthodes du tube d'impédance, appliquées sur des carottes prélevées sur le revêtement (par exemple, ISO 10534-1 et ISO 10534-2).

Les résultats de mesurage de cette méthode ne sont généralement pas comparables aux résultats de la méthode de la salle réverbérante (voir l'ISO 354), car la méthode décrite dans le présent document utilise un champ acoustique directionnel, alors que la méthode de la salle réverbérante suppose un champ acoustique diffus.

Voir l'[Annexe E](#) pour des informations concernant le coefficient d'absorption acoustique sous incidence oblique.

Acoustique — Mesurage in situ des propriétés d'absorption acoustique des revêtements de chaussées —

Partie 1: Méthode de la surface étendue

1 Domaine d'application

Le présent document décrit une méthode d'essai pour le mesurage in situ du coefficient d'absorption acoustique des revêtements de chaussées en fonction de la fréquence, dans la gamme de 250 Hz à 4 kHz. 

Une incidence normale est supposée. Cependant, la méthode d'essai peut être appliquée sous incidence oblique, avec toutefois certaines restrictions (voir l'[Annexe F](#)). La méthode d'essai est destinée aux applications suivantes:

- détermination des propriétés d'absorption acoustique des revêtements de chaussées en cours d'utilisation;
- comparaison des spécifications de conception relatives à l'absorption acoustique des revêtements de chaussées avec les données de performance réelles du revêtement après l'achèvement des travaux de construction.

Il est également possible de déterminer le facteur de réflexion complexe selon cette méthode.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/19e87ac3-c246-47c7-b7e2-d5cebf55ff8a/iso-fdis-13472-1>

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 10534-1, *Acoustique — Détermination du facteur d'absorption acoustique et de l'impédance acoustique à l'aide du tube d'impédance — Partie 1: Méthode du taux d'ondes stationnaires*

ISO 10534-2, *Acoustique — Détermination du facteur d'absorption acoustique et de l'impédance des tubes d'impédance — Partie 2: Méthode de la fonction de transfert*

IEC 61672-1, *Électroacoustique — Sonomètres — Partie 1: Spécifications*

Guide ISO/IEC 98-3, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>.

3.1
angle d'incidence

angle formé par la normale au revêtement soumis à l'essai et la direction de l'onde acoustique se réfléchissant sur le revêtement d'essai

3.2
facteur de réflexion de la puissance acoustique

Q_w
fraction de la puissance acoustique incidente réfléchiée par le matériau du revêtement de chaussée (voir 3.4)

Note 1 à l'article: Une onde acoustique sphérique incidente est supposée sur la surface de l'échantillon.

3.3
coefficient d'absorption acoustique

α
rapport de la puissance acoustique pénétrant la surface de l'objet soumis à l'essai (sans prise en compte de l'onde réfléchiée) à la puissance acoustique incidente:

$$\alpha = 1 - Q_w$$

3.4
facteur de réflexion de pression acoustique

Q_p
rapport complexe de l'amplitude de la pression de l'onde réfléchiée à l'amplitude de la pression de l'onde incidente sur le revêtement de chaussée

Note 1 à l'article: Une onde acoustique sphérique incidente est supposée sur la surface de l'échantillon.

Note 2 à l'article: Cette grandeur est nécessaire pour comprendre la procédure de correction décrite à l'Annexe B et pour la Formule (C.4). Le facteur de réflexion de la puissance acoustique est égal au module quadratique du facteur de réflexion de pression acoustique: $Q_w(f) = |Q_p(f)|^2$

3.5
facteur de divergence géométrique

atténuation de l'amplitude d'une onde de pression acoustique se propageant d'un point à un autre, due à la divergence sphérique

3.6
plan de référence du revêtement de chaussée

plan hypothétique tangentiel à la plupart des éléments du revêtement soumis à l'essai

3.7
surface active

surface comprise dans le plan de réflexion, qui doit rester exempte d'objets réfléchissants à l'origine de réflexions parasites

Note 1 à l'article: Voir l'Annexe A.

3.8
bruit de fond

bruit provenant de sources autres que le signal d'essai

3.9
rapport signal sur bruit

S/N
différence entre le niveau du signal utile nominal et le niveau du bruit de fond au moment de la détection de l'événement utile

Note 1 à l'article: Le rapport signal sur bruit est exprimé en décibels.

3.10

réponse impulsionnelle

signal temporel à la sortie d'un système après application d'une fonction de Dirac à l'entrée

Note 1 à l'article: La fonction de Dirac, appelée également fonction δ , est l'idéalisation mathématique d'un signal infiniment court dans le temps, qui porte une quantité unitaire d'énergie.

3.11

fonction de transfert

transformée de Fourier de la *réponse impulsionnelle* (3.10)

4 Résumé de la méthode

4.1 Principe général

Une source sonore pilotée par un générateur de signaux est positionnée au-dessus du revêtement à soumettre à essai, un microphone étant placé entre la source et le revêtement. La méthode de mesurage est basée sur la détermination de la fonction de transfert entre la sortie du générateur de signaux et la sortie du microphone. Cette fonction de transfert se compose de deux facteurs, l'un associé au trajet direct (entre le générateur de signaux et le microphone, en passant par l'amplificateur et le haut-parleur) et l'autre associé au trajet réfléchi (entre le générateur de signaux et le microphone, en passant par l'amplificateur, le haut-parleur et le revêtement soumis à l'essai) (voir [Figure 1](#)).

La réponse impulsionnelle globale contenant les ondes sonores directe et réfléchi est mesurée dans le domaine temporel. Cette réponse impulsionnelle globale se compose de la réponse impulsionnelle correspondant au trajet direct et, après un certain délai dû à une distance de propagation plus longue, de la réponse impulsionnelle correspondant au trajet réfléchi.

Ces réponses peuvent être séparées au moyen d'un traitement adéquat dans le domaine temporel (par exemple, soustraction du signal et séparation temporelle, voir [4.2](#)). Les fonctions de transfert du trajet direct $H_i(f)$ et du trajet réfléchi $H_r(f)$ sont obtenues après une transformée de Fourier. Le rapport du module quadratique de ces fonctions de transfert donne le facteur de réflexion de la puissance acoustique $Q_W(f)$. Afin de tenir compte de la différence de longueur de trajet entre la composante directe et la composante réfléchi, le rapport susmentionné est également multiplié par un facteur K_r destiné à compenser la divergence géométrique plus grande du trajet réfléchi; voir [Formule \(2\)](#). Le coefficient d'absorption acoustique peut ensuite être calculé à partir du facteur de réflexion de la puissance acoustique $Q_W(f)$ (voir [3.3](#)).

En prenant également en compte le facteur K_r dû à la divergence géométrique, le coefficient d'absorption acoustique est calculé selon la [Formule \(1\)](#):

$$\alpha(f) = 1 - Q_W(f) = 1 - \frac{1}{K_r^2} \left| \frac{H_r(f)}{H_i(f)} \right|^2 \quad (1)$$

$$K_r = \frac{d_s - d_m}{d_s + d_m} \quad (2)$$

où

d_s est la distance entre la source sonore et le plan de référence du revêtement soumis à l'essai;

d_m est la distance entre le microphone et le plan de référence du revêtement soumis à l'essai.

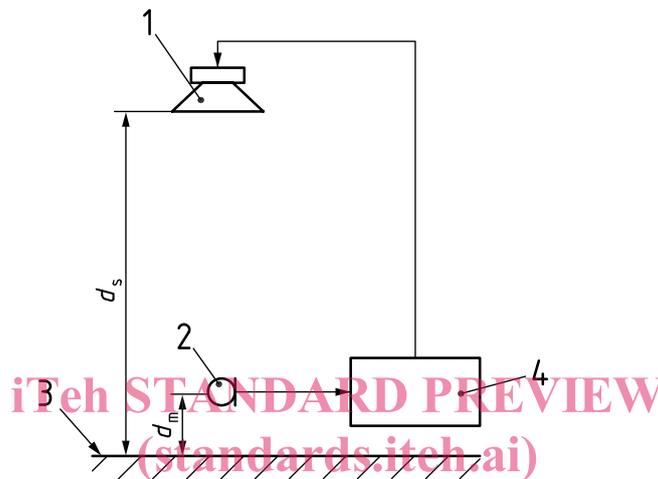
NOTE Le facteur de réflexion complexe, nécessaire aux calculs de la propagation ou à la comparaison des résultats des mesurages avec les calculs théoriques, peut s'obtenir selon la [Formule \(3\)](#) ci-après:

$$Q_p(f) = \frac{1}{K_f} \cdot \frac{H_r(f)}{H_i(f)} \cdot \exp(i2\pi\Delta\tau) \tag{3}$$

où $\Delta\tau$ est la différence temporelle entre l'arrivée des impulsions directes et celle des impulsions réfléchies (voir l'Annexe C).

La source du signal n'est soumise à aucune exigence particulière aussi longtemps qu'elle permet la détermination de la réponse impulsionnelle sur l'intervalle de fréquence désigné (voir également 5.2).

Selon cette méthode, la part de l'énergie réfléchi de façon non spéculaire et non captée par le microphone est considérée comme absorbée. Le coefficient d'absorption acoustique peut donc être légèrement surestimé.



Légende

- 1 source sonore <https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/19e87ac3-c246-47c7-b7e2-d5cebf55ff8a/iso-fdis-13472-1>
- 2 microphone
- 3 revêtement soumis à l'essai
- 4 unité de traitement des signaux
- d_m distance entre le microphone et le plan de référence du revêtement soumis à l'essai
- d_s distance entre la source sonore et le plan de référence du revêtement soumis à l'essai

Figure 1 — Schéma des composants essentiels du système de mesure

4.2 Technique de séparation du signal

Le présent document prescrit la façon dont la source sonore et le microphone doivent être positionnés au-dessus du revêtement soumis à l'essai et dont la réponse impulsionnelle globale doit être mesurée.

La réponse impulsionnelle globale est formée d'une composante directe, d'une composante réfléchi par le revêtement soumis à l'essai et d'autres réflexions parasites [voir Figure 2 a)]. La composante directe et la composante réfléchi par le revêtement soumis à l'essai doivent être séparées.

Cette séparation doit être effectuée à l'aide de la technique de soustraction du signal (voir Figure 2): la composante réfléchi est extraite de la réponse impulsionnelle globale après élimination de la composante directe par soustraction d'un signal identique [voir Figures 2 c) et 2 d)]. Pour ce faire, il est possible d'effectuer un mesurage en champ libre en utilisant la même configuration géométrique pour le

haut-parleur et le microphone. Leur position relative, notamment, doit être maintenue aussi constante que possible. La composante directe est extraite du mesurage en champ libre [voir [Figure 2 b](#)].

NOTE Cette technique permet d'élargir la fenêtre temporelle, donnant lieu à une limite de fréquence plus basse de la gamme de fréquences de travail, sans avoir de très longues distances entre le haut-parleur, le microphone et le revêtement soumis à l'essai. En outre, le microphone peut être placé plus près du revêtement de chaussée de façon à améliorer le rapport S/N et à diminuer l'effet de divergence géométrique.

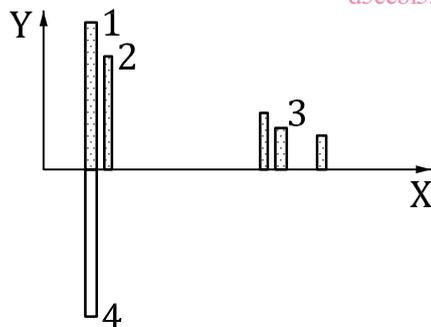
Pour les distances de la source et du microphone au plan de référence du revêtement de chaussée, le présent document requiert les valeurs suivantes: $d_s = 1,25$ m et $d_m = 0,25$ m (voir [Figure 1](#)). Ces distances doivent être maintenues constantes durant le processus de moyennage ($\pm 0,01$ m).

La forme, l'amplitude et la variation temporelle de la réponse impulsionnelle directe doivent être connues avec exactitude. Pour ce faire, effectuer un mesurage en champ libre en utilisant la même configuration géométrique pour le haut-parleur et le microphone; en particulier, la distance qui les sépare doit être maintenue rigoureusement constante. Cette exigence peut être remplie en utilisant un raccordement fixe et stable entre la source et le microphone. Si la réponse impulsionnelle directe présente un petit décalage temporel entre le mesurage en champ libre et le mesurage avec réflexion, celui-ci doit être corrigé (voir l'[Annexe F](#)).

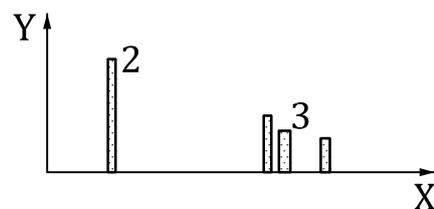


a) Réponse impulsionnelle globale incluant: une composante incidente directe, une composante réfléchie et des composantes parasites indésirables

b) Composante directe en champ libre



c) Suppression de la composante directe de la réponse impulsionnelle globale en utilisant la composante directe en champ libre



d) Résultat

Légende

- X temps, exprimé en millisecondes
- Y amplitude de la réponse impulsionnelle
- 1 composante incidente directe
- 2 composante réfléchie
- 3 composante parasite indésirable
- 4 composante directe en champ libre

Figure 2 — Principe de la technique de soustraction du signal

Pour éviter des différences de température entre le mesurage en champ libre et le mesurage sur le revêtement soumis à l'essai, il est recommandé d'effectuer les deux mesurages en un temps réduit (moins de 10 min).

4.3 Méthode d'essai

Le mesurage doit s'effectuer dans un champ essentiellement libre, c'est-à-dire un champ libre de réflexions provenant d'objets autres que le revêtement soumis à l'essai. Toutefois, l'utilisation d'une fenêtre temporelle élimine les réflexions qui arrivent après un certain délai et, par conséquent, celles qui proviennent de positions situées au-delà d'une certaine distance (voir [Article 7](#)).

Pour réduire au minimum les effets du bruit de fond et des variations météorologiques, un certain nombre de réponses impulsionnelles doit être obtenu et ces réponses doivent être moyennées pour obtenir le rapport S/N minimal spécifié en [7.4](#).

NOTE L'expérience montre qu'il suffit généralement de calculer la moyenne de seize à trente-deux réponses impulsionnelles.

Les valeurs d'absorption acoustique mesurées en basses fréquences sont souvent de très petites valeurs. Il est très difficile d'obtenir des valeurs exactes dans cette gamme. De petites variations dans la détermination des niveaux de pression acoustique, à la fois du signal direct et du signal réfléchi, peuvent induire de grandes inexactitudes dans les valeurs d'absorption acoustique. Un mesurage de référence sur une surface totalement réfléchissante doit être effectué pour éviter ce problème et améliorer l'exactitude de la méthode (voir l'[Annexe B](#)).

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

5 Système d'essai

5.1 Composants du système d'essai

ISO/FDIS 13472-1

L'équipement d'essai doit se composer d'un générateur de signaux électroniques, d'un amplificateur de puissance et d'un haut-parleur, d'un microphone avec amplificateur et d'un analyseur de signaux permettant d'effectuer des intercorrélations et des transformations entre les domaines temporel et fréquentiel.

Un schéma des composants essentiels du système de mesure est présenté à la [Figure 1](#).

Le système de mesure complet doit être conforme au moins aux exigences d'un appareil de classe 2, spécifiées conformément à l'IEC 61672-1. Pour les besoins du présent document, la gamme de fréquences de mesurage est affichée en bandes de tiers d'octave, de 250 Hz à 4 kHz.

5.2 Source sonore

Le haut-parleur:

- doit avoir un seul pilote de haut-parleur;
- ne doit être pourvu d'aucun port, par exemple pour augmenter la réponse en basses fréquences;
- ne doit comporter aucun composant électriquement actif ou passif (tels des filtres «crossover») susceptible d'avoir une incidence sur la réponse en fréquence de l'ensemble du système; et
- doit avoir une courbe de réponse en fréquence lisse, sans irrégularités prononcées sur la totalité de la gamme de fréquences de mesurage, donnant une réponse impulsionnelle en champ libre d'une longueur maximale de 3 ms.

NOTE Le facteur de réflexion de la puissance acoustique étant calculé à partir du rapport des quantités d'énergie extraites de réponses impulsionnelles enregistrées en utilisant le même haut-parleur et le même microphone en un temps réduit, les caractéristiques de la réponse en fréquence du haut-parleur ne sont pas critiques, à condition d'utiliser un haut-parleur de bonne qualité répondant aux exigences ci-dessus.