

NORME ISO
INTERNATIONALE 10534-2

Deuxième édition
2023-10

Acoustique — Détermination des propriétés acoustiques aux tubes d'impédance —

Partie 2:
Méthode à deux microphones pour le coefficient d'absorption sonore normal et l'impédance de surface normale

Acoustics — Determination of acoustic properties in impedance tubes —

Part 2: Two-microphone technique for normal sound absorption coefficient and normal surface impedance

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/61547651-6918-4886-8023-669216d09bb4/iso-10534-2-2023>



Numéro de référence
ISO 10534-2:2023(F)

© ISO 2023

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 10534-2:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6154985f-69f8-488e-bb23-869218d09bb4/iso-10534-2-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6154985f-69f8-488e-bb23-869218d09bb4/iso-10534-2-2023>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2023

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	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	1
4 Principe	5
5 Équipement d'essai	6
5.1 Construction du tube d'impédance	6
5.2 Plage de fréquences de fonctionnement	6
5.3 Longueur du tube d'impédance	7
5.4 Microphones	7
5.5 Positions des microphones	7
5.6 Centre acoustique du microphone	8
5.7 Porte-échantillon	9
5.8 Appareillage d'analyse des signaux	9
5.9 Haut-parleur	10
5.10 Générateur de signaux	10
5.11 Thermomètre, baromètre et humidité relative	10
6 Essais et mesurages préliminaires	10
7 Montage de l'éprouvette	11
8 Mode opératoire d'essai	12
8.1 Spécification du plan de référence	12
8.2 Détermination de la vitesse du son, de la longueur d'onde et de l'impédance caractéristique	12
8.3 Sélection de l'amplitude du signal	13
8.4 Sélection du nombre de moyennes	13
8.5 Correction de la non-concordance des microphones	13
8.5.1 Généralités	13
8.5.2 Mesurages répétés en interchangeant les canaux	14
8.5.3 Facteur d'étalonnage prédéterminé	15
8.6 Détermination de la fonction de transfert entre les deux emplacements	16
8.6.1 Généralités	16
8.6.2 Estimation basée sur les interspectres et les autospectres	16
8.6.3 Déconvolution du domaine fréquentiel	16
8.6.4 Estimation basée sur la réponse impulsionnelle	17
8.7 Détermination du coefficient de réflexion	17
8.8 Détermination du coefficient d'absorption acoustique	17
8.9 Détermination du rapport spécifique d'impédance acoustique	18
8.10 Détermination du rapport spécifique d'admittance acoustique	18
9 Fidélité	18
10 Rapport d'essai	18
Annexe A (normative) Mesurages préliminaires	22
Annexe B (normative) Mode opératoire de la méthode à un microphone	25
Annexe C (informative) Contexte théorique	26
Annexe D (informative) Sources d'erreurs	28
Annexe E (informative) Estimation du coefficient d'absorption acoustique diffus α_{st} des absorbants à réaction localisée d'après les résultats du présent document	31
Annexe F (informative) Estimation des propriétés intrinsèques	32

iTeh Standards
(<https://standards.itih.ai>)
Document Preview

[ISO 10534-2:2023](https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/6154985f-69f8-488e-bb23-869218d09bb4/iso-10534-2-2023)

<https://standards.itih.ai/catalog/standards/sist/6154985f-69f8-488e-bb23-869218d09bb4/iso-10534-2-2023>

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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de brevet.

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 www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 43 *Acoustique*, sous-comité SC 2, *Acoustique des bâtiments*, en collaboration avec le comité technique CEN/TC 126, *Propriétés acoustiques des éléments de construction et des bâtiments*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 10534-2:1998), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- l'ajout, au sein d'une annexe informative, du mode opératoire de mesure visant à estimer les propriétés caractéristiques des matériaux poreux (impédance caractéristique, nombre d'ondes, masse volumique dynamique, module de compressibilité dynamique). Les techniques de traitement des signaux ont été mises à jour depuis la première version du présent document.

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.

Acoustique — Détermination des propriétés acoustiques aux tubes d'impédance —

Partie 2: Méthode à deux microphones pour le coefficient d'absorption sonore normal et l'impédance de surface normale

1 Domaine d'application

La présente méthode d'essai traite de l'utilisation d'un tube d'impédance, de deux emplacements de microphones et d'un système d'analyse de la fréquence pour la détermination du coefficient d'absorption acoustique des matériaux acoustiques absorbants sous incidence acoustique normale. Elle peut aussi être utilisée pour déterminer l'impédance acoustique de surface ou l'admittance de surface des matériaux acoustiques absorbants. Par extension, elle peut également être utilisée pour évaluer les propriétés intrinsèques des matériaux acoustiques homogènes telles que l'impédance caractéristique, le nombre d'ondes caractéristique, la masse volumique dynamique et le module de compressibilité dynamique.

La méthode d'essai est identique à la méthode d'essai de l'ISO 10534-1^[1] en ce sens qu'elle utilise un tube d'impédance avec une source sonore connectée à une extrémité et l'échantillon pour essai monté dans le tube au niveau de l'autre extrémité. Cependant, la méthode de mesure est différente. Dans cette méthode d'essai, des ondes planes sont générées dans un tube par une source sonore, et la décomposition du champ d'interférence s'effectue par le mesurage des pressions acoustiques en deux emplacements fixes à l'aide de microphones montés sur des parois ou d'un microphone transversal au tube, puis par le calcul de la fonction complexe de transfert acoustique et des quantités rapportées dans le paragraphe précédent. La méthode d'essai est destinée à fournir une méthode de mesure alternative et plus rapide que celle décrite dans l'ISO 10534-1^[1].

Les coefficients d'absorption à incidence normale provenant des mesurages du tube d'impédance ne sont pas comparables aux coefficients d'absorption à incidence aléatoire mesurés en salle réverbérante conformément à l'ISO 354^[2]. La méthode de la salle réverbérante déterminera (dans des conditions idéales) le coefficient d'absorption acoustique sous incidence acoustique diffuse. Toutefois, la méthode de la salle réverbérante exige des éprouvettes relativement grandes. La méthode du tube d'impédance est limitée aux études sous incidence normale et plane et exige des échantillons de l'objet en essai, d'une taille équivalente à la section du tube d'impédance. Pour les matériaux à réaction localisée uniquement, les coefficients d'absorption acoustique en champ diffus peuvent être estimés à partir des résultats de mesure obtenus par la méthode du tube d'impédance (voir [Annexe E](#)).

Dans l'ensemble du présent document, la convention temporelle $e^{+j\omega t}$ est utilisée.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes, définitions et symboles

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 coefficient d'absorption acoustique sous incidence normale

α_n
rapport de la puissance acoustique dissipée à l'intérieur de l'objet en essai à la puissance acoustique incidente, pour une onde plane sous incidence normale

Note 1 à l'article: «Onde plane» désigne ici une onde dont la valeur est à tout instant constante dans tout plan perpendiculaire à sa direction de propagation. «Incidence normale» indique la direction de l'axe le plus long du tube d'impédance.

3.2 coefficient de réflexion de pression acoustique sous incidence normale

r
rapport complexe de l'amplitude de la pression acoustique de l'onde réfléchie à celle de l'onde incidente dans le plan de référence, pour une onde plane sous incidence normale

3.3 plan de référence

section du tube d'impédance pour laquelle le facteur de réflexion r ou l'impédance Z ou l'admittance G sont déterminés et qui est normalement la surface des objets plats en essai

Note 1 à l'article: Le plan de référence est supposé être à $x = 0$.

3.4 impédance de surface sous incidence normale

Z
rapport de la pression acoustique complexe $p(x = 0)$ à la composante normale de la vitesse complexe $v(x = 0)$ du son pour une fréquence particulière dans le plan de référence définie par $x = 0$.

Note 1 à l'article: Le vecteur de vitesse de la particule a une direction positive orientée vers l'intérieur de l'objet en essai.

Note 2 à l'article: Z est exprimée en newton seconde par mètre cube (Ns/m³).

3.5 admittance de surface sous incidence normale

G
inverse de l'impédance de surface sous incidence normale Z

Note 1 à l'article: G est exprimée en mètre cube par newton par seconde (m³/N/s)

3.6 nombre d'ondes dans l'air

k_0
variable exprimée en radian par mètre, définie par

$$k_0 = \omega / c_0 = 2\pi f / c_0 = 2\pi / \lambda_0$$

où

- ω est la fréquence angulaire,
 f est la fréquence,
 c_0 est la vitesse du son dans l'air,
 λ_0 est la longueur d'onde dans l'air.

Note 1 à l'article: En général, le nombre d'ondes est complexe, donc $k_0 = k'_0 - jk''_0$ où k'_0 est la composante réelle et k''_0 est la composante imaginaire (qui est la constante d'atténuation).

Note 2 à l'article: k'_0 est l'expression en radians par mètre.

3.7 nombre d'ondes caractéristique des matériaux

k_c
variable, exprimée en radian par mètre, définie par

$$k_c = \omega / c = 2\pi f / c = \omega \sqrt{\rho_{\text{eq}} / K_{\text{eq}}}$$

où

- c est la vitesse du son à l'intérieur du matériau;
 ρ_{eq} est la masse volumique dynamique du matériau (définie en 3.9);
 K_{eq} est le module de compressibilité dynamique du matériau (défini en 3.10)

3.8 impédance caractéristique du matériau

Z_c
variable, exprimée en newton seconde par mètre cube, définie par

$$Z_c = \sqrt{\rho_{\text{eq}} K_{\text{eq}}}$$

3.9 masse volumique dynamique du matériau

ρ_{eq}
variable qui décrit la dissipation visco-inertielle à l'intérieur du matériau soumis à l'essai

Note 1 à l'article: La masse volumique dynamique peut être différente de la valeur statique (volume moyen).

Note 2 à l'article: Elle est exprimée en kg/m³.

3.10 module de compressibilité dynamique du matériau

K_{eq}
variable qui décrit la dissipation thermique à l'intérieur du matériau soumis à l'essai

Note 1 à l'article: Le module de compressibilité dynamique peut être différent de la valeur statique (volume moyen).

Note 2 à l'article: Il est exprimé en N/m² (ou de manière équivalente en pascal).

3.11 pression acoustique complexe

p
spectre en fréquence du signal en temps de la pression acoustique

3.12 interspectre

S_{12}
produit $p_2 p_1^*$, déterminé à partir des pressions acoustiques complexes p_1 et p_2 aux deux positions de microphone

Note 1 à l'article: * signifie le complexe conjugué.

3.13 interspectre

S_{21}
produit $p_1 p_2^*$, déterminé à partir des pressions acoustiques complexes p_1 et p_2 aux deux positions de microphone

Note 1 à l'article: * signifie le complexe conjugué.

3.14 autospectre

S_{11}
produit $p_1 p_1^*$, déterminé à partir de la pression acoustique complexe p_1 à la position de microphone un

Note 1 à l'article: * signifie le complexe conjugué.

Note 2 à l'article: S_{22} désigne l'autospectre pour la pression p_2 à la position de microphone deux.

3.15 fonction de transfert

H_{12}
fonction de transfert de la position de microphone un à deux, définie par le rapport complexe $p_2 / p_1 = S_{12} / S_{11}$ ou S_{22} / S_{21} , ou $[(S_{12} / S_{11})(S_{22} / S_{21})]^{1/2}$

3.16 facteur d'étalonnage

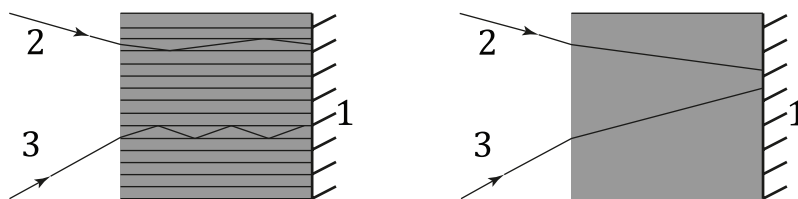
H_c
facteur utilisé pour corriger les non-concordances d'amplitude et de phase entre les microphones

Note 1 à l'article: Voir [8.5.3](#).

3.17 matériau à réaction locale

matériau pour lequel les champs de pression et de vitesse à un point donné de la surface sont indépendants du comportement à d'autres points de la surface

Note 1 à l'article: Ce comportement à réaction locale permet de déduire les propriétés spécifiques d'un matériau: l'impédance de surface est indépendante de l'angle d'incidence d'une onde plane frappant le matériau. Les structures en nid d'abeille homogènes et les plaques perforées sont des exemples possibles de matériaux à réaction localisée (voir [Figure 1 a](#)). Pour un matériau à réaction localisée, le coefficient d'absorption dépend de l'angle d'incidence, tout comme son coefficient de réflexion.



a) Échantillon de matériau à réaction localisée b) Échantillon de matériau à réaction non localisée

Légende

- 1 support rigide et imperméable
- 2 onde plane frappant l'échantillon
- 3 onde plane frappant l'échantillon selon un angle différent

Figure 1 — Propagation d'ondes planes à l'intérieur d'un échantillon de matériau à réaction localisée et comparaison avec un échantillon de matériau à réaction non localisée

3.18**matériau à réaction non localisée ou étendue**

matériau pour lequel la réaction ne se produit pas uniquement de manière normale par rapport à la surface

Note 1 à l'article: La réaction en chaque point du matériau dépend par conséquent de la réaction des points avoisinants. Les mousses constituées de nombreux pores et les matériaux fibreux dont les fibres ne sont pas parallèles les unes aux autres (voir [Figure 1 b](#)) sont des exemples de matériaux à réaction étendue.

4 Principe

L'échantillon pour essai est monté sur l'une des extrémités d'un tube d'impédance droit, rigide, lisse et étanche à l'air. Les ondes planes sont générées dans le tube par une source sonore émettant un signal comme un bruit aléatoire, une séquence pseudo-aléatoire, ou un signal déterministe tel qu'un signal chirp, et les pressions acoustiques sont mesurées en deux emplacements proches de l'échantillon. La fonction de transfert acoustique complexe des deux signaux microphoniques est déterminée et utilisée pour calculer le coefficient de réflexion complexe sous incidence normale (voir [Annexe C](#)), le coefficient d'absorption sous incidence normale ainsi que l'impédance de surface sous incidence normale du matériau d'essai. À partir de deux mesurages distincts, les propriétés intrinsèques du matériau (nombre d'ondes caractéristique, impédance caractéristique, masse volumique dynamique et module de compressibilité dynamique) peuvent être évaluées à condition que ce matériau soit homogène.

Les grandeurs sont déterminées comme des fonctions de la fréquence (ou bandes de fréquence telles que décrites dans l'ISO 266^[3]) avec une résolution de fréquence déterminée à partir de la fréquence d'échantillonnage et de la longueur enregistrée de la fréquence numérique du système d'analyse utilisé pour le mesurage. La plage de fréquences utilisable dépend des dimensions latérales ou du diamètre du tube et de l'espacement entre les positions de microphone. Une plage de fréquences plus grande peut être obtenue à partir de la combinaison des mesurages avec différentes dimensions latérales (diamètres) et différents espacements.

Les mesurages peuvent être effectués selon l'une des deux méthodes suivantes:

- a) méthode à deux microphones (utilise deux microphones à des emplacements fixes);
- a) méthode à un microphone (utilise un microphone à deux emplacements successifs).

Méthode 1: exige un mode opératoire de correction avant ou pendant l'essai afin de réduire les caractéristiques de différence d'amplitude et de phase entre les microphones. Cependant, elle combine rapidité, exactitude élevée et facilité de mise en application. La méthode 1 est recommandée pour des essais généraux.

Méthode 2: revêt des exigences particulières de génération et de traitement de signaux, et peut nécessiter plus de temps. Cependant, elle élimine les non-concordances de phase entre les microphones et permet de choisir les emplacements optimaux de microphones pour chaque fréquence. La méthode 2 est recommandée pour les mesurages avec une fidélité plus importante, et ses exigences sont décrites en détail à l'[Annexe B](#).

5 Équipement d'essai

5.1 Construction du tube d'impédance

L'appareil est essentiellement constitué d'un tube avec un porte-échantillon à une extrémité et une source sonore à l'autre extrémité. Les ports de microphone sont habituellement situés en deux ou trois emplacements le long de la paroi du tube (selon l'espacement choisi pour le microphone).

Le tube d'impédance doit être droit, de section uniforme (diamètre ou dimension transversale à $\pm 0,2$ % près) et avec des parois rigides, lisses et non poreuses, sans trous ni fissures (à l'exception des endroits dédiés à un microphone) dans la section d'essai. Les parois doivent être suffisamment lourdes et massives, pour ne pas être mises en vibration par les signaux acoustiques et ne pas présenter de résonances vibratoires dans la plage de fréquences de fonctionnement du tube. Dans le cas de parois métalliques, une épaisseur d'environ 5 % de la valeur du diamètre est recommandée pour les tubes circulaires. Pour les tubes de section rectangulaire, les coins doivent être suffisamment rigides pour éviter la déformation des plaques de paroi latérales. Il est recommandé que l'épaisseur de paroi latérale représente environ 10 % de la dimension transversale des tubes. Les parois des tubes en béton doivent être obstruées au moyen d'une garniture de finition lisse et adhésive afin d'assurer l'étanchéité à l'air. Cette disposition est identique pour des parois de tube en bois. Il convient de renforcer ces parois et de les recouvrir d'un revêtement extérieur en feuilles d'acier ou de plomb.

La forme de la section du tube est en principe arbitraire. Les sections circulaires ou rectangulaires (dans ce cas, de préférence carrées) sont recommandées.

Lorsque les tubes de section rectangulaire sont constitués de plaques, il faut veiller à ce que les angles ne présentent aucune fuite d'air (par exemple, en les colmatant au moyen d'adhésifs ou de garniture de finition). Il convient que les tubes soient isolés contre le bruit extérieur ou les vibrations extérieures.

5.2 Plage de fréquences de fonctionnement

La plage de fréquences de fonctionnement est donnée par la [Formule \(1\)](#):

$$f_l < f < f_u \quad \text{ISO 10534-2:2023} \quad (1)$$

où

f_l est la fréquence de fonctionnement inférieure du tube;

f est la fréquence de fonctionnement;

f_u est la fréquence de fonctionnement supérieure du tube.

f_l est limitée par l'incertitude de l'appareillage d'analyse des signaux et l'espacement entre les positions des deux microphones.

f_u est choisie pour éviter la propagation d'un mode par onde non plane. La condition pour f_u est donnée par la [Formule \(2\)](#):

$$d < 0,58 \lambda_u : f_u \cdot d < 0,58 c_0 \quad (2)$$

pour des tubes circulaires de diamètre intérieur d exprimé en mètres et f_u exprimée en hertz. La même condition, donnée par la [Formule \(3\)](#) est utilisée:

$$d < 0,50 \lambda_u : f_u \cdot d < 0,50 c_0 \quad (3)$$

pour des tubes rectangulaires et de longueur latérale maximale d en mètres; c_0 est la vitesse du son en mètres par seconde donnée par la [Formule \(4\)](#).