

NF EN 12354-5

SEPTEMBRE 2013

www.afnor.org

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients AFNOR.
Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit,
même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of AFNOR customers.
All network exploitation, reproduction and re-dissemination,
even partial, whatever the form (hardcopy or other media), is strictly prohibited.



**DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans accord formel.

Contacteur :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

Acoustique du bâtiment — Calcul des performances acoustiques des bâtiments à partir des performances des éléments — Partie 5 : Niveaux sonores dus aux équipements de bâtiment

E : Building acoustics — Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements — Part 5: Sounds levels due to the service equipment
D : Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus Bauteileigenschaften — Teil 5: Installationsgeräusche

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Correspondance

La norme européenne EN 12354-5:2009 avec son corrigendum EN 12354-5/AC:2010 a le statut d'une norme française.

Résumé

Le présent document décrit des modèles de calcul pour estimer le niveau de pression acoustique dans les bâtiments dû aux équipements techniques. Il couvre les installations sanitaires, la ventilation mécanique, le chauffage et le refroidissement, les équipements techniques, les ascenseurs, les vide-ordures, les chaudières, les appareils soufflants, les pompes et autres équipements techniques auxiliaires et les portes de garage motorisées. Il peut aussi s'appliquer à d'autres équipements fixés aux bâtiments ou installés dans ceux-ci. L'estimation est principalement fondée sur des données mesurées qui caractérisent les sources et les structures des bâtiments. Les modèles présentés sont applicables à un calcul par bandes de fréquences.

Il décrit les principes des modèles de calcul, énumère les grandeurs significatives et définit les applications et les limites de ces modèles. Il a pour but de fournir une base générale à une approche pratique pour l'estimation des niveaux acoustiques dus aux équipements techniques (transmission du bruit aérien à travers les bâtiments, transmission du bruit solide). Il est destiné aux experts en acoustique et fournit un cadre de développement de documents applicatifs et d'outils destinés à d'autres utilisateurs dans le domaine du bâtiment, tenant compte de conditions locales.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : acoustique, bruit acoustique, diminution du bruit, isolation acoustique, bâtiment, calcul, pression sonore, niveau, installation sanitaire, VMC, climatisation, chauffage, ascenseur.

Modifications

Corrections

Par rapport au 1^{er} tirage, amélioration de la visibilité des formules dans les annexes D, E, F et G.

La norme

La norme est destinée à servir de base dans les relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux.

La norme par nature est d'application volontaire. Référencée dans un contrat, elle s'impose aux parties. Une réglementation peut rendre d'application obligatoire tout ou partie d'une norme.

La norme est un document élaboré par consensus au sein d'un organisme de normalisation par sollicitation des représentants de toutes les parties intéressées. Son adoption est précédée d'une enquête publique.

La norme fait l'objet d'un examen régulier pour évaluer sa pertinence dans le temps.

Toute norme est réputée en vigueur à partir de la date présente sur la première page.

Pour comprendre les normes

L'attention du lecteur est attirée sur les points suivants :

Seules les formes verbales **doit et doivent** sont utilisées pour exprimer une ou des exigences qui doivent être respectées pour se conformer au présent document. Ces exigences peuvent se trouver dans le corps de la norme ou en annexe qualifiée de «normative». Pour les méthodes d'essai, l'utilisation de l'infinitif correspond à une exigence.

Les expressions telles que, **il convient et il est recommandé** sont utilisées pour exprimer une possibilité préférée mais non exigée pour se conformer au présent document. Les formes verbales **peut et peuvent** sont utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires, ou une autorisation.

En outre, le présent document peut fournir des renseignements supplémentaires destinés à faciliter la compréhension ou l'utilisation de certains éléments ou à en clarifier l'application, sans énoncer d'exigence à respecter. Ces éléments sont présentés sous forme de **notes ou d'annexes informatives**.

Commission de normalisation

Une commission de normalisation réunit, dans un domaine d'activité donné, les expertises nécessaires à l'élaboration des normes françaises et des positions françaises sur les projets de norme européenne ou internationale. Elle peut également préparer des normes expérimentales et des fascicules de documentation.

Si vous souhaitez commenter ce texte, faire des propositions d'évolution ou participer à sa révision, adressez-vous à <norminfo@afnor.org>.

La composition de la commission de normalisation qui a élaboré le présent document est donnée ci-après. Lorsqu'un expert représente un organisme différent de son organisme d'appartenance, cette information apparaît sous la forme : organisme d'appartenance (organisme représenté).

Acoustique dans les bâtiments

AFNOR S30F

Composition de la commission de normalisation

Président : M REHFELD

Secrétariat : MME CAILLAT-MAGNABOSCO — AFNOR

M	ASSELINEAU	PEUTZ ET ASSOCIES
M	BARTHO	CERIB
M	BERGER	SAINT GOBAIN ISOVER — CRIR (FILMM)
M	CASOLI	TARKETT FRANCE (SFEC)
M	CHÉNÉ	CSTB
M	CIUKAJ	CTMNC (FFTB)
M	CLERC	KNAUF SAS (SNIP)
M	DAUTIN	SOCOTEC FRANCE
MME	DE CHAURAND	ROCKWOOL FRANCE SAS (FILMM)
M	DEMANET	SINIAT (SNIP)
M	DUTILLEUX	CETE DE L EST — LABO REGIONAL (DGALN — DG AMENAGEMENT LOGEMENT NATURE)
M	FOY	CETE DE L EST — LABO REGIONAL (DGALN — DG AMENAGEMENT LOGEMENT NATURE)
M	GAMBA	GAMBA ACOUSTIQUE ET ASSOCIES
M	GUERING	SAINT GOBAIN RECHERCHE
MME	GUIGOU-CARTER	CSTB
M	LECOCQ	CIAL — CABINET INGENIERIE ACOUSTIQUE LECOCQ (GIAC — GPT INGENIERIE ACOUSTIQUE)
M	LOPPIN	SNFA
M	LOUWERS	IMPEDANCE SAS (GIAC — GPT INGENIERIE ACOUSTIQUE)
MME	MAILLET	GINGER CEBTP
M	OZOUF	PLACOPLATRE
M	PINÇON	BNTEC
M	REHFELD	MARC REHFELD (COMPAGNIE DE SAINT-GOBAIN)
MME	SCHMICH	CSTB
MME	SOULIER	DGALN — DG AMENAGEMENT LOGEMENT NATURE
MME	VILLENAVE	FCBA
M	VILLOT	CSTB
M	WAGNER	BNIB

**NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD**

EN 12354-5

Avril 2009

ICS : 91.120.20

Version française

**Acoustique du bâtiment —
Calcul des performances acoustiques des bâtiments
à partir des performances des éléments —
Partie 5 : Niveaux sonores dus aux équipements de bâtiment**

**Bauakustik —
Berechnung der akustischen Eigenschaften
von Gebäuden aus Bauteileigenschaften —
Teil 5: Installationsgeräusche**

**Building acoustics —
Estimation of acoustic performance
of building from the performance of elements —
Part 5: Sounds levels due to the service equipment**

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 5 mars 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, Ancienne République yougoslave de Macédoine, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, 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, Suisse et Turquie.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

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

Sommaire

Page

Introduction	6
1 Domaine d'application	7
2 Références normatives	7
3 Grandeurs significatives	9
3.1 Grandeurs permettant d'exprimer la performance d'un bâtiment	9
3.2 Grandeurs permettant d'exprimer la performance d'un produit	10
4 Modèles de calcul	11
4.1 Principes généraux	11
4.2 Transmission de bruits aériens par les conduits	12
4.2.1 Généralités	12
4.2.2 Sources	14
4.2.3 Transmission	16
4.3 Transmission des bruits aériens par la structure d'un bâtiment	18
4.3.1 Généralités	18
4.3.2 Sources	20
4.3.3 Transmission dans le local d'émission	20
4.3.4 Transmission par un bâtiment	21
4.4 Transmission solidienne par la structure des bâtiments	21
4.4.1 Généralités	21
4.4.2 Sources	23
4.4.3 Transmission par les fixations	23
4.4.4 Transmission par le bâtiment	24
5 Application des modèles	25
5.1 Application aux systèmes de ventilation	25
5.1.1 Généralités	25
5.1.2 Lignes directrices d'application	26
5.2 Application aux installations de chauffage	28
5.2.1 Généralités	28
5.2.2 Lignes directrices	28
5.3 Application aux installations de levage	29
5.3.1 Généralités	29
5.3.2 Lignes directrices	29
5.4 Application aux installations d'alimentation en eau	30
5.4.1 Généralités	30
5.4.2 Lignes directrices	34
5.5 Application aux installations d'évacuation des eaux usées	37
5.5.1 Généralités	37
5.5.2 Lignes directrices pour l'application	37
5.6 Application à divers équipements techniques	38
5.6.1 Généralités	38
5.6.2 Lignes directrices	38
6 Précision	38
Annexe A (normative) Liste des symboles	40
Annexe B (informative) Sources de bruits aériens dans les systèmes de conduits	43
B.1 Niveau de puissance acoustique des ventilateurs	43
B.2 Niveau de puissance acoustique des bruits d'écoulement	43

Annexe C (informative) Sources de bruits aériens	44
C.1 Sources sonores	44
C.1.1 Équipements techniques, tels que les baignoires à brassage	44
C.1.2 Systèmes d'évacuation des eaux usées	44
C.1.3 Systèmes de chauffage.....	44
C.2 Transmission acoustique dans un local d'émission	44
Annexe D (informative) Sources de bruits solidiens	46
D.1 Mesure du niveau de puissance vibratoire caractéristique	46
D.1.1 Généralités	46
D.1.2 Équipements techniques à mobilité de source élevée	47
D.1.3 Équipements techniques à mobilité de source connue	51
D.1.4 Équipements techniques à faible mobilité de source	52
D.2 Montage avec des supports élastiques	53
D.3 Estimation des données sur la puissance de la source, les supports élastiques et les mobilités de source	54
Annexe E (informative) Transmission acoustique par des éléments de conduit et de tuyauterie	55
E.1 Introduction.....	55
E.2 Paroi de conduit	55
E.3 Le long d'un conduit droit sans revêtement intérieur	56
E.4 Le long d'un conduit droit avec revêtement intérieur / silencieux.....	56
E.5 Changements de section	57
E.6 Dérivations	57
E.7 Bouches d'air et ouvertures	57
E.8 Rayonnement par les ouvertures	58
Annexe F (informative) Transmission acoustique dans les bâtiments	60
F.1 Transmission par les jonctions	60
F.2 Terme correctif	61
F.3 Mobilité des éléments de construction supports	62
F.3.1 Éléments essentiellement homogènes	62
F.3.2 Éléments avec poutres	62
F.3.3 Excitation à proximité des bords et des coins	63
F.4 Mesurage de la transmission totale	63
F.4.1 Transmission des bruits aériens	63
F.4.2 Transmission des bruits solidiens	64
Annexe G (informative) Niveaux acoustiques aux basses fréquences	66
Annexe H (informative) Lignes directrices pour la conception des locaux techniques	68
H.1 Généralités	68
H.2 Choix de l'équipement	68
H.3 Emplacement du local technique et de l'unité de traitement d'air	68
H.4 Isolement aux bruits aériens du local technique	69
H.5 Isolement aux bruits solidiens et aux vibrations	69
H.5.1 Structure lourde.....	69
H.5.2 Structure légère	69
H.6 Conduits et système de conduits	70
Annexe I (informative) Exemples de calcul	71
I.1 Exemple d'un système de ventilation	71
I.2 Exemple d'une baignoire à brassage	73
I.3 Exemple pour un système sanitaire	76
Bibliographie.....	79

Avant-propos

Le présent document (EN 12354-5:2009) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 126 « Propriétés acoustiques des produits de construction et des bâtiments », dont le secrétariat est tenu par AFNOR.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en octobre 2009, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en octobre 2009.

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 est la première version d'une norme faisant partie d'une série de normes prescrivant des modèles de calcul en acoustique du bâtiment :

- *Partie 1 : Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 1 : Isolement acoustique aux bruits aériens entre des locaux.*
- *Partie 2 : Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 2 : Isolement acoustique au bruit de choc entre des locaux.*
- *Partie 3 : Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 3 : Isolation aux bruits aériens venus de l'extérieur.*
- *Partie 4 : Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 4 : Transmission du bruit intérieur à l'extérieur.*
- *Partie 5 : Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 5 : Niveaux sonores dus aux équipements de bâtiment.*
- *Partie 6 : Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 6 : Absorption du bruit dans des espaces fermés.*

Bien que la présente partie couvre les principaux types d'installations et équipements techniques des bâtiments, elle n'est pas en mesure de couvrir tous les types et toutes les situations. Elle fournit une approche permettant d'acquérir de l'expérience pour les améliorations et les développements futurs.

La précision de la présente norme ne peut être spécifiée en détail qu'après de très larges comparaisons avec des données *in situ* qui ne peuvent être recueillies qu'après une période suivant l'établissement du modèle de prévision. En attendant, afin d'aider l'utilisateur, des indications ont été données sur la précision en se basant sur des comparaisons antérieures avec des modèles de prévision comparables. Il incombe à l'utilisateur (c'est-à-dire une personne, un organisme, les pouvoirs publics) de traiter le problème des conséquences de la précision, inhérentes à toutes les méthodes de mesurage et de prévision, en spécifiant les exigences relatives aux données d'entrée et/ou en appliquant une marge de sécurité sur les résultats ou en appliquant une autre correction.

EN 12354-5:2009 (F)

L'Annexe A fait partie intégrante de la présente partie de l'EN 12354. Les Annexes B, C, D, E, F, G et H sont données à titre d'information uniquement.

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, Ancienne République Yougoslave de Macédoine, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, 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, Suisse et Turquie.

Introduction

L'estimation des niveaux de bruit dus aux équipements techniques des bâtiments est une tâche complexe et les sources de bruits solidiens et la transmission de ces derniers ne sont pas complètement comprises. De plus, des différences marquées existent entre les équipements et installations, et une installation crée souvent à la fois des bruits aériens et des bruits solidiens. Le présent document est un document cadre dans lequel ce sujet peut être traité. La principale partie (Article 4) décrit des modèles généraux de transmission acoustique et des sources correspondantes pour les conduits de ventilation, de transmission du bruit aérien à travers les bâtiments et de transmission du bruit solidien. Pour la transmission des bruits aériens et solidiens, les Parties 1 et 2 de l'EN 12354 sont utilisées chaque fois que cela est possible.

L'Article 5 traite de l'application de ces modèles aux différents types d'équipements techniques des bâtiments, en précisant ce qui est déjà connu et ce qui ne l'est pas. Les annexes informatives donnent des informations supplémentaires sur les différents aspects, liés aux sources et à leur production acoustique ainsi qu'à des aspects spécifiques de la transmission acoustique par les bâtiments. Dans la mesure du possible, il est fait référence à des manuels disponibles, à des publications ou à des travaux de normalisation en cours. Au fil du temps, certaines annexes ou leurs parties, notamment celles qui se rapportent à la production acoustique par des sources, peuvent être supprimées lorsque les normes appropriées deviennent disponibles.

Pour la transmission acoustique par les conduits, des méthodes normalisées sont disponibles pour déterminer le niveau de puissance acoustique ou la perte en transmission des éléments. Divers manuels sont largement utilisés pour ces estimations.

Pour la transmission des bruits aériens par les bâtiments, des informations sont disponibles sur les sources et la transmission mais certains aspects particulièrement pertinents pour les équipements techniques sont moins bien connus, comme l'effet des champs proches, les espaces non diffus ainsi que l'excitation et la transmission aux basses fréquences. Pour ces aspects, des indications sont données sur la manière de les traiter et aussi sur des directions de recherches approfondies et de futures améliorations des modèles.

Pour la transmission des bruits solidiens, il existe des problèmes et des solutions similaires à ceux utilisés dans le cas du bruit aérien. Cependant, les méthodes appropriées de caractérisation des sources d'excitation solidienne commencent juste à être disponibles, en grande partie en raison du travail de normalisation entamée au CEN (TC 126/WG 7). Aussi, le présent document a pris le parti d'utiliser une grandeur générale dans les modèles, appelée « le niveau de puissance vibratoire caractéristique » des sources, bien qu'il n'existe pas actuellement de méthode de mesurage disponible. Ceci permet de donner aux modèles d'estimation une forme générale susceptible d'être développée et affinée dans le futur. Pour certains types d'équipements, une annexe informative donne des informations sur la façon de déduire ou d'estimer cette grandeur à partir de méthodes de mesurage actuellement disponibles, telles que celles qui ont déjà été développées au CEN.

Le présent document a pour but de fournir une base générale à une approche pratique pour l'estimation des niveaux acoustiques dus aux équipements techniques. Il clarifie aussi la nécessité de travaux sur la caractérisation des sources avec une indication des domaines dans lesquels un travail de recherche plus approfondi est indispensable.

1 Domaine d'application

Le présent document décrit des modèles de calcul pour estimer le niveau de pression acoustique dans les bâtiments dû aux équipements techniques. Comme le document de mesurage sur site (EN ISO 16032), il couvre les installations sanitaires, la ventilation mécanique, le chauffage et le refroidissement, les équipements techniques, les ascenseurs, les vide-ordures, les chaudières, les appareils soufflants, les pompes et autres équipements techniques auxiliaires et les portes de garage motorisées. Il peut aussi s'appliquer à d'autres équipements fixés aux bâtiments ou installés dans ceux-ci. L'estimation est principalement basée sur des données mesurées qui caractérisent les sources et les structures des bâtiments. Les modèles présentés sont applicables à un calcul par bandes de fréquences.

Le présent document décrit les principes des modèles de calcul, énumère les grandeurs significatives et définit les applications et les limites de ces modèles. Il est destiné aux experts en acoustique et fournit un cadre de développement de documents applicatifs et d'outils destinés à d'autres utilisateurs dans le domaine du bâtiment, tenant compte de conditions locales.

Les modèles de calcul décrits utilisent l'approche la plus générale pour les besoins d'ingénierie avec un lien avec des grandeurs mesurables spécifiant les performances des éléments et équipements du bâtiment. Les limitations connues de ces modèles de calcul sont décrites dans la présente norme. Il convient de savoir, toutefois, qu'il existe également d'autres modèles de calcul, chacun ayant sa propre applicabilité et ses propres restrictions.

Ces modèles s'appuient sur l'expérience en prédiction pour des bâtiments d'habitation et des bureaux ; ils peuvent aussi être utilisés pour d'autres types de bâtiments, dans la mesure où les dimensions constructives sont similaires à celles des habitations.

2 Références normatives

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

EN 12354-1:2000, *Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 1 : Isolement acoustique aux bruits aériens entre des locaux*

EN 12354-2, *Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 2 : Isolement acoustique au bruit de choc entre des locaux*

EN 13141-1, *Ventilation des bâtiments — Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements — Partie 1 : Dispositifs de transfert d'air montés en extérieur et intérieur*

EN 13141-2, *Ventilation des bâtiments — Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements — Partie 2 : Bouches d'évacuation et d'alimentation d'air*

EN ISO 3740, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Guide pour l'utilisation des normes de base (ISO 3740:2000)*

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

EN ISO 3743 (toutes parties), *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit — Méthodes d'expertise en champ réverbéré applicables aux petites sources transportables (ISO 3743-1:1995 et ISO 3743-2:1996)*

EN 12354-5:2009 (F)

EN ISO 3744, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode d'expertise dans des conditions approchant celles du champ libre sur plan réfléchissant (ISO 3744:1994)*

EN ISO 3745, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthodes de laboratoire pour salles anéchoïques et semi-anéchoïques (ISO 3745:2003)*

EN ISO 3746, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode de contrôle utilisant une surface de mesure enveloppante au-dessus d'un plan réfléchissant (ISO 3746:1995)*

EN ISO 3747, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique émis par les sources de bruit à partir de la pression acoustique — Méthode de comparaison pour une utilisation in situ (ISO 3747:2000)*

EN ISO 3822-1, *Acoustique — Mesurage en laboratoire du bruit émis par les robinetteries et les équipements hydrauliques utilisés dans les installations de distribution d'eau — Partie 1 : Méthode de mesurage (ISO 3822-1:1999)*

EN ISO 3822-2, *Acoustique — Mesurage en laboratoire du bruit émis par les robinetteries et les équipements hydrauliques utilisés dans les installations de distribution d'eau — Partie 2 : Conditions de montage et de fonctionnement des robinets de puisage et des robinetteries sanitaires (ISO 3822-2:1995)*

EN ISO 3822-3, *Acoustique — Mesurage en laboratoire du bruit émis par les robinetteries et les équipements hydrauliques utilisés dans les installations de distribution d'eau — Partie 3 : Conditions de montage et de fonctionnement des robinetteries et des équipements hydrauliques en ligne*

EN ISO 3822-4, *Acoustique — Mesurage en laboratoire du bruit émis par les robinetteries et les équipements hydrauliques utilisés dans les installations de distribution d'eau — Partie 4 : Conditions de montage et de fonctionnement des équipements spéciaux*

EN ISO 7235, *Acoustique — Modes opératoires de mesure en laboratoire pour silencieux en conduit et unités terminales — Perte par insertion, bruit d'écoulement et perte de pression totale (ISO 7235:2003)*

EN ISO 10846-1, *Acoustique et vibrations — Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques — Partie 1 : Principes et lignes directrices (ISO 10846-1:2008)*

EN ISO 10846-2, *Acoustique et vibrations — Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques — Partie 2 : Méthode directe pour la détermination de la raideur dynamique en translation des supports élastiques (ISO 10846-2:2008)*

EN ISO 10846-3, *Acoustique et vibrations — Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques — Partie 3 : Méthode indirecte pour la détermination de la raideur dynamique en translation des supports élastiques (ISO 10846-3:2002)*

EN ISO 10846-4, *Acoustique et vibrations — Mesurage en laboratoire des propriétés de transfert vibro-acoustique des éléments élastiques — Partie 4 : Raideur dynamique en translation des éléments autres que les supports élastiques (ISO 10846-4:2003)*

EN ISO 11691, *Acoustique — Détermination de la perte d'insertion de silencieux en conduit sans écoulement — Méthode de mesurage en laboratoire (ISO 11691:1995)*

3 Grandeurs significatives

3.1 Grandeurs permettant d'exprimer la performance d'un bâtiment

La protection contre le bruit des équipements et des machines selon l'EN ISO 16032 peut être exprimée en niveaux de pression acoustique de diverses manières. Ces grandeurs sont déterminées par bandes d'octave en termes de niveau maximal avec pondération temporelle « S » ou « F » ou de niveau équivalent ; dans tous les cas, le niveau peut être normalisé par rapport à une surface d'absorption équivalente de référence ou standardisé par rapport à une durée de réverbération de référence. La performance d'un bâtiment est normalement exprimée en niveau de pression acoustique pondérée A ou pondérée C qu'il faut calculer à partir des niveaux par bandes d'octave.

NOTE Les niveaux en bandes d'octave sont aussi utilisés pour déterminer les indices NC, NR ou RC, décrits dans de nombreux manuels. Ceci est notamment le cas pour les bâtiments tels que les bureaux, les bâtiments commerciaux, les écoles et les salles de spectacle.

3.1.1 Niveau maximal de pression acoustique pondérée A $L_{A \max}$, le niveau maximal de pression acoustique pondérée A dans un local, dû au bruit produit par les équipements ou les machines dans un bâtiment.

NOTE Ce niveau de pression acoustique s'obtient à partir du niveau maximal de pression acoustique en bandes d'octave de 63 Hz à 8 kHz par une pondération temporelle « S » ($L_{AS \max}$) ou une pondération temporelle « F » ($L_{AF \max}$). Les niveaux de pression acoustique en bandes d'octave peuvent aussi être normalisés ($L_{AS \max, n}$, $L_{AF \max, n}$) ou standardisés ($L_{AS \max, nT}$, $L_{AF \max, nT}$).

3.1.2 Niveau équivalent de pression acoustique pondérée A L_{Aeq} , le niveau équivalent de pression acoustique pondérée A dans un local, dû au bruit produit par les équipements ou les machines dans un bâtiment.

NOTE Ce niveau de pression acoustique s'obtient à partir du niveau équivalent de pression acoustique en bandes d'octave de 63 Hz à 8 kHz. Les niveaux de pression acoustique en bandes d'octave peuvent aussi être normalisés ($L_{Aeq, n}$) ou standardisés ($L_{Aeq, nT}$).

3.1.3 Niveau maximal de pression acoustique pondérée C $L_{C \max}$, le niveau maximal de pression acoustique pondérée C dans un local, dû au bruit produit par les équipements ou les machines dans un bâtiment.

NOTE Ce niveau de pression acoustique s'obtient à partir du niveau maximal de pression acoustique en bandes d'octave de 31,5 Hz à 8 kHz par une pondération temporelle « S » ($L_{CS \max}$) ou une pondération temporelle « F » ($L_{CF \max}$). Les niveaux de pression acoustique en bandes d'octave peuvent aussi être normalisés ($L_{CS \max, n}$, $L_{CF \max, n}$) ou standardisés ($L_{CS \max, nT}$, $L_{CF \max, nT}$).

3.1.4 Niveau équivalent de pression acoustique pondérée C L_{Ceq} , le niveau équivalent de pression acoustique pondérée C dans un local, dû au bruit produit par les équipements ou les machines dans un bâtiment.

NOTE Ce niveau de pression acoustique s'obtient à partir du niveau équivalent de pression acoustique en bandes d'octave de 31,5 Hz à 8 kHz. Les niveaux de pression acoustique en bandes d'octave peuvent aussi être normalisés ($L_{Ceq, n}$) ou standardisés ($L_{Ceq, nT}$).

EN 12354-5:2009 (F)

3.1.5 Relations entre les grandeurs

Les grandeurs pondérées A et pondérées C s'obtiennent à partir des niveaux de pression acoustique en bandes d'octave.

Ces niveaux de pression acoustique (L) dépendent de la pondération temporelle appliquée, à savoir « S », « F » ou de l'intégration sur un cycle (équivalent). Les niveaux avec ces diverses pondérations temporelles dépendent du type de bruit et ne peuvent pas en général être déduits l'un de l'autre. Par conséquent, le niveau estimé en bandes d'octave devra être rapporté à la même pondération temporelle que la grandeur spécifiée.

Dans tous les cas, il existe une relation directe entre le niveau de pression acoustique (L), le niveau de pression acoustique normalisé (L_n) et le niveau de pression acoustique standardisé (L_{nT}) en bandes d'octave. Ces relations sont données par :

$$L = L_n + 10 \lg \frac{A_{\text{réf}}}{A} \text{ dB} \quad (1a)$$

$$L_{nT} = L_n + 10 \lg \frac{A_{\text{réf}} T_{\text{réf}}}{0,16 V} \text{ dB} \quad (1b)$$

où

A est l'aire d'absorption équivalente du local, en mètres carrés ;

$A_{\text{réf}}$ est l'aire d'absorption équivalente de référence ($A_{\text{réf}} = 10 \text{ m}^2$), en mètres carrés ;

$T_{\text{réf}}$ est la durée de réverbération de référence ($T_{\text{réf}} = 0,5 \text{ s}$), en secondes ;

V est le volume du local, exprimé en mètres cubes.

Dans le présent document, le niveau de pression acoustique normalisé L_n en bandes d'octave, avec moyennage et pondération temporelle appropriés, a été choisi comme la grandeur de prédiction. Les autres grandeurs peuvent en être déduites directement.

3.2 Grandeurs permettant d'exprimer la performance d'un produit

Les grandeurs permettant d'exprimer la performance de produits sont liées d'une part aux sources de bruits et d'autre part à la transmission des bruits. En général, cela concerne les bruits tant aériens que solidiens.

Les sources sonores pertinentes diffèrent pour les divers équipements et installations considérés. Par conséquent, les grandeurs pertinentes permettant d'exprimer la performance des sources seront traitées dans les articles appropriés. Toutefois, les grandeurs pour les sources doivent dans tous les cas se rapporter à la même pondération temporelle que la grandeur estimée pour la performance du bâtiment.

Les éléments pertinents dans la transmission acoustique sont en partie ceux provenant d'autres documents de la présente série, tels que l'EN 12354-1 et l'EN 12354-2 qui spécifient les grandeurs correspondantes, et en partie spécifiques aux équipements techniques considérés. Par conséquent, les grandeurs pertinentes seront aussi indiquées dans les articles appropriés.

4 Modèles de calcul

4.1 Principes généraux

En général, la combinaison de la transmission des bruits aériens et de celle des bruits solidiens donne un niveau de bruit dans un local dû aux équipements techniques. La transmission dominante dépend du type d'équipements et d'installation et aussi du type de construction du bâtiment. De surcroît, les équipements techniques et les installations sont souvent constitués de plusieurs sources sonores et de plusieurs points de connexion entre l'installation et la structure du bâtiment. Cela rend toute méthode générale de prévision plutôt compliquée.

NOTE Un problème supplémentaire est qu'il n'existe que peu de méthodes de mesurage bien établies pour quantifier la puissance des équipements. Notamment dans le domaine des bruits solidiens, ces méthodes, et les grandeurs, ont fait défaut, bien que le CEN/TC 126/WG 7 ait maintenant lancé un travail sur ce sujet. Des indications sont données dans les Annexes B, C et D.

On suppose qu'une installation complète peut être divisée en plusieurs sources de bruits aériens et/ou solidiens qui peuvent être considérées indépendamment les unes des autres. Une telle source peut être un objet physique, une source partielle ou une combinaison de diverses sources partielles ou de points de connexion, en fonction du type d'équipements ou d'installations considérés. L'approche du modèle consiste à considérer une seule de ces sources à la fois et à appliquer un modèle unidimensionnel, en choisissant le modèle le plus pertinent pour le type de source. Le niveau de pression acoustique résultant dans un local découle de l'addition des contributions de chacune des sources considérées.

En général, on considère trois situations de transmission différentes :

- la transmission des bruits aériens par des conduits ;
- la transmission des bruits aériens par la structure du bâtiment ;
- la transmission des bruits solidiens par la structure du bâtiment.

Une approche générale est décrite pour chacune de ces situations dans le paragraphe suivant. Pour plusieurs types d'équipements techniques et d'installations, l'Article 5 spécifie les applications les plus appropriées de ces modèles généraux.

Le niveau normalisé de pression acoustique résultant dans un local en bandes d'octave, L_n , est obtenu par addition du bruit transmis par toutes les sources et chemins de transmission pertinents pour l'installation ou les équipements techniques considérés :

$$L_n = 10 \lg \left[\sum_{i=1}^m 10^{L_{n,d,i}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,a,j}/10} + \sum_{k=1}^{\sigma} 10^{L_{n,s,k}/10} \right] \quad (2)$$

où

- L_n est le niveau normalisé de pression acoustique total dans un local dû aux sources sonores i , j et k , en décibels ;
- $L_{n,d,i}$ est le niveau normalisé de pression acoustique dû à la transmission acoustique par un conduit pour la source i , en décibels ;
- $L_{n,a,j}$ est le niveau normalisé de pression acoustique dû à la transmission des bruits aériens par la structure du bâtiment pour la source j , en décibels ;
- $L_{n,s,k}$ est le niveau normalisé de pression acoustique dû à la transmission des bruits solidiens par la structure du bâtiment pour la source k , en décibels ;

EN 12354-5:2009 (F)

- m est le nombre de sources associées à la transmission par les conduits ;
- n est le nombre de sources de bruit aérien ;
- o est le nombre de sources de bruit solidien.

Lorsque la performance des bâtiments doit être exprimée en niveau maximal, notamment avec la pondération temporelle « F », les résultats de l'Équation 2 peuvent être considérés comme une estimation de la limite supérieure. Une estimation de la limite inférieure serait alors la valeur maximale de toutes les sources considérées séparément.

Les modèles peuvent être utilisés pour calculer la performance des bâtiments en bandes d'octave, à partir de données acoustiques sur les sources sonores et les éléments de construction par bandes d'octave. Les calculs doivent être effectués pour les bandes d'octave de 63 Hz à 4 000 Hz, à moins qu'un intervalle de fréquence plus limité suffise pour le type d'équipement considéré. L'indice d'évaluation de la performance du bâtiment (pondération A ou C) peut être déduit de ces calculs de manière similaire aux résultats de mesurages conformément à l'EN ISO 16032.

NOTE Les calculs peuvent être élargis à des fréquences supérieures ou inférieures si les données acoustiques sont disponibles sur un plus grand domaine de fréquences. Cependant, notamment aux fréquences inférieures, aucune information sur l'exactitude de ces calculs n'est disponible (voir aussi l'Annexe G).

Les modèles supposent un champ acoustique diffus dans le local de réception. Bien qu'il s'agisse souvent d'une hypothèse suffisamment réaliste, de grands écarts peuvent apparaître aux basses fréquences. Sachant que les bruits provenant de certains équipements seront dominés par des basses fréquences, ces écarts ne peuvent pas être négligés. Une attention particulière sera portée à cet aspect pour l'application des modèles à des équipements techniques et installations spécifiques. L'Annexe G donne des informations générales sur cet aspect.

4.2 Transmission de bruits aériens par les conduits

4.2.1 Généralités

Chaque élément d'un système de conduits peut être aussi bien un élément de transmission qu'une source sonore. Dans les prévisions, chaque source sonore est considérée séparément et les sources et les éléments sont considérés comme indépendants ; les interférences entre éléments, les effets modaux et les résonances sont donc négligés.

La grandeur normale pour exprimer la puissance de la source est le niveau de puissance acoustique L_W , injecté dans le conduit. La transmission acoustique par le conduit est décrite par la réduction du niveau de puissance acoustique ΔL_W dans chaque élément discernable du conduit. La pression acoustique résultante observée dans le local de réception est soit due au bruit rayonné par l'ouverture du conduit (local a), soit due au bruit rayonné par le conduit lui-même (local b). Le niveau de pression acoustique résultant dépend de l'absorption dans ce local et est normalisé par rapport à $A_{\text{réf}} = 10 \text{ m}^2$.

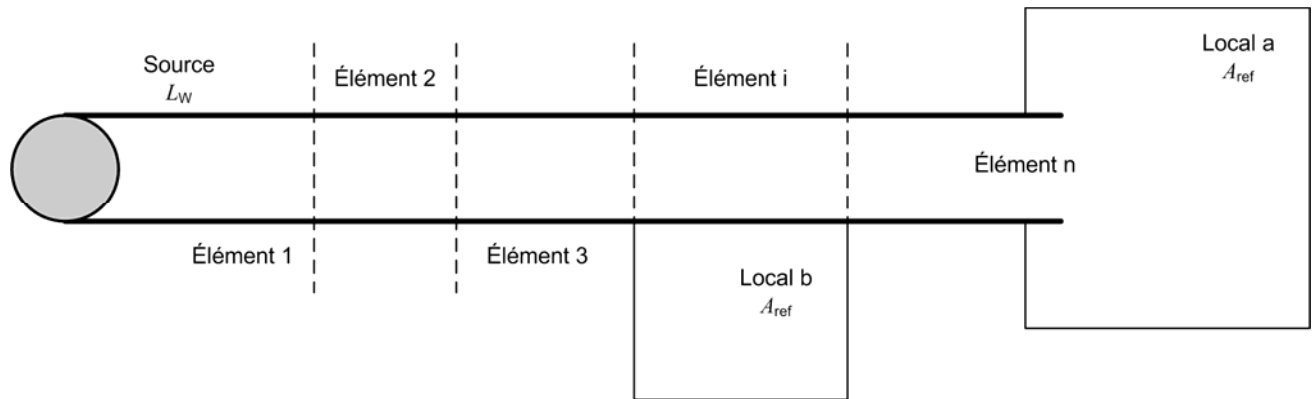


Figure 1 — Système constitué d'un conduit avec une source sonore, d'éléments de transmission et de locaux de réception (a et b)

Le niveau normalisé de pression acoustique résultant dans un local, $L_{n,d}$, dû à une source sonore dans un conduit est déterminé comme suit :

$$L_{n,d} = L_W - \sum_{i=1}^e \Delta L_{W,i} + 10 \lg \frac{4}{A_{ref}} \text{ dB} \quad (3a)$$

où

L_W est le niveau de puissance acoustique de la source, en décibels ;

$\Delta L_{W,i}$ est la réduction du niveau de puissance acoustique par l'élément i , en décibels ;

e est le nombre d'éléments entre la source et le local de réception ;

A_{ref} est la surface d'absorption de référence (= 10 m²), en mètres carrés.

NOTE 1 Cette relation suppose un champ acoustique diffus dans le local. Cependant, ce n'est pas souvent le cas. L'EN 12354-6 donne des indications relatives aux effets des champs non diffus sur les niveaux sonores obtenus. Ces indications peuvent être utilisées pour corriger l'estimation du niveau de pression acoustique dans le local.

NOTE 2 Si l'intérêt porte sur le niveau de pression acoustique en un point spécifique du local et pas sur la moyenne dans le local, ce niveau peut être influencé voire dominé par le champ direct de l'élément rayonnant le bruit dans le local. Pour un emplacement situé à la distance r de cet élément avec un facteur de directivité Q , le dernier terme de l'Équation (3a) peut être remplacé par :

$$10 \lg \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A_{ref}} \right]. \quad (3b)$$

La puissance acoustique rayonnée dans un local est influencée par la position de l'élément rayonnant le bruit dans le local (dernier élément de la chaîne, $i = e$) par rapport à ses parois. Cet effet doit être inclus dans la réduction du niveau de puissance acoustique par ce dernier élément. Pour certains éléments, il est déjà inclus dans la méthode de mesure utilisée, mais dans le cas contraire, il doit être ajouté à la réduction du niveau de puissance acoustique par l'élément rayonnant (voir l'Annexe E).

EN 12354-5:2009 (F)

Si la source considérée est le champ acoustique dans un local, la performance du système de conduits peut aussi être exprimée comme étant l'isolement acoustique normalisé du système de transmission $D_{n,s}$ comme traité dans l'EN 12354-1. Cet isolement est déterminé comme suit :

$$D_{n,s} = \sum_{i=1}^e \Delta L_{W,i} + 10 \lg \frac{A_{ref}}{S_1} \quad (4)$$

où

$D_{n,s}$ est l'isolement acoustique normalisé pour une transmission indirecte par un système s , en décibels ;

S_1 est la surface du premier élément ($i = 1$) du système de transmission dans le local d'émission, c'est-à-dire une ouverture, une section de conduit ou une bouche d'air.

NOTE Pour des systèmes de transfert d'air ou pour une paire de bouches d'extraction d'air avec un système de ventilation simple pour les locaux d'habitation, cette grandeur est également mesurée directement et exprimée comme étant $D_{n,e}$ (voir l'EN 13141-1 et l'EN 13141-2). L'Équation (4) peut alors servir à déduire la réduction du niveau de puissance acoustique de ces éléments ou leur combinaison.

4.2.2 Sources

Les sources peuvent être des éléments du système qui produisent par eux-mêmes du bruit, tels qu'un élément aéraulique ou un brûleur, du bruit créé au niveau d'éléments du système ou par ceux-ci, tel que le bruit d'écoulement provenant de grilles, de coudes et de silencieux, ou du bruit injecté dans le conduit depuis l'extérieur.

Dans tous les cas, la puissance de ces sources de bruits aériens sera donnée par le niveau de puissance acoustique L_W , se propageant dans le conduit dans une seule direction ou directement rayonné dans l'espace environnant. Il convient de rapporter le niveau de puissance acoustique aux conditions opératoires appropriées du système considéré. Le niveau de puissance acoustique des sources est principalement basé sur les résultats de méthodes de mesurage normalisées.

4.2.2.1 Élément aéraulique

Pour un élément aéraulique en conduit, une distinction est normalement faite entre le niveau de puissance acoustique à l'entrée, $L_{W,entrée}$, le niveau de puissance acoustique à la sortie, $L_{W,sortie}$, et le niveau de puissance acoustique de l'unité, $L_{W,unité}$, « entrée » et « sortie » se rapportant au sens de l'écoulement alors qu'« unité » se rapporte au bruit rayonné par l'élément lui-même. Le niveau de puissance acoustique de ces sources est principalement basé sur des mesurages normalisés (voir aussi l'Annexe B).

4.2.2.2 Bruit d'écoulement

Pour les sources telles que le bruit d'écoulement provenant de grilles, de coudes, de régulateurs de débit, de registres coupe-feu, d'amortisseurs multicouches et de silencieux, le niveau de puissance acoustique peut être déterminé directement par des mesurages. Des estimations peuvent aussi être déduites de relations empiriques (voir l'Annexe B).

4.2.2.3 Bruit pénétrant par les ouvertures ou autres éléments

Pour les sources telles que le bruit pénétrant dans un conduit depuis l'extérieur par une ouverture du conduit ou par des éléments d'entrée ou de sortie, le niveau de puissance acoustique peut être déterminé directement à partir des pertes en transmission mesurées pour cette ouverture ou cet élément. Le niveau de puissance acoustique transmis dans le conduit, L_W , est déterminé à partir de la perte en transmission $D_{t,oi}$ de l'élément de l'extérieur vers l'intérieur (voir 4.2.3) comme suit :

$$L_W = L_o - D_{t,oi} + 10 \lg \frac{S_{co}}{4} \text{ dB} \quad (5)$$

où

$D_{t,oi}$ est la perte en transmission de puissance acoustique pour une ouverture de conduit ou un élément pour la transmission de l'extérieur vers l'intérieur, en décibels ;

L_o est le niveau de pression acoustique dans le local d'émission, en décibels ;

S_{co} est la section de l'ouverture du conduit, en mètres carrés.

NOTE La perte en transmission du dispositif d'ouverture peut être basée sur des mesurages directs. Sachant qu'il existe par définition une relation entre la perte en transmission d'une ouverture, de l'extérieur vers l'intérieur du conduit et vice versa de l'intérieur du conduit vers l'extérieur, l'une peut être déduite de l'autre (voir l'Annexe E).

La transmission acoustique étant aussi influencée par la position de l'ouverture ou de l'élément par rapport aux parois du local, cet effet doit être inclus dans la perte en transmission de puissance acoustique de l'élément considéré. Pour certains éléments, il est déjà inclus dans la méthode de mesurage utilisée, mais dans le cas contraire, il doit être ajouté à la perte en transmission de puissance acoustique de l'élément considéré (voir l'Annexe E).

4.2.2.4 Bruit pénétrant par la paroi d'un conduit

Pour les sources telles que le bruit pénétrant dans un conduit depuis l'extérieur (à travers les parois du conduit), le niveau de puissance acoustique peut être déterminé indirectement à partir de la perte en transmission mesurée du conduit. Le niveau de puissance acoustique transmis en amont ou aval du conduit, L_W , est déterminé à partir de l'indice d'affaiblissement acoustique R_{oi} (perte en transmission de l'extérieur vers l'intérieur) du conduit comme suit :

$$L_{W,u} = L_o - R_{oi} + 10 \lg S_d - 6 - 10 \lg \frac{S_{cd,u} + S_{cd,d}}{S_{cd,u}} \text{ dB} \quad (6)$$

$$L_{W,d} = L_o - R_{oi} + 10 \lg S_d - 6 - 10 \lg \frac{S_{cd,u} + S_{cd,d}}{S_{cd,d}} \text{ dB}$$

où

L_o est le niveau de pression acoustique dans le local à l'extérieur du conduit, en décibels ;

R_{oi} est l'indice d'affaiblissement acoustique du conduit pour la transmission de l'extérieur vers l'intérieur, en décibels ;

S_d est l'aire exposée du conduit dans le local, en mètres carrés ;

$S_{cd,d}$ est la section du conduit à l'extrémité aval de la partie exposée du conduit, en mètres carrés ;

$S_{cd,u}$ est la section du conduit à l'extrémité amont de la partie exposée du conduit, en mètres carrés.

EN 12354-5:2009 (F)

NOTE 1 Le champ acoustique à l'extérieur du conduit est supposé diffus, alors qu'à l'intérieur une onde plane est considérée.

NOTE 2 L'indice d'affaiblissement acoustique R_{oi} peut être basé sur des mesurages directs mais il peut aussi être déduit de l'indice d'affaiblissement acoustique R_{io} mesuré et défini pour le sens de transmission opposé, c'est-à-dire de l'intérieur vers l'extérieur (voir l'Annexe E).

Pour un grand nombre de sources, des règles générales peuvent être appliquées dans l'estimation des niveaux de puissance acoustique. L'Annexe B donne des informations à ce sujet.

4.2.3 Transmission

Dans un système de transmission, divers éléments génèrent une réduction du niveau de puissance acoustique pendant la propagation, tels que les conduits droits, les revêtements intérieurs absorbants, les coudes, les étranglements, les jonctions, les silencieux et la transmission par les ouvertures, les grilles ou les parois de conduit. La réduction du niveau est exprimée soit directement comme une réduction du niveau de puissance acoustique ΔL_W par élément ou $\Delta L'_W$ par unité de longueur, soit par une grandeur liée, comme l'indice d'affaiblissement acoustique d'un conduit de l'intérieur vers l'extérieur, R_{io} , la perte par insertion d'un silencieux, D_i , ou la perte en transmission d'un dispositif, D_t .

En application dans le calcul conformément à l'Équation (3a), les relations suivantes peuvent être utilisées dans les limites d'application pour les divers éléments comme indiqué dans les normes de mesurage appropriées.

4.2.3.1 Éléments en tant qu'unité

$$\Delta L_W = \Delta L_{W,\text{unité}} \text{ dB} \quad (7)$$

où

$\Delta L_{W,\text{unité}}$ est la réduction du niveau de puissance acoustique par unité d'élément, en décibels.

4.2.3.2 Éléments avec réduction par unité de longueur

$$\Delta L_W = \Delta L'_W l \text{ dB} \quad (8)$$

où

$\Delta L'_W$ est la réduction du niveau de puissance acoustique par unité de longueur de l'élément, en décibels par mètre ;

l est la longueur réelle de l'élément, mesurée le long de l'axe médian du conduit, en mètres.

4.2.3.3 Éléments dans le conduit avec une perte par insertion donnée

$$\Delta L_W = D_i \text{ dB} \quad (9)$$

où

D_i est la perte par insertion déterminée pour un silencieux conformément à l'EN ISO 7235 ou à l'EN ISO 11691, pour un système de ventilation conformément à l'EN 13141-1 ou pour d'autres éléments d'une manière comparable, en décibels.

NOTE Pour les silencieux, la perte par insertion déterminée de cette manière peut être considérée comme une bonne estimation de la perte en transmission de l'élément.

4.2.3.4 Éléments à l'extrémité du conduit avec une perte par insertion donnée

$$\Delta L_W = D_i + D_{i,io} \text{ dB} \quad (10)$$

où

D_i est la perte par insertion déterminée pour une bouche d'air conformément à l'EN 13141-2, en décibels.

$D_{i,io}$ est la perte en transmission de l'extrémité ouverte de l'objet d'essai conformément à l'ISO 7235 (voir l'Annexe E), en décibels.

4.2.3.5 Éléments avec une perte en transmission donnée

$$\Delta L_W = D_t \text{ dB} \quad (11)$$

où

D_t est la perte en transmission déterminée pour une unité terminale conformément à l'EN ISO 7235 ou d'une manière comparable pour d'autres éléments, en décibels.

NOTE La perte en transmission pour les unités terminales selon la présente norme comprend, comme il se doit, la perte en transmission de l'extrémité ouverte. La perte en transmission de l'extrémité ouverte dépend de la position de l'ouverture par rapport aux surfaces réfléchissantes, c'est-à-dire si l'ouverture est au centre du local, dans un mur ou à proximité d'un coin.

4.2.3.6 Éléments avec un indice d'affaiblissement acoustique donné

$$\Delta L_W = R_{io} + 10 \lg \frac{S_{c,d}}{S_d} + 3 + 10 \lg \frac{\Omega}{4\pi} \text{ dB} \quad (12)$$

où

R_{io} est l'indice d'affaiblissement acoustique du conduit pour la transmission de l'intérieur vers l'extérieur, en décibels ;

Ω est l'angle autour du conduit dans lequel se produit le rayonnement, en radians (centre du local : $\Omega = 4\pi$, près d'une paroi : $\Omega = 2\pi$, près d'un coin : $\Omega = \pi$).

NOTE 1 Cette relation suppose que seule la moitié de la puissance acoustique à l'intérieur du conduit participe à la transmission vers l'extérieur.

EN 12354-5:2009 (F)

NOTE 2 L'indice d'affaiblissement acoustique R_{i_0} peut être basé sur des mesurages directs mais il peut aussi être déduit de l'indice d'affaiblissement acoustique R_{i_0} mesuré et défini pour le sens de transmission opposé, c'est-à-dire de l'extérieur vers l'intérieur (voir l'Annexe E).

4.2.3.7 Élément rayonnant dans un local

Pour un élément qui rayonne de la puissance acoustique dans un local, l'effet de sa position dans le local par rapport aux parois doit être inclus dans la réduction du niveau de puissance acoustique de ce dernier élément. Si tel n'est pas le cas pour les données de mesurage disponibles, cet effet doit être ajouté.

$$\Delta L_W = \Delta L_{W,\text{élément}} - D_\Omega \text{ dB} \quad (13)$$

où

$\Delta L_{W,\text{élément}}$ est la réduction du niveau de puissance acoustique de l'élément rayonnant sans l'influence de la position dans le local, en décibels.

D_Ω est l'indice de directivité d'angle solide, en décibels.

Pour un grand nombre d'éléments, des règles générales peuvent être appliquées dans l'estimation de la perte en transmission. L'Annexe E donne des informations à ce sujet.

4.3 Transmission des bruits aériens par la structure d'un bâtiment

4.3.1 Généralités

La grandeur de base permettant d'exprimer la puissance de la source est le niveau de puissance acoustique L_W . Le niveau de pression acoustique résultant dans le local d'émission dépend principalement de l'absorption dans ce local A_{source} . Cependant, la forme du local influencera aussi l'excitation réelle des structures, la distance entre la source et les structures, ainsi que la directivité de la source. La transmission du local d'émission au local de réception implique normalement la transmission par divers chemins de transmission entre les éléments (i) du local d'émission et les éléments (j) du local de réception. Cette transmission peut être décrite par l'indice d'affaiblissement acoustique latéral pour ce chemin de transmission R_{ij} .

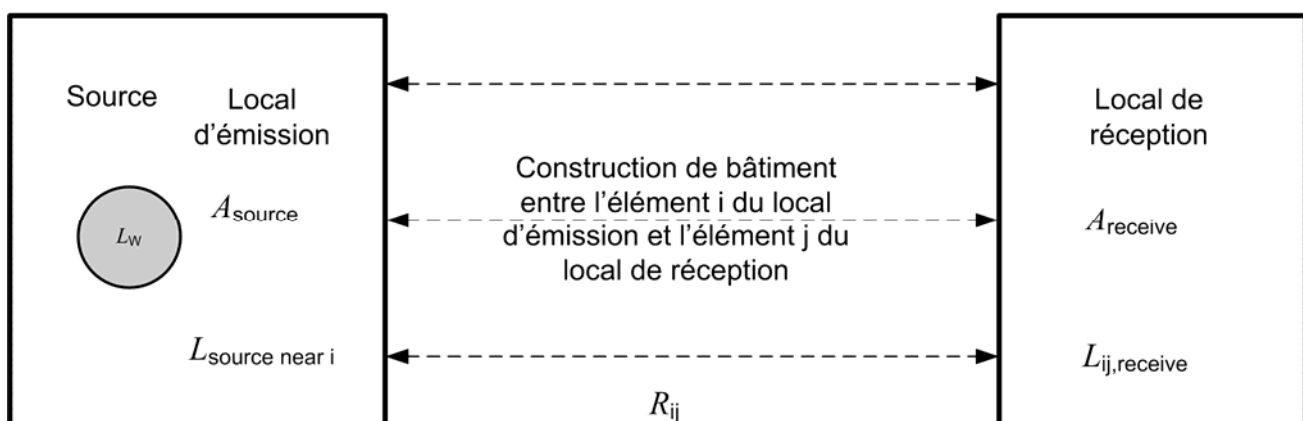


Figure 2 — Transmission des bruits aériens, depuis une source, par un bâtiment via un chemin de transmission ij

Le niveau normalisé de pression acoustique résultant dans un local, $L_{n,a}$, pour une source sonore est déterminé comme suit :

$$L_{n,a} = 10 \lg \sum_{i=1, j=1}^{m,n} 10^{L_{n,a,ij}/10} \text{ dB} \quad (14)$$

où

$L_{n,a,ij}$ est le niveau normalisé de pression acoustique dans le local de réception dû à une source de bruits aériens dans le local d'émission, du fait de la transmission acoustique d'un élément excité i dans le local d'émission vers un élément rayonnant j dans le local de réception, en décibels ;

m est le nombre d'éléments i dans le local d'émission participant à la transmission acoustique ;

n est le nombre d'éléments j dans le local de réception participant à la transmission acoustique.

Le niveau normalisé de pression acoustique dans le local de réception pour chaque chemin de transmission ij , $L_{n,a,ij}$, est déduit du niveau de puissance acoustique de la source (L_W), de la transmission acoustique vers l'élément i dans le local d'émission ($D_{s,i}$) et de la transmission par le bâtiment au local de réception via le chemin considéré ij ($R_{ij,réf}$) (voir Figure 2).

$$L_{n,a,ij} = L_W + D_{s,i} - R_{ij,réf} - 10 \lg \frac{S_i}{S_{réf}} - 10 \lg \frac{A_{rréf}}{4} \text{ dB} \quad (15)$$

où

L_W est le niveau de puissance acoustique de la source, en décibels ;

$D_{s,i}$ est la transmission acoustique à l'élément i dans le local d'émission, en décibels ;

$R_{ij,réf}$ est l'indice d'affaiblissement acoustique latéral pour la transmission de l'élément i dans le local d'émission à l'élément j dans le local de réception, référencé à une surface $S_{réf} = 10 \text{ m}^2$, en décibels ;

S_i est la surface de l'élément excité i dans le local d'émission, en mètres carrés ;

$A_{réf}$ est l'aire d'absorption équivalente de référence, $A_{réf} = 10 \text{ m}^2$, en mètres carrés.

NOTE 1 La définition suppose que les valeurs de référence pour la pression et la puissance soient telles que $\rho_0 c_0 W_{réf} / p_{réf}^2 = 1$. Tel est le cas avec les valeurs de référence ISO et $\rho_0 c_0 = 400 \text{ Ns/m}^3$.

NOTE 2 Le niveau normalisé de pression acoustique dans le local d'émission, à une distance suffisante de la source, est estimé comme étant $L_{n,a} = L_W - 4$.

Il convient d'inclure dans la grandeur $D_{s,i}$ les éléments suivants :

- la forme du local et de la distribution du champ acoustique ;
- les effets de rayonnement spécifiques de la source (directivité) ;
- les effets de champ direct et de champ proche de la source.

EN 12354-5:2009 (F)

De cette façon, le dernier point ne peut être correctement pris en compte que si la transmission est suffisamment décrite par l'indice d'affaiblissement acoustique latéral de champ diffus. Dans les autres cas, la transmission du champ direct et celle du champ proche de la source doit être traitée séparément (voir aussi 4.3.3).

4.3.2 Sources

La puissance de chaque source ou source partielle considérée est exprimée comme étant le niveau de puissance acoustique L_W . Celui-ci est mesuré conformément à l'une des nombreuses méthodes normalisées basées sur les normes de base relatives à la puissance acoustique (EN ISO 3740 à EN ISO 3747). Des informations générales sur plusieurs types de sources sont également disponibles (voir l'Annexe C).

Si les sources réelles sont encoffrées ou partiellement encoffrées, le système peut être considéré comme la source du niveau de puissance acoustique déterminé à partir de l'isolement acoustique D_W de l'encoffrement, et du niveau de puissance acoustique de la source encoffrée : $L_W = L_{W,source} - D_W$. L'isolement acoustique peut être mesuré conformément à l'EN ISO 11546.

La structure peut être excitée aussi bien par le champ direct rayonné par la source que par le champ réverbéré. Souvent, les sources ou parties de sources sont très proches des surfaces du local, rendant importants les effets de champ direct et même de champ proche. Il convient de tenir compte de ces effets dans la transmission acoustique dans le local d'émission (voir 4.3.3).

4.3.3 Transmission dans le local d'émission

La transmission dans le local d'émission est donnée par $D_{s,i}$, défini comme étant le logarithme du rapport entre la puissance acoustique effective incidente sur l'élément considéré i et la puissance acoustique totale de la source.

$$D_{s,i} = 10 \lg \frac{W_{inc,i}}{W} \text{ dB} \quad (16a)$$

Ce terme de transmission inclut les effets du champ acoustique dans le local, le diagramme de directivité de la source et, dans la mesure du possible, les effets de champ direct et de champ proche de la source.

En considérant la directivité d'une source et un champ acoustique diffus dans le local d'émission, $D_{s,i}$ se déduit directement de la distance moyenne à l'élément r_i et de l'absorption dans ce local A_s :

$$D_{s,i} = 10 \lg \left[\frac{Q'}{4\pi r_i^2} + \frac{e^{-A_s/S_t}}{A_s} \right] S_i \text{ dB} \quad (16b)$$

où

Q' est le facteur de directivité effectif de la source, incluant les effets de champ proche ;

r_i est la distance moyenne de la source à l'élément i , en mètres ;

A_s est l'aire d'absorption équivalente dans le local d'émission, en mètres carrés ;

S_t est l'aire totale des parois du local d'émission.

NOTE Le terme $e^{-A/S}$ est une formulation plus générale du terme plus courant $(1 - \bar{\alpha})$ avec $\bar{\alpha}$ le facteur d'absorption moyen du local.

Si la distance de la source à l'élément est grande et si le champ acoustique du local est essentiellement diffus, $D_{s,i}$ peut être approché par :

$$D_{s,i} \approx 10 \lg \frac{S_i}{A_s} \text{ dB} \quad (16c)$$

A_s et $\bar{\alpha}$ peuvent être estimés à partir des données sur les matériaux, en utilisant l'EN 12354-6. Dans des situations plus complexes (forme de local, grand nombre d'objets), il convient d'utiliser des modèles de champ acoustique plus détaillés ; voir aussi l'Annexe D de l'EN 12354-6:2003, qui donne une estimation de $A_s = 0,16 V / T_{\text{estimation}}$ ou une estimation de A_s pour chaque sous-espace dans le local d'émission.

4.3.4 Transmission par un bâtiment

La transmission par un bâtiment est donnée par l'indice d'affaiblissement acoustique latéral $R_{ij,\text{réf}}$ conformément à l'EN 12354-1. Dans l'EN 12354-1, il est supposé que la transmission directe s'applique à un élément de séparation et, de ce fait, la surface de l'élément de séparation est utilisée comme surface de référence. Comme ce cas ne correspond pas souvent à la situation rencontrée, une surface de référence $S_{\text{réf}} = 10 \text{ m}^2$ est toujours utilisée.

L'indice d'affaiblissement acoustique latéral $R_{ij,\text{réf}}$ peut être estimé en utilisant l'EN 12354-1 à partir de données sur les éléments et les jonctions impliqués dans le chemin de transmission. L'Annexe F donne des informations complémentaires pour l'application à ce type de prévision.

Dans le cas des positions de source proches d'un élément de construction, l'indice d'affaiblissement acoustique de cet élément tel qu'appliqué dans l'EN 12354-1 peut ne pas être pertinent ; l'effet des champs acoustiques directs ou des champs proches doit être pris en compte en combinant judicieusement une correction de l'indice d'affaiblissement acoustique de l'élément et l'application d'un facteur de directivité effectif dans le terme de transmission acoustique $D_{s,i}$. Une autre solution est de traiter séparément la transmission du champ direct et du champ proche de la source comme un chemin de transmission à part.

4.4 Transmission solidienne par la structure des bâtiments

4.4.1 Généralités

La puissance vibratoire injectée dans la structure du bâtiment par la source dépend des caractéristiques de la source, du montage et des éléments de construction supports. Comme concept général, cette puissance vibratoire installée $L_{W_s,\text{inst}}$ est déduite de la puissance de la source, donnée par le niveau de puissance vibratoire caractéristique $L_{W_s,c}$, et du terme de couplage D_C pour l'élément porteur i . La puissance vibratoire caractéristique est pratiquement la puissance maximale qu'une source peut injecter, le terme de couplage étant ainsi toujours positif.

La transmission du local d'émission au local de réception implique normalement la transmission par divers chemins entre l'élément de construction support (i) dans le local d'émission et les éléments (j) du local de réception. Cette transmission peut être décrite par l'indice d'affaiblissement acoustique latéral pour ce chemin de transmission R_{ij} en tenant compte des différents mécanismes d'excitation aérienne et solidienne au moyen du terme correctif D_{sa} .

EN 12354-5:2009 (F)

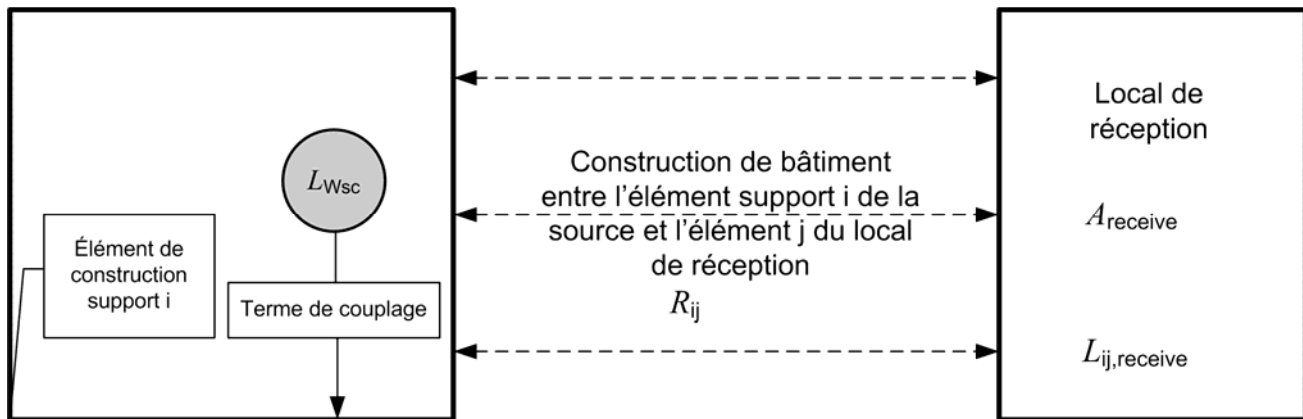


Figure 3 — Transmission solidienne à partir d'une source, par un bâtiment

Le niveau normalisé de pression acoustique résultant dans un local, $L_{n,s}$, pour une source est déterminé comme suit :

$$L_{n,s} = 10 \lg \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,s,ij}/10} \text{ dB} \quad (17)$$

où

$L_{n,s,ij}$ est le niveau normalisé de pression acoustique dans le local de réception dû à une source de bruits solidiens montée sur l'élément de construction support i dans le local d'émission, du fait de la transmission acoustique à partir d'un élément i vers un élément rayonnant j dans le local de réception, en décibels ;

n est le nombre d'éléments j dans le local de réception participant à la transmission acoustique.

Le niveau normalisé de pression acoustique dans le local de réception pour chaque chemin de transmission ij , $L_{n,s,ij}$, est déduit du niveau de puissance vibratoire installée de la source ($L_{Ws,inst}$), du terme correctif D_{sa} pour l'élément de construction support et de la transmission par le bâtiment vers le local de réception via le chemin considéré ij ($R_{ij,réf}$) (voir Figure 3).

$$L_{n,s,ij} = L_{Ws,inst,i} - D_{sa,i} - R_{ij,réf} - 10 \lg \frac{S_i}{S_{réf}} - 10 \lg A_{réf} / 4 \text{ dB} \quad (18a)$$

où

$L_{Ws,inst,i}$ est le niveau de puissance vibratoire installée de la source au droit de l'élément support i , en décibels ;

$D_{sa,i}$ est le terme correctif de conversion de l'excitation solidienne en excitation aérienne pour l'élément de construction support i , en décibels ;

$R_{ij,réf}$ est l'indice d'affaiblissement acoustique latéral pour la transmission de l'élément i dans le local d'émission à l'élément j dans le local de réception, par rapport à la surface $S_{réf} = 10 \text{ m}^2$, en décibels ;

S_i est la surface de l'élément de construction support i dans le local d'émission, en mètres carrés ;

$A_{\text{réf}}$ est l'aire d'absorption équivalente de référence, $A_{\text{réf}} = 10 \text{ m}^2$, en mètres carrés.

NOTE 1 La définition suppose que les valeurs de référence pour la pression et la puissance soient telles que $\rho_0 c_0 W_{\text{réf}} / p_{\text{réf}}^2 = 1$. Tel est le cas avec les valeurs de référence ISO et $\rho_0 c_0 = 400 \text{ N s/m}^3$.

Le niveau de puissance vibratoire installée est déterminé à partir du niveau de puissance vibratoire caractéristique de la source et du terme de couplage comme suit :

$$L_{W_{s,\text{inst},i}} = L_{W_{s,c}} - D_{C,i} \text{ dB} \quad (18b)$$

où

$L_{W_{s,c}}$ est le niveau de puissance vibratoire caractéristique de la source, en décibels ;

$D_{C,i}$ est le terme de couplage de la source montée sur l'élément de construction support i , en décibels.

NOTE 2 Dans des cas relativement simples, cette puissance installée peut aussi être dérivée plus directement de grandeurs mesurées. Lorsque la source est essentiellement une source de force avec un niveau de force L_F elle devient $L_F + 10 \lg \text{Re}\{Y_i\}$, et lorsque la source est essentiellement une source de vitesse avec un niveau de vitesse L_V elle devient $L_V + 10 \lg \text{Re}\{Z_i\} - 60$. Dans d'autres cas simplifiés, on pourrait utiliser d'autres relations (voir l'Annexe D).

4.4.2 Sources

La puissance de chaque source ou source partielle considérée s'exprime généralement comme le niveau de puissance vibratoire caractéristique $L_{W_{s,c}}$. Il convient de le mesurer conformément à des méthodes normalisées qui sont toutefois rares actuellement. Cependant, afin d'appliquer une forme générale aux modèles de calcul, cette grandeur générale a été choisie pour décrire la source, permettant de mettre au point et d'affiner des méthodes de mesurage dans le futur. L'Annexe D donne des informations complémentaires sur cette grandeur, telles que :

- des indications sur les approches de mesurage possibles ;
- les possibilités de déduire cette quantité d'autres quantités reliées, telles que la vitesse libre au point de contact, la force équivalente ou le niveau de pression acoustique de l'équipement ;
- des estimations globales sur la base de résultats de recherches antérieures.

4.4.3 Transmission par les fixations

La puissance injectée dans l'élément de construction support dépend de la puissance vibratoire caractéristique et des caractéristiques de la source, du type de montage et de l'élément de construction support. Elle est caractérisée par le terme de couplage D_C pour l'élément i :

$$D_{C,i} = 10 \lg \frac{W_{s,c}}{W_{\text{inj},i}} \text{ dB} \quad (19a)$$

où

$W_{s,c}$ est la puissance vibratoire caractéristique de la source, en watts ;

$W_{\text{inj},i}$ est la puissance vibratoire injectée par la source dans l'élément support i , en watts.

EN 12354-5:2009 (F)

Si la source est essentiellement une excitation en un point unique perpendiculaire à l'élément de construction support avec une mobilité de source Y_s , on obtient :

$$D_{C,i} = 10 \lg \frac{|Y_s + Y_i|^2}{|Y_s| \operatorname{Re}\{Y_i\}} \text{ dB} \quad (19b)$$

où

Y_i est la mobilité d'entrée de l'élément de construction support au point d'excitation, en mètres par newton-seconde.

NOTE Si cette source est essentiellement une source de force avec une mobilité de source élevée, on obtient :

$$D_{C,i} \approx 10 \lg \frac{|Y_s|}{\operatorname{Re}\{Y_i\}} \text{ dB} \quad (19c)$$

alors que pour une source essentiellement de vitesse avec une faible mobilité de source, on obtient :

$$D_{C,i} \approx -10 \lg |Y_s| \operatorname{Re}\{Z_i\} \text{ dB} \quad (19d)$$

L'effet des supports élastiques (éléments résilients, isolateurs de vibrations) est inclus dans le terme de couplage.

Pour une excitation en un seul point perpendiculaire à l'élément de construction support à travers un plot élastique de mobilité de transfert $Y_{k,m}$, on obtient :

$$D_{C,i} = 10 \lg \frac{|Y_s + Y_i + Y_{k,m}|^2}{|Y_s| \operatorname{Re}\{Y_i\}} \text{ dB} \quad (19e)$$

L'Annexe D donne des informations pour l'estimation du terme de couplage dans plusieurs situations courantes.

4.4.4 Transmission par le bâtiment

La transmission par le bâtiment est donnée par l'indice d'affaiblissement acoustique latéral R_{ij} selon l'EN 12354-1 et le terme correctif D_{sa} . Il est déjà fait référence à l'estimation de l'indice d'affaiblissement acoustique latéral au Paragraphe 4.3.4. Le terme correctif convertit la puissance vibratoire injectée en une puissance acoustique incidente qui génère le même niveau d'énergie dans l'élément de construction support i , en ne considérant que les vibrations libres, et est déterminé comme suit :

$$D_{sa,i} = 10 \lg \frac{W_{inj,i} / E_{i,s}}{W_{inc,i} / E_{i,a}} \text{ dB} \quad (20a)$$

où

$W_{inj,i}$ est la puissance vibratoire injectée par la source dans l'élément de construction support i , en watts ;

$E_{i,s}$ est l'énergie de l'élément i due à l'excitation solidienne, en joules ;

$W_{inc,i}$ est la puissance acoustique incidente sur l'élément i , en watts ;

$E_{i,a}$ est l'énergie de l'élément i due à l'excitation aérienne, en joules.

Les vibrations forcées générées par le bruit aérien doivent donc être négligeables ou alors les résultats doivent être corrigés de leur contribution. Dans le cas d'une excitation perpendiculaire en ondes de flexion seules pour un élément de construction support caractérisé par son facteur de transmission aérienne pour les vibrations libres τ_i et son facteur de rayonnement σ_i , il s'en suit :

$$D_{sa,i} = 10 \lg \frac{2\pi m_i 2,2\tau_i}{\rho_0 c_0 T_{s,i} \sigma_i} \text{ dB} \quad (20b)$$

où

m_i est la masse surfacique de l'élément i , en kilogrammes par mètre carré ;

τ_i est le facteur de transmission aérienne de l'élément i en ne considérant que les vibrations libres ($R_i = -10 \lg \tau_i$) ;

σ_i est le facteur de rayonnement des ondes libres de flexion ;

$T_{s,i}$ est la durée de réverbération structurale de l'élément i , en secondes.

L'Annexe F donne des informations pour l'estimation du terme correctif dans plusieurs situations courantes.

5 Application des modèles

5.1 Application aux systèmes de ventilation

5.1.1 Généralités

Les systèmes de ventilation dans les bâtiments présentent une grande diversité d'équipements et d'éléments, avec des sources sonores et chemins de transmission divers. Les sources primaires de bruit dans les systèmes de ventilation sont souvent situées à l'intérieur d'une unité de traitement d'air placée dans un local technique du bâtiment ou en toiture d'un bâtiment. Une unité de traitement d'air comprend typiquement des ventilateurs, moteurs électriques, lignes de transmission de puissance mécanique, compresseurs de refroidissement, pompes à eau, humidificateurs, unités thermiques de chauffage ou de refroidissement, filtres et registres motorisés.

D'autres sources de bruit peuvent être situées dans les conduits d'air et les bouches d'air, le bruit y étant provoqué par la turbulence de l'air et l'écoulement de l'air au niveau des arêtes vives. Ce bruit d'écoulement augmente typiquement si la vitesse de l'air transporté augmente. Le bruit rayonné par les parois vibrantes du conduit peut également devoir être pris en compte. Du bruit peut aussi être injecté dans un conduit par la paroi, une ouverture, entrée ou sortie, si le conduit est exposé à des niveaux de pression acoustique élevés tels qu'il peut en exister dans une trémie ou un local technique.

Les éléments types du système qui doivent être pris en compte comme éléments d'émission et/ou de transmission sont :

- les conduits ;
- les atténuateurs acoustiques ;
- les jonctions de conduits ;
- les courbures et les coudes ;

EN 12354-5:2009 (F)

- les changements de section ;
- les registres coupe-feu (bruit propre) ;
- les équipements haute pression (bruit propre, bruit transmis rayonné et perte par insertion) ;
- les régulateurs et clapets (bruit propre et bruit transmis rayonné) ;
- les buses et les bouches (alimentation et retour) (perte par réflexion).

La transmission acoustique du système de ventilation vers le bâtiment est principalement aérienne par les conduits (4.2), parfois solidienne provenant du ventilateur et des moteurs (4.4) et parfois aérienne par le bâtiment (4.3). La transmission par le conduit est également pertinente pour la transmission acoustique indirecte entre des locaux, caractérisée par D_{ns} et appliquée conformément à l'EN 12354-1.

D'importantes données d'entrée pour le modèle de transmission conformément à l'EN 12354-1 et à l'EN 12354-2 sont les indices d'affaiblissement acoustique des éléments de construction.

Divers manuels sont déjà utilisés pour calculer les niveaux de pression acoustique dus aux systèmes de ventilation dans des locaux. Bien qu'ils ne soient pas nécessairement en accord complet les uns avec les autres et avec la présente norme, les manuels VDI 2081 [1], ASHREA 2003 [2] et ARI 1998 [3] peuvent servir de référence pour plus de détails.

L'Annexe H donne des lignes directrices sur la conception d'un local technique avec un système de ventilation comme exemple.

5.1.2 Lignes directrices d'application

5.1.2.1 Sources de bruit aérien

Pour l'instant, on admet que le bruit aérien d'un ventilateur, directement rayonné dans l'espace fermé où il se trouve, peut être caractérisé par un niveau de puissance acoustique, $L_{W, \text{unité}}$. Ceci peut servir de point de départ pour les prévisions comme dans le cas d'autres sources de bruits aériens (4.2).

Pour déterminer le niveau de pression acoustique dans un local technique, séparément pour chaque source sonore, les corrections d'absorption du local et de distance aux éléments de construction peuvent être appliquées dans les cas où la distance aux parois du local est grande par rapport à la dimension typique de la source considérée, c'est-à-dire l'unité de traitement d'air, les pompes, le refroidisseur, etc. (Voir 4.3.) Si les parois sont proches de la source, le niveau de pression acoustique dans le local technique peut être approché comme étant numériquement égal au niveau de puissance acoustique $L_{W, \text{unité}}$ donné par le fabricant, sans appliquer de correction d'absorption du local.

Lorsque de gros conduits rectangulaires relient l'unité de traitement d'air au silencieux primaire, il est également nécessaire de prendre en compte le bruit rayonné par le conduit. En première estimation, le niveau de puissance acoustique du bruit rayonné par le conduit peut être considéré égal à la puissance acoustique injectée par l'unité de traitement dans le conduit $L_{W, \text{entrée}}$ et/ou $L_{W, \text{sortie}}$, car l'isolation acoustique de panneaux de conduits rectangulaires de faible masse surfacique est négligeable. Il convient d'éviter toute lame d'air entre l'unité et l'élément support (plancher) car le niveau de pression acoustique peut être considérablement plus élevé dans cette lame d'air que dans le champ diffus du local. Il est possible que de la laine minérale dans la lame d'air ne réduise que légèrement l'exposition sonore de la dalle.

5.1.2.2 Sources de bruit aérien de conduit

Le bruit aérien du ventilateur, directement rayonné dans les conduits, est caractérisé par un niveau de puissance acoustique, $L_{W,entr\acute{e}e}$ et $L_{W,sortie}$, par rapport aux conditions réelles de fonctionnement. Tous les autres éléments du système peuvent être aussi une source sonore, caractérisée également par le niveau de puissance acoustique résultant amont et/ou aval. Le niveau de puissance acoustique d'autres éléments (régulateurs de débit, registres, bouches) dépend de l'écoulement d'air (et de la perte de charge). Les fabricants de ces éléments sont en mesure de fournir ces valeurs.

5.1.2.3 Sources de bruit rayonné

Les niveaux de puissance acoustique du ventilateur et des autres éléments du système peuvent être si élevés que le conduit (et/ou les éléments) peut rayonner une partie importante de cette énergie dans les espaces du bâtiment. Le niveau de pression acoustique dû à cette transmission du bruit peut être évalué à partir des pertes en transmission et des dimensions de la paroi rayonnante du conduit. Des valeurs de rayonnement du bruit pour ces éléments sont fournies par leur fabricant (4.2).

5.1.2.4 Sources de bruit solidien

Il est supposé que la source principale de tout bruit solidien dans des systèmes de ventilation est le ventilateur. Dans certains cas, le moteur, la transmission de puissance et tout compresseur de refroidissement peuvent aussi créer du bruit solidien. La puissance de cette source est donnée par le niveau de puissance vibratoire caractéristique, qui peut être déduit de données mesurées soit d'un niveau de force équivalent, soit d'un niveau de vitesse équivalent, pour les points de contact (fixations) avec la structure du bâtiment. Ces niveaux doivent être documentés pour l'équipement considéré, eu égard aux conditions réelles de fonctionnement.

On peut considérer que les unités de traitement d'air construites avec des ossatures ou supports légers en acier ont une mobilité de source élevée et se comportent donc comme une source de force. L'Annexe D donne les lignes générales d'une méthode simplifiée permettant de déduire cette grandeur du niveau de force mesuré en se basant sur des mesurages de niveaux de vitesse sur une plaque réceptrice.

Pour de plus gros compresseurs de refroidissement ou d'autres dispositifs mécaniques lourds fermement montés à la structure ou montés sur des isolateurs de vibrations, il peut être approprié de considérer la source comme source de vitesse (faible mobilité de source) et utiliser des mesurages de niveaux de vitesse pour estimer le niveau de puissance vibratoire caractéristique.

NOTE 1 Dans ce cas, la puissance injectée *in situ* pourrait aussi être déduite directement du niveau de force ou de vitesse mesuré en utilisant la mobilité de l'élément support comme indiqué dans la NOTE 2 de l'Équation (18).

NOTE 2 Parfois, les isolateurs de vibrations internes fonctionnent de façon moins satisfaisante que prévu. Il est alors préférable de monter l'unité de traitement d'air sur des supports stables, qui peuvent être remplacés par des isolateurs externes (supports résilients) si cela s'avère nécessaire lorsque l'unité est mise en service. Le niveau de vibrations de l'unité peut toutefois croître et il faut en tenir compte. Dans ce cas, le fabricant peut donner des conseils sur des mesures faisables.

EN 12354-5:2009 (F)

5.1.2.5 Sources de bruit transmis (interphonie)

Le bruit peut être transmis d'un local à d'autres locaux (adjacents ou distants). Il peut y avoir des bruits solidiens mais en général ce sont les bruits aériens qui se propagent d'un local d'émission vers un local de réception par un conduit. Lorsque ce pont phonique est considéré, les pertes à l'entrée et dans le système peuvent être évaluées et le niveau acoustique dans le local de réception calculé. Il convient alors de le comparer à l'isolement acoustique entre ces locaux (voir l'EN 12354-1). Du bruit peut aussi entrer dans le conduit et en sortir par les parois du conduit ou par des orifices de sortie.

5.2 Application aux installations de chauffage

5.2.1 Généralités

Les principaux types d'installation de chauffage sont :

- les systèmes à eau chaude avec radiateurs ou convecteurs ;
- les systèmes à air chaud ;
- les systèmes sous chapes (conduits d'eau chaude dans le plancher) ;
- les systèmes en plafond.

Le système à eau chaude est le plus courant. Il convient toutefois de noter que certaines des sources sonores dans les systèmes à eau chaude peuvent apparaître également dans les autres types de système (par exemple, les chaudières, pompes et robinets).

Un système type est constitué d'une alimentation en chaleur, d'un système d'expansion, d'une pompe de circulation, de vannes et de radiateurs. Pour une description plus générale de toutes les pièces, utilisables dans les systèmes à eau, voir l'EN 12828 [4]. L'alimentation en chaleur peut être une chaudière ou, dans le cas du chauffage collectif, un échangeur de chaleur avec des vannes appropriées.

Une chaudière est une source sonore générée par le processus de combustion et/ou le ventilateur nécessaire à l'alimentation en air. La transmission acoustique à partir du local de la chaudière est en partie aérienne par le bâtiment (4.3) et en partie solidienne (4.4). Toutes les autres pièces du système, telles que les tuyaux d'eau, les radiateurs et le système d'expansion créent des bruits transmis par le fluide et/ou des bruits solidiens (4.4). Des sources de bruits aériens supplémentaires peuvent être les bouches d'échappement ou les entrées d'air ; le bruit provenant de ces sources peut pénétrer dans les locaux du bâtiment (ou d'autres bâtiments) par l'extérieur et peut donc être traité conformément à l'EN 12354-4.

Des données d'entrée importantes pour le modèle de transmission, conformément à l'EN 12354-1 et à l'EN 12354-2, sont les indices d'affaiblissement acoustique des éléments de construction et les indices d'affaiblissement vibratoire aux jonctions des éléments de construction.

5.2.2 Lignes directrices

Des indications sur les bruits aériens dus à des combinaisons brûleur/chaudière sont disponibles dans les recherches passées (voir l'Annexe B). On dispose de moins d'informations sur la production des bruits solidiens, qui ne sont pas négligeables pour de plus fortes puissances de chauffage installées.

Le système d'expansion est constitué d'un conduit reliant la chaudière à une citerne installée au plus haut point du système. Pour des raisons de sécurité, les dimensions du conduit sont supérieures à celles des autres conduits du système. Ces conduits sont souvent montés de manière rigide sur le plancher de l'étage supérieur du bâtiment et le rayonnement principal provient habituellement du plancher. Le bruit de chaudières est aussi courant dans les immeubles collectifs. Les dimensions de ces conduits font que les bruits solidiens seront dominants.

Les pompes de circulation ont été une source sonore notoire mais il existe maintenant des pompes très silencieuses. Des niveaux de puissance vibratoire devraient être disponibles pour comparer les produits et les utiliser comme données d'entrée. Le bruit peut être transmis par le fluide et/ou de manière solidienne vers les radiateurs qui rayonnent ensuite du bruit aérien. Dans les bâtiments de moyenne hauteur, l'expérience indique que la principale partie du bruit est transportée par le fluide. Dans les immeubles de grande hauteur (10 étages ou plus), plus d'une pompe de circulation peut être utilisée.

Les échangeurs de chaleur ne sont pas réputés produire énormément de bruit. Toutefois, les systèmes sont régulés par des vannes dont certains types, plus anciens, sont réputés produire beaucoup de bruit (transmission par le fluide et transmission solidienne vers les radiateurs et les éléments de construction).

L'une des sources sonores les plus importantes est la vanne raccordée au radiateur. Le bruit généré dans la vanne est, évidemment, transmis au radiateur qui devient alors la principale source de rayonnement acoustique. Jusqu'ici, il n'a pas été possible de faire une distinction entre bruit transporté par le fluide et bruit solidien, et aucune méthode d'essai utile n'a été mise au point et appliquée (voir [5]).

Le radiateur à eau chaude peut être en soi une source sonore, notamment lorsque la tuyauterie contient de l'air.

5.3 Application aux installations de levage

5.3.1 Généralités

Les installations de levage, en particulier les ascenseurs, sont habituellement suspendues à des câbles ou hydrauliques, constituées d'un mécanisme de levage, d'un contrôleur, d'une cabine d'ascenseur, de contrepoids/poids d'équilibrage, d'un câble de suspension, de rails de guidage et de portes d'ascenseur. La machine de levage peut être placée dans un local technique ou dans la gaine d'ascenseur.

Le mécanisme de levage avec ses équipements auxiliaires et les portes d'ascenseur sont les principales sources de bruits aériens (4.3) et de bruits solidiens (4.4). Les rails de guidage peuvent être aussi une source de bruits solidiens (4.4).

5.3.2 Lignes directrices

La transmission des bruits aériens provenant du mécanisme de levage peut être estimée conformément au Paragraphe 4.2 sur la base du niveau de puissance acoustique de l'équipement. Étant donné qu'un local technique est, en règle générale, petit et qu'une cage d'ascenseur est un espace fermé non cubique, les champs acoustiques s'écarteront d'un champ diffus. Dans ce cas, le niveau de pression acoustique du local d'émission pourrait être considéré numériquement égal au niveau de puissance acoustique des sources. Voir aussi la VDI 2566 [6].

Des supports élastiques (isolateurs de vibrations) pour la machine de levage sont habituellement indispensables pour la réduction adéquate des bruits solidiens (4.4). Il est donc judicieux d'utiliser des structures lourdes comme élément support. Dans des situations de transmission critiques (locaux proches, absence de joints de structure entre le local technique, la cage d'ascenseur et le bâtiment), il peut être avantageux d'améliorer l'effet d'un montage résilient en réalisant une ossature lourde (de béton) au niveau des supports. Pour le dimensionnement des supports élastiques, il faut savoir que la cabine d'ascenseur et les contrepoids/poids d'équilibrage font partie de la charge totale mais pas de la charge dynamique.

Il convient de monter les rails de guidage sur des structures lourdes et de ne les fixer qu'en des positions d'impédance élevée sur la structure du bâtiment. Là encore, des supports élastiques doivent être utilisés dans les situations de transmission critiques. Il convient d'ajuster les rails de guidage de manière à assurer un mouvement en douceur à la cabine d'ascenseur.

Les portes d'ascenseur actionnées tant automatiquement que manuellement peuvent être une source de bruits solidiens. Dans certains cas, les bruits solidiens dus au fonctionnement de la porte sur le palier peuvent être une source de bruits aériens dans les locaux adjacents.

EN 12354-5:2009 (F)

5.4 Application aux installations d'alimentation en eau

5.4.1 Généralités

Le bruit des systèmes d'alimentation en eau comprend tous les bruits générés par les robinets, vannes, pompes, etc. dans le circuit d'eau propre, les bruits générés par l'écoulement dans la tuyauterie elle-même et les bruits générés par le remplissage éventuel des baignoires, éviers et cuvettes avec de l'eau propre. Cela inclut les bruits générés par l'impact de l'eau sur une surface réceptrice (douches par exemple, etc.). Le bruit généré par l'évacuation éventuelle de réservoirs ou d'éviers n'est pas inclus et sera considéré séparément dans les systèmes d'eaux usées. Les systèmes d'évacuation des eaux usées et leurs bruits commencent lorsque l'eau quitte les cuvettes.

Le Tableau 1 répertorie les sources types d'installations d'alimentation en eau et le type correspondant de transmission acoustique dans le domaine d'application défini.

La Figure 4 illustre le cheminement général en transmission pour les sources dans les installations d'alimentation en eau.

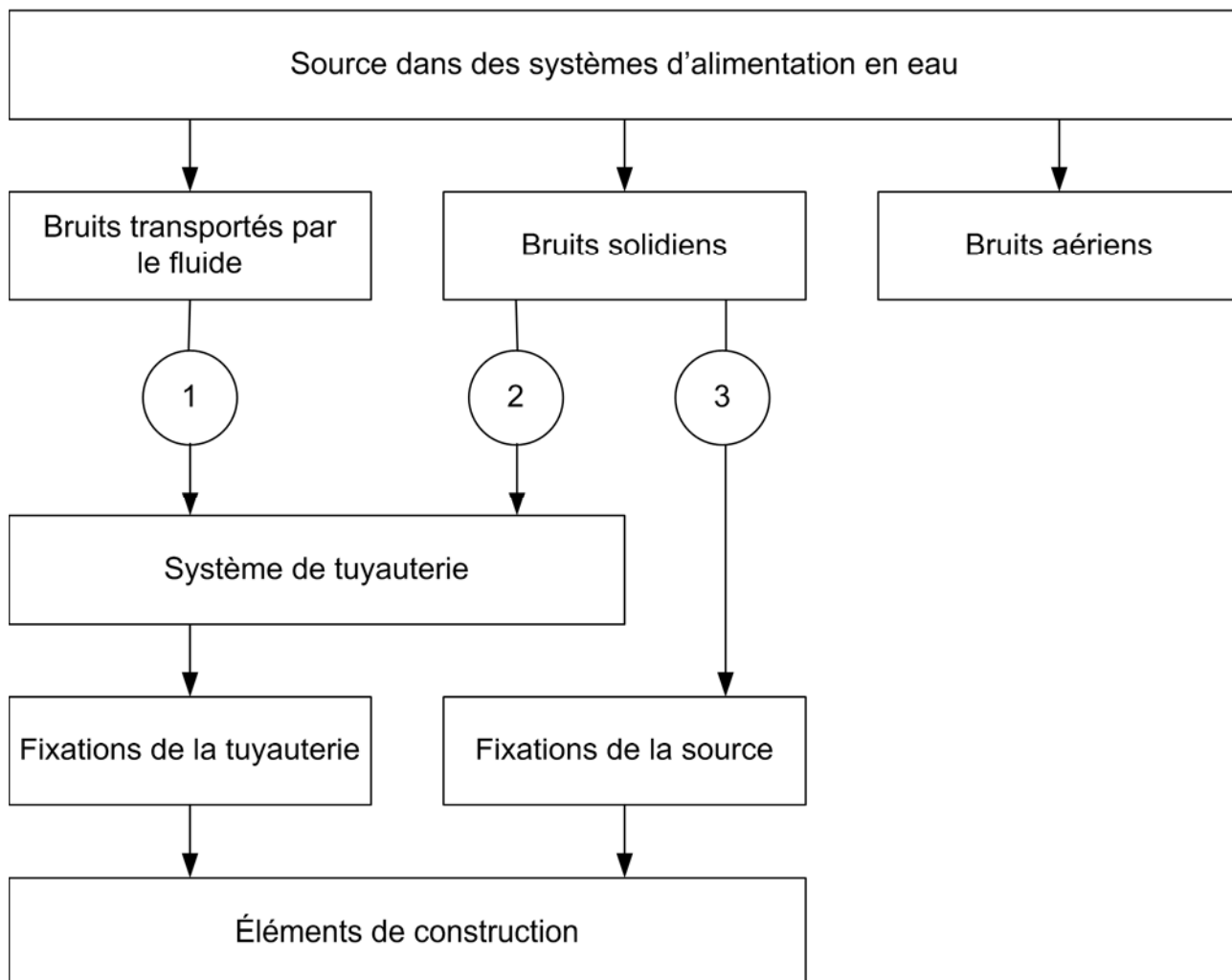


Figure 4 — Schéma général de la transmission sonore dans les systèmes d'alimentation en eau

Tableau 1 — Compilation des sources et du type de transmission dans les systèmes d'alimentation en eau

Élément	Génération de			Transmission au bâtiment par		
	Bruits aériens	Bruits solidiens	Bruits transportés par le fluide	Montage direct	Éléments de montage	Conduits
Vannes et robinets de toutes sortes :						
Robinet de vidange		X	X	X	X	X
Robinet de tuyau		X	X	X	X	X
Robinet de fond de cuve		X	X	X	X	X
Soupapes à tiroir, raccords en ligne :						
• Robinets d'arrêt		X	X	(X)	(X)	X
• Soupapes d'arrêt d'équerre						
• Dispositifs anti retour						
Étrangleurs		X	X	X	X	X
Détendeurs de pression		X	X	(X)	(X)	X
• Éléments régulateurs à la sortie de robinets						
• Régulateurs de jet		X	X			X
• Régulateurs de débit						
• Vannes anti-dépression						
• Dispositifs anti retour						
Conduits		X	X	X	X	X
Citernes	X	X	X	X	X	X
Chauffe-eau (de circulation), chaudières	(X)	X	X	X	X	(X)
Cuvettes :						
Baignoires						
Bacs de douche	X	X		X	X	
Cuvettes des cabinets						
Éviers						
Lavabos						
Pompes de suralimentation	X	X	X	X	X	X
Autres sources						

Selon ce principe général, certaines situations typiques seront cernées par les exemples ci-après montrant les sources partielles et les chemins de transmission qui doivent être pris en considération.

EN 12354-5:2009 (F)

La Figure 5 spécifie la situation générale pour un robinet monté sur cuvette.

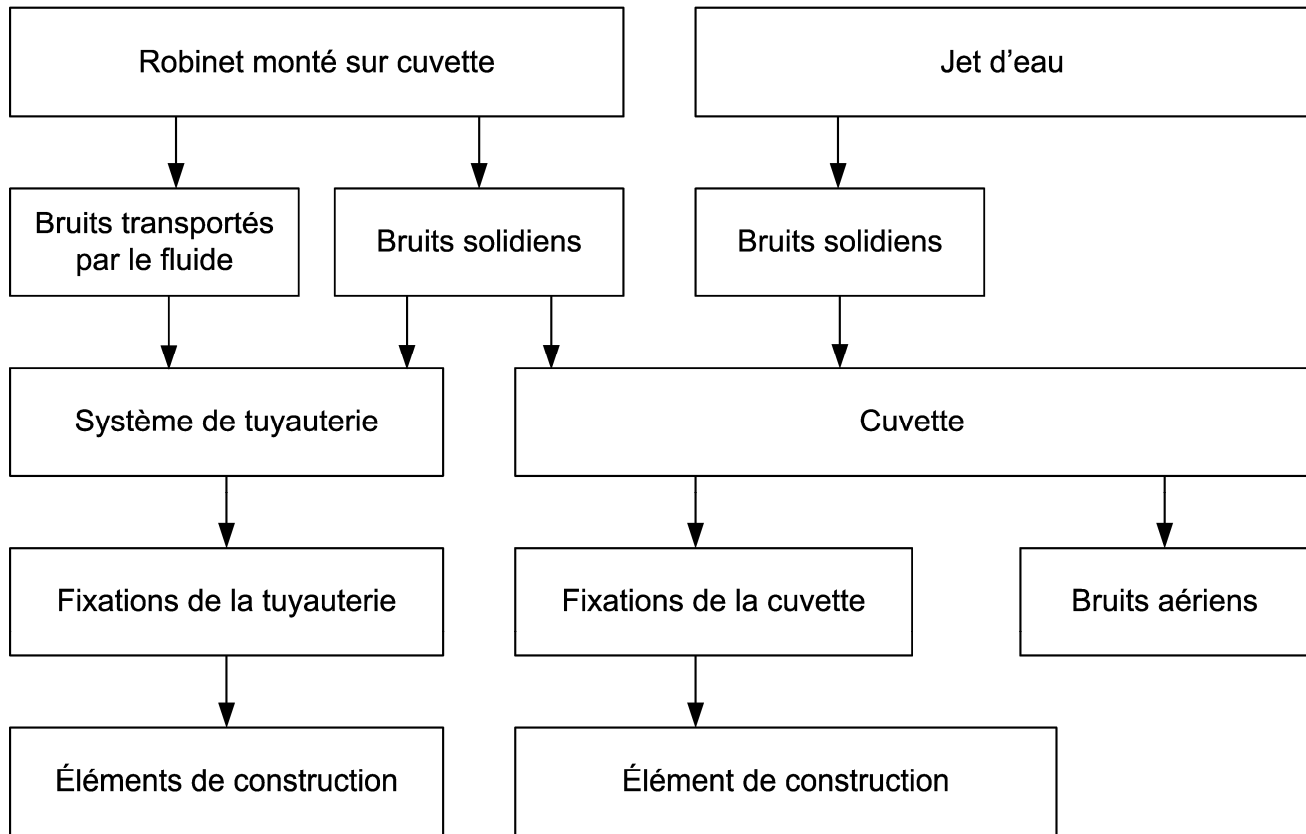


Figure 5 — Schéma de transmission pour un robinet monté sur cuvette

La Figure 6 donne la situation spécifique pour un robinet mural.

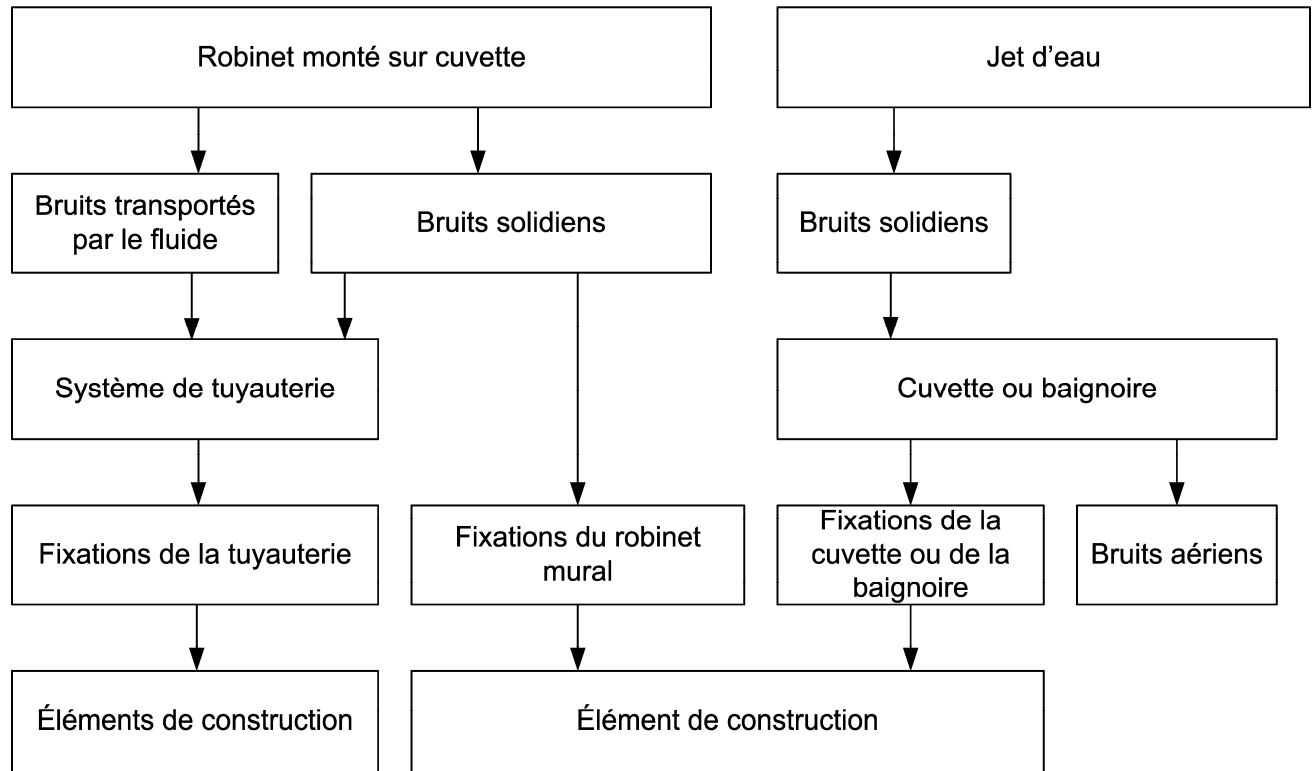
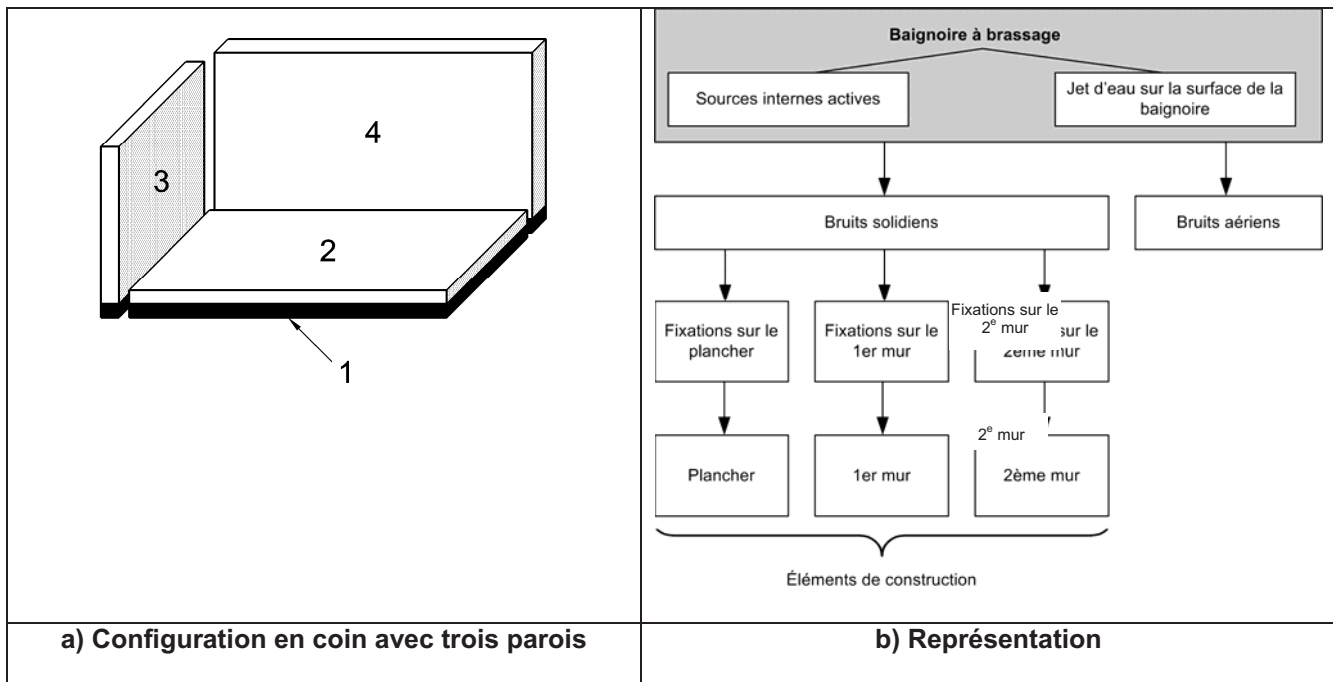


Figure 6 — Schéma de transmission pour un robinet mural

EN 12354-5:2009 (F)

La Figure 7 donne un autre exemple pour une baignoire à brassage.



Légende

- 1 Résilient
- 2 Plancher
- 3 2^e mur
- 4 1^{er} mur

Figure 7 — Schéma de transmission pour une baignoire à brassage

5.4.2 Lignes directrices

Les sources dans les systèmes d'alimentation en eau génèrent normalement des bruits solidiens, qui sont transmis directement à la structure du bâtiment ou à des plots de fixation. Les sources peuvent donc être traitées principalement comme des sources de bruits solidiens. Les données d'entrée pertinentes ($L_{WS,C}$, L_F) peuvent être obtenues par les méthodes de mesurage du CEN/TC 126/WG 7 (voir l'EN 14366 et l'EN 15657-1). En ce qui concerne les dimensions des sources de bruits solidiens, il est justifié dans de nombreux cas de les traiter comme des sources ponctuelles. Dans le cas des vannes et des robinets, la génération et la transmission des bruits transportés par le fluide doivent être prises en compte. Dans certains cas également (par exemple les cuvettes, les dispositifs de rinçage), les bruits aériens rayonnés peuvent être importants et être décrits par leur puissance acoustique L_w .

Pour les calculs selon le principe général donné à la Figure 4 et les situations caractéristiques données aux Figures 5, 6 et 7, les contributions appropriées des bruits aériens, solidiens et transportés par le fluide au niveau de pression acoustique normalisé résultant dans un local L_n doivent être traitées séparément. Conformément au 4.1, Équation (2), le niveau L_n peut être calculé comme étant la somme des contributions individuelles. Selon la source et la configuration de transmission, les cas suivants peuvent être pertinents :

- rayonnement aérien de la source ;
- bruits solidiens transmis directement à la structure du bâtiment ou aux éléments de couplage ;
- bruits solidiens et bruits transportés par le fluide, transmis le long d'une tuyauterie.

Le Tableau 1 donne un résumé des bruits générés et de la configuration de transmission qui seront normalement importants.

Les indications suivantes sont données pour des installations particulières :

a) Pour les robinets et les vannes, les cas suivants sont pertinents pour la transmission :

- 1) Les robinets et les vannes génèrent habituellement aussi bien des bruits transportés par le fluide que des bruits solidiens qui se propagent le long de la tuyauterie et sont transmis des conduits aux éléments de construction sous forme de bruits solidiens par les éléments de fixation (dispositifs de serrage, etc.) (chemins ① et ② dans la Figure 4). Dans le cas des vannes en ligne, c'est le chemin de transmission pertinent. Pour l'instant, il n'existe aucune méthode normalisée pour décrire la puissance vibratoire émise à la fois dans la tuyauterie et dans le fluide. Il n'existe pas non plus de modèle de calcul adéquat pour estimer la puissance vibratoire effective ou les forces aux points de fixation d'une tuyauterie. Des informations sur la façon d'obtenir ces puissances vibratoires de robinet et de vanne sont données dans [7]. Dans le cas spécial des raccords en ligne, la procédure de mesurage donnée dans l'EN 1151-2 pourrait être adoptée pour obtenir les bruits transportés par le fluide et les bruits solidiens transmis dans une tuyauterie.

Une approximation ne consiste pas à considérer séparément les contributions des bruits solidiens et des bruits transportés par le fluide, mais à considérer uniquement la somme des deux comme étant à l'origine de la transmission de la puissance vibratoire aux éléments de construction, via les éléments de fixation. Cette approximation sera valide pour des points de montage à une distance spécifique de la source. Des résultats expérimentaux montrent que le critère sera respecté par un minimum de trois coudes environ au-delà de la source. À l'heure actuelle, des systèmes représentatifs complets de robinets, de conduits et de leurs éléments de fixation peuvent être caractérisés par des mesurages conformes aux méthodes pour les installations d'évacuation des eaux usées (EN 14366). Concernant l'utilisation des données obtenues par cette norme, voir le Paragraphe 5.5. Des limitations à l'application de cette méthode sont dues à l'exigence que la configuration testée doit être considérée comme une source de force. Tel est normalement le cas pour les constructions lourdes homogènes courantes avec $m' > 150 \text{ kg/m}^2$. Tel n'est pas nécessairement le cas pour les constructions légères et il convient alors de prouver l'applicabilité pour la situation considérée.

À titre d'approximation, la partie du bruit transmise par la tuyauterie (chemins ① et ② dans la Figure 4) peut être estimée au moyen de l'Équation (D.7a). Cette équation s'appuie sur les méthodes de mesurage de l'ISO 3822 et peut être considérée comme une estimation grossière de la génération de bruit par un robinet d'eau lorsque :

- le robinet n'a pas de transmission solidienne directe au bâtiment. Cela signifie que le robinet est un robinet en ligne ou qu'il est monté loin du local d'émission et, de ce fait, la partie directe solidienne (chemin ③ dans la Figure 4) ne joue pas un rôle dominant pour l'émission dans le local de réception.
- la tuyauterie est considérée comme étant une tuyauterie métallique lourde ;
- les dispositifs de serrage attachent le conduit de façon rigide ;
- la distance entre le robinet et le premier point de fixation au local de réception est suffisamment grande ;
- la paroi excitée est une paroi homogène lourde.

EN 12354-5:2009 (F)

- 2) Les robinets montés directement sur des éléments de construction ou sur des cuvettes transmettront aussi des bruits solidiens directement à la structure support (chemin ③ dans la Figure 4) (voir aussi les Figures 5 et 6). Dans de nombreux cas, cette part des bruits solidiens est dominante par rapport aux parts transmises par la tuyauterie (chemin ① et ② dans la Figure 4). Cette part doit être traitée séparément. Le robinet peut être considéré comme une source de force de bonne approximation si monté sur des parois pleines ($m' > 150 \text{ kg/m}^2$). Pour les constructions légères, cette hypothèse doit être prouvée.
- 3) En ce qui concerne les robinets montés sur cuvette (baignoire ou lavabo) sans contact direct avec la structure du bâtiment, la situation spécifique est donnée à la Figure 4. Par simplification, l'ensemble robinet et cuvette peut être traité comme une unité décrite par une force équivalente. Les méthodes de mesurage selon le CEN/TC 126/WG 7 (voir l'EN 15657-1) peuvent être appliquées. À l'heure actuelle, aucun ensemble de robinets et de cuvettes ne peut être défini uniquement en combinant mathématiquement les grandeurs caractéristiques de chaque élément. Un modèle doit être établi (voir [8]).

Pour une situation spécifique, on doit identifier lequel des cas susmentionnés ou laquelle de leur combinaison sera pertinent(e). Les contributions individuelles doivent être traitées séparément avant d'en faire la somme. Les Figures 5 et 6 donnent des exemples concernant les parties à prendre en compte.

NOTE Les caractéristiques de génération de bruits des robinets et des vannes dépendront fortement des conditions réelles de fonctionnement (pression, débit, dispositif de sortie, étranglement de l'appareil) ; il convient d'utiliser les données d'entrée pertinentes pour la situation considérée et les conditions réelles de fonctionnement.

- b) Les pompes dans les installations d'alimentation en eau peuvent être traitées comme des sources de bruits solidiens et de bruits transportés par le fluide. Dans le cas des pompes en ligne (sans raccordement aux éléments de construction), les bruits solidiens et les bruits transportés par fluide selon les chemins ① et ② dans la Figure 4 doivent être pris en compte. Pour ces contributions transmises par la tuyauterie, les méthodes de mesurage de l'EN 1151-2 qui ont été mises au point pour les pompes en ligne dans les systèmes de chauffage peuvent être adoptées pour les pompes dans les systèmes d'alimentation en eau.

Si la pompe est raccordée à un élément de construction, il faut également tenir compte des bruits solidiens transmis directement de la pompe à l'élément (chemin ③ dans la Figure 4). Du point de vue expérimental, cette partie peut être décrite par les méthodes de mesurage du CEN/TC 126/WG 7.

- c) Sources compactes telles que les chasses d'eau, les chauffe-eau, les chaudières, etc. :

Dans le cas des bruits solidiens, une description par une force équivalente ou par une puissance vibratoire conformément aux méthodes du CEN/TC 126/WG 7 (voir l'EN 15657-1) est appropriée. Les bruits aériens, dans des cas spéciaux, pourraient aussi jouer un certain rôle. Alors la grandeur L_w conforme aux procédures définies dans le CEN/TC 126/WG 7 (voir l'EN 15657-1) pour l'estimation des bruits aériens rayonnés sera pertinente.

- d) Dans certains cas, des sources étendues (baignoires, baignoires à brassage, etc.) sont reliées à plus d'une paroi (par exemple, position des baignoires en coin avec raccordement au plancher et à deux parois). Un exemple est donné à la Figure 7. Dans ce cas, il convient de traiter les sources comme des sources tridimensionnelles et de calculer séparément la contribution de chaque direction (voir [9]). Des données d'entrée pour ces sources peuvent être obtenues conformément aux procédures de mesurage du CEN/TC 126/WG 7.

Pour la transmission de bruits aériens (4.3), la puissance acoustique L_{Wa} de la source, mesurée en laboratoire (voir l'Annexe C), est utilisée dans l'Équation (15). Seule la transmission du champ diffus dans le local d'émission peut être estimée au moyen de l'approximation de l'Équation (16b). La caractérisation en laboratoire ne donne aucune information sur l'effet de champ direct et de champ proche de l'équipement, il n'existe donc aucun moyen d'estimer la transmission à un élément (mur ou plancher) proche de l'équipement. Il convient toutefois de mentionner que les composantes de la puissance vibratoire mesurées sur le banc à trois parois réceptrices incluent ces effets.

Pour la transmission des bruits solidiens (4.4), la différence $L_{Ws,c} - D_{C,i}$ de l'Équation (18b) représente le niveau de puissance vibratoire injectée à l'élément de construction i dans le local d'émission. Ce niveau de puissance, appelé composante i du niveau de puissance installée, peut être estimé à partir de la composante du niveau de puissance de plaque réceptrice de référence $L_{Ws,n,i}$ mesurée en laboratoire (voir D.1.6).

- e) Dans un grand nombre de cas, le jet d'eau (provenant par exemple d'une douche ou d'un robinet) projeté contre la surface d'une cuvette ou d'une baignoire ou sur la surface de l'eau peut être à l'origine de la partie prédominante des bruits solidiens et aériens. Le cas échéant, cette contribution doit être considérée séparément (voir Figures 5, 6 et 7).

5.5 Application aux installations d'évacuation des eaux usées

5.5.1 Généralités

Une installation d'évacuation d'eaux usées se compose d'une combinaison quelconque de tuyaux droits avec des tés, des coudes, des jonctions et des entrées, montés sur les structures de bâtiments au moyen de dispositifs de fixation (souvent des colliers de serrage). Les vibrations sont générées par l'écoulement et la chute de l'eau dans la tuyauterie ; elles rayonnent directement du bruit (bruits aériens) ou elles sont transmises aux structures réceptrices (murs ou planchers auxquels l'installation est fixée), qui rayonnent du bruit (bruits solidiens) ; des dispositifs de fixation spéciaux peuvent être utilisés pour réduire les bruits solidiens. Voir aussi [9] et [10].

Les bruits solidiens et les bruits aériens provenant d'une installation d'évacuation d'eaux usées sont mesurés conformément à l'EN 14366 avec un montage spécial (voir l'Annexe D). Deux grandeurs sont obtenues à partir de la norme : le niveau normalisé de pression des bruits aériens, L_{an} , et le niveau caractéristique de pression des bruits solidiens, L_{sc} , tous deux pour une section donnée de l'installation d'évacuation d'eaux usées et une méthode de montage spécifique. Le conduit d'eaux usées est habituellement connecté à un mur support par deux points de fixation éloignés l'un de l'autre et considérés comme étant indépendants ; le type de source se réduit donc à une source ponctuelle. Ces données d'entrée peuvent servir à la prédiction de la transmission des bruits aériens et solidiens (voir 5.5.2).

L'EN 14366 exclut les sources d'eaux usées elles-mêmes, comme les éviers, toilettes, baignoires ou toute autre unité active (pompes).

5.5.2 Lignes directrices pour l'application

Le niveau de puissance acoustique, L_w , et le niveau de puissance vibratoire caractéristique, $L_{Ws,c}$, peuvent être calculés à partir des deux grandeurs obtenues dans l'EN 14366:2004 au moyen des relations données dans l'Annexe C (C.1.1) et dans l'Annexe D (D.1.7) de cette norme.

Pour la transmission des bruits aériens, voir le Paragraphe 4.3. Seule la transmission du champ sonore diffus dans le local d'émission peut être estimée au moyen de l'approximation de l'Équation (16b). Voir aussi l'Annexe C.

Pour la transmission des bruits solidiens, voir le Paragraphe 4.4. L'élément de construction support est habituellement une plaque homogène dont la mobilité peut être estimée à partir de la mobilité d'une plaque infinie (voir F.4). Avec l'hypothèse d'une source de force, la mobilité de la source est égale à la valeur de référence (haute) $Y_{s,réf} = 10^{-3} \text{ m/Ns}$, donc le terme de couplage peut être estimé comme dans l'Annexe D avec Y_i conformément à l'Annexe F.

Si le niveau de sensibilité structurale du mur support vers un local $L_{SS,situ}$ dans une condition de champ donnée est connu (mesuré par exemple comme indiqué dans l'EN 14366), alors le niveau acoustique normalisé résultant donné dans l'Équation (18) peut être calculé par l'Équation (21) :

$$L_{p,n,s} = L_{Ws,c} + L_{SS,situ} - 34,7 + 10 \lg f^2 \text{ dB} \quad (21)$$

EN 12354-5:2009 (F)

5.6 Application à divers équipements techniques

5.6.1 Généralités

Il existe beaucoup plus de types d'équipements qu'il n'en est traité jusqu'ici dans le présent chapitre. Il s'agit notamment des vide-ordures, des pompes, des chaudières, des portes de garage motorisées et des équipements ménagers. Dans de nombreux cas, le traitement de ces types d'équipements peut être similaire à celui des équipements traités jusqu'ici. Bien qu'il n'y ait normalement pas d'exigences légales relatives aux niveaux acoustiques résultant des équipements ménagers, les bruits générés par certains d'entre eux présentent un intérêt particulier, principalement ceux générés par les lave-vaisselle et les machines à laver automatiques qui seront traités ici.

Avec les lave-vaisselle, l'intérêt porte principalement sur le local dans lequel la machine est installée du fait du rayonnement direct en bruit aérien. En fait, les niveaux de bruits aériens et de bruits solidiens dans les locaux adjacents sont rarement importants. Dans le cas des machines à laver, les niveaux acoustiques dans le local d'installation sont principalement dus aux bruits aériens alors que les niveaux acoustiques dans les locaux adjacents peuvent être importants et sont dus aux bruits solidiens.

5.6.2 Lignes directrices

La production de bruits aériens par les lave-vaisselle et les machines à laver peut être déterminée conformément à des normes internationales (parties correspondantes de la CEI 704) et est exprimée comme étant le niveau de puissance acoustique L_W .

En ce qui concerne la production de bruits solidiens, il n'existe pas encore de normes de mesure. Des propositions ont été décrites, utilisant la méthode de la plaque réceptrice pour déterminer le niveau de force équivalente. Des travaux de recherche ont montré que l'impédance de la source aux basses fréquences (la bande de fréquences importante) était de type massique, généralement caractérisée par une masse de 5 kg à 10 kg [11]. Comme montré dans l'Annexe F, ce type d'information est suffisant pour estimer le niveau de puissance vibratoire caractéristique $L_{W_{s,c}}$ et les relations correspondantes pour les termes de couplage.

Normalement, aucun élément de transmission n'est impliqué dans la transmission des bruits d'un équipement ménager, mais occasionnellement des encoffrements isolants (partiels) ou des supports élastiques sont utilisés.

Les niveaux de bruits aériens pertinents pour les équipements ménagers sont principalement les niveaux dans le local d'installation lui-même. Le niveau normalisé de pression acoustique peut être estimé comme étant inférieur de 4 dB au niveau de puissance acoustique de la source à une distance suffisante de cette source (champ réverbéré).

Les niveaux de bruits solidiens suivent le modèle décrit au Paragraphe 4.4.1 avec le terme de couplage approprié tel que discuté ci-dessus et dans l'Annexe F.

6 Précision

La précision des niveaux acoustiques prévus dus aux équipements techniques dans les bâtiments dépend d'un grand nombre d'aspects, tels que les données d'entrées disponibles pour les sources et les structures, la complexité de la situation modélisée, le mécanisme prédominant de transmission acoustique et la bande de fréquence pertinente. Une distinction doit être faite entre la précision des données d'entrée de la source et la précision des prévisions de transmission. Les valeurs de ces précisions différeront entre les types d'installations mais les informations quantitatives sont rares pour le moment.

Comme indication globale, l'incertitude élargie pour les indices uniques d'évaluation (niveaux pondérés A ou C) avec un facteur de couverture de 2 (2 écarts types) peut être estimée comme pouvant atteindre 5 dB pour les données d'entrée de source, et 5 dB pour les prédictions de transmission ; en supposant que ces deux aspects sont indépendants, l'incertitude étendue globale pourrait donc atteindre 7 dB. Sur la base d'une expérience globale avec des schémas de prédiction comparables, le Tableau 2 donne une vue plus détaillée des incertitudes estimées. Davantage de travaux de recherche et de comparaisons seront nécessaires pour être à même de spécifier ces incertitudes avec plus de précision et de détails.

Tableau 2 — Estimation globale de l'incertitude élargie pour divers types d'équipements techniques de bâtiment

Type de source	données d'entrée de la source	transmission	remarques
tous types	5	5	valeurs inférieures pour les structures de bâtiment lourdes
systèmes de ventilation	2	2	
installations de chauffage	3	4	
installations de levage	4	3	
installations d'eau	3	5	
équipements ménagers	3	3	

Annexe A (normative)

Liste des symboles

Tableau A.1 — Liste des symboles

Symbole	Grandeur physique	Unité
A	Aire d'absorption acoustique équivalente d'un local fermé	m^2
$A_{réf}$	Aire d'absorption acoustique de référence ; $A_{réf} = 10 m^2$	m^2
A_s	Aire d'absorption acoustique équivalente du local d'émission	m^2
c_o	Vitesse du son dans l'air	m/s
d	Distance entre l'élément rayonnant le bruit dans la pièce et la position du récepteur	m
$D_{n,s}$	Isolement acoustique normalisé pour une transmission indirecte par un système s	dB
$D_{t,i}$	Perte en transmission de l'élément i d'un système	dB
$D_{t,oi}$	Perte en transmission de puissance acoustique pour une ouverture de conduit ou un dispositif pour une transmission de l'extérieur vers l'intérieur	dB
$D_{t,io}$	Perte en transmission de puissance acoustique pour une ouverture de conduit ou un dispositif pour une transmission de l'intérieur vers l'extérieur	dB
$D_{s,i}$	Transmission acoustique vers l'élément i dans le local d'émission	dB
D_i	Perte par insertion d'un silencieux ou d'autres éléments de conduit	dB
D_W	Isolement en termes de puissance acoustique d'un encoffrement	dB
$D_{C,i}$	Terme de couplage de la source avec l'élément de construction support i	dB
$D_{sa,i}$	Terme correctif de conversion de l'excitation solidienne en excitation aérienne pour l'élément de construction support i	dB
D_Ω	Indice de directivité d'angle solide pour l'élément rayonnant ou la source rayonnante dans le local	dB
e	Nombre d'éléments entre la source et le local de réception	-
$E_{i,a}$	Énergie de l'élément i due à une excitation aérienne	J
$E_{i,s}$	Énergie de l'élément i due à une excitation solidienne	J
f	Fréquence centrale de la bande de fréquences	Hz
k_m	Raideur de transfert dynamique moyennée en fréquence pour un support élastique m	N/m
l	Longueur de l'élément, mesurée le long de l'axe médian du conduit	m
$l_{réf}$	Longueur de référence, en mètres ; $l_{réf} = 1 m$	m
L_n	Niveau normalisé de pression acoustique total dans un local dû à toutes les sources	$dB \text{ réf. } 20 \mu Pa$
L_{nT}	Niveau standardisé de pression acoustique total dans un local dû à toutes les sources	$dB \text{ réf. } 20 \mu Pa$
<i>« à suivre »</i>		

Tableau A.1 (suite)

Symbole	Grandeur physique	Unité
$L_{n,d,i}$	Niveau normalisé de pression acoustique dû à la transmission acoustique par un conduit pour la source i , en décibels	dB réf. 20 μ Pa
$L_{n,a,j}$	Niveau normalisé de pression acoustique dû à la transmission des bruits aériens par la structure du bâtiment pour la source j	dB réf. 20 μ Pa
$L_{n,s,k}$	Niveau normalisé de pression acoustique dû à la transmission des bruits solidiens par la structure du bâtiment pour la source k	dB réf. 20 μ Pa
L_o	Niveau de pression acoustique dans le local d'émission et/ou à l'extérieur d'un conduit	dB réf. 20 μ Pa
$L_{n,a,ij}$	Niveau normalisé de pression acoustique dans le local de réception dû à une source de bruits aériens dans le local d'émission, du fait de la transmission acoustique à partir d'un élément excité i dans le local d'émission vers un élément rayonnant j dans le local de réception	dB réf. 20 μ Pa
$L_{n,s,ij}$	Niveau normalisé de pression acoustique dans le local de réception dû à une source de bruits solidiens montée sur l'élément de construction support i dans le local d'émission, du fait de la transmission acoustique à partir de l'élément excité i dans le local d'émission vers un élément rayonnant j dans le local de réception	dB réf. 20 μ Pa
L_W, L_{wa}	Niveau de puissance acoustique d'une source de bruits aériens	dB réf. 1 mW
$L_{W,entrée}$	Niveau de puissance acoustique d'un élément aéraulique actif, par le conduit d'entrée	dB réf. 1 pW
$L_{W,sortie}$	Niveau de puissance acoustique d'un élément aéraulique actif, par le conduit de sortie	dB réf. 1 pW
$L_{W,unité}$	Niveau de puissance acoustique d'un élément aéraulique actif, rayonné par son enveloppe	dB réf. 1 pW
$L_{Ws,c}$	Niveau de puissance vibratoire caractéristique d'une source de bruits solidiens	dB réf. 1 pW
$L_{Ws,inst}$	Niveau de puissance vibratoire installée (injectée par une source dans l'élément support)	dB réf. 1 pW
m_i	Masse surfacique de l'élément i	kg/m ²
m	Nombre d'éléments i dans le local d'émission participant à la transmission acoustique, nombre de sources sonores relatives à la transmission par conduit	-
n	Nombre d'éléments j dans le local de réception participant à la transmission acoustique, nombre de source de bruits aériens	-
o	Nombre de sources de bruits solidiens	-
Q	Facteur de directivité de l'élément rayonnant le bruit	-
Q'	Facteur de directivité effectif d'une source, incluant les effets de champ proche	-
r_i	Distance moyenne de la source à l'élément i	-
R_i	Indice d'affaiblissement acoustique de l'élément de construction i	-
$R_{ij,réf}$	Indice d'affaiblissement acoustique latéral pour la transmission de l'élément i dans le local d'émission à l'élément j dans le local de réception, rapporté à l'aire $S_{réf} = 10 \text{ m}^2$	dB
R_{oi}	Indice d'affaiblissement acoustique du conduit pour la transmission de l'extérieur vers l'intérieur	dB
R_{io}	Indice d'affaiblissement acoustique du conduit pour la transmission de l'intérieur vers l'extérieur	dB

« à suivre »

Tableau A.1 (suite et fin)

Symbole	Grandeur physique	Unité
S_1	Aire du premier élément ($i = 1$) du système de transmission dans le local d'émission, c'est-à-dire une ouverture, une section de conduit ou une bouche d'air	m^2
S_{co}	Section de l'ouverture du conduit	m^2
S_i	Aire de l'élément excité i ou de l'élément support i dans le local d'émission	m^2
S_d	Aire exposée du conduit dans le local	m^2
$S_{cd,d}$	Section du conduit à l'extrémité aval de la partie exposée du conduit.	m^2
$S_{cd,u}$	Section du conduit à l'extrémité amont de la partie exposée du conduit	m^2
S_t	Aire totale des parois d'un local	m^2
T	Durée de réverbération	m^2
$T_{réf}$	Durée de réverbération de référence; $T_{réf} = 0,5$ s	s
$T_{s,i}$	Durée de réverbération structurale de l'élément i	s
V	Volume d'un local	m^3
$W_{inj,i}$	Puissance vibratoire injectée par la source dans l'élément de construction support i	W
$W_{inc,i}$	Puissance acoustique incidente sur l'élément i	W
W_{sc}	Puissance vibratoire caractéristique de la source	W
Y	Mobilité mécanique (complexe) ($= 1/Z$)	m/Ns
$Re\{Y_i\}$	Partie réelle de la mobilité de l'élément i au point d'excitation	m/Ns
Z	Impédance mécanique (complexe)	Ns/m
$\Delta L'_W$	Réduction du niveau de puissance acoustique par unité de longueur d'un élément	dB
$\Delta L_{W,i}$	Réduction du niveau de puissance acoustique par l'élément i	dB
Ω	Angle solide dans lequel se produit le rayonnement	(rad)
τ_i	Facteur de transmission de l'élément i pour les bruits aériens ; $R_i = -10 \lg \tau_i$	-
σ_i	Facteur de rayonnement de l'élément i pour les ondes libres de flexion	-

Annexe B (informative)

Sources de bruits aériens dans les systèmes de conduits

B.1 Niveau de puissance acoustique des ventilateurs

Le niveau de puissance acoustique des ventilateurs au point de fonctionnement approprié peut être fourni par le fabricant tel que mesuré conformément aux normes appropriées (EN ISO 5136, EN 13141-4). Fondés sur de nombreux travaux empiriques et théoriques, les manuels et les guides indiquent plusieurs possibilités pour estimer le niveau pertinent de puissance acoustique des ventilateurs. Voir par exemple la VDI 2081 [1].

B.2 Niveau de puissance acoustique des bruits d'écoulement

Les niveaux de puissance acoustique des bruits d'écoulement générés par des éléments tels qu'une vanne, des grilles, un registre, un silencieux, un plénum, un coude ou des parties de conduits droits, peuvent être mesurés conformément à la norme appropriée EN ISO 7235. Fondés sur de nombreux travaux empiriques et théoriques, les manuels et les guides indiquent plusieurs possibilités pour estimer le niveau pertinent de puissance acoustique des bruits d'écoulement générés par des éléments. Voir par exemple la VDI 2081 [1]. Cependant la puissance acoustique générée par les bruits d'écoulement dépend souvent plus de la position de l'élément dans le système (interaction entre éléments) que d'une propriété intrinsèque de l'élément.

Annexe C (informative)

Sources de bruits aériens

C.1 Sources sonores

C.1.1 Équipements techniques, tels que les baignoires à brassage

Les bruits solidiens et les bruits aériens provenant de certains types d'équipements techniques, tels que les baignoires à brassage, sont mesurés conformément à l'EN 15657-1 avec un montage spécial (voir l'Annexe D). Les bruits aériens sont exprimés en niveau de puissance acoustique L_{WA} et sont donc directement appropriés pour les prévisions conformément au Paragraphe 4.3.

C.1.2 Systèmes d'évacuation des eaux usées

Les bruits solidiens et les bruits aériens provenant des installations d'évacuation des eaux usées sont mesurés conformément à l'EN 14366 avec un montage spécial (voir l'Annexe D). Les bruits aériens sont exprimés en niveau normalisé de pression acoustique de bruits aériens L_{an} , qui se rapporte à une partie spécifiée du système d'évacuation des eaux usées, normalement une longueur de 3 m.

On en déduit le niveau de puissance acoustique pour la section spécifiée de l'installation par :

$$L_W = L_{an} + 10 \lg \frac{A_{réf}}{4} = L_{an} + 4 \text{ dB} \quad (\text{C.1})$$

Voir le Paragraphe 5.1 pour l'application de ces données.

C.1.3 Systèmes de chauffage

Pour une combinaison brûleur-chaudière forcée telle qu'utilisée dans les installations de chauffage, une relation globale a été établie entre la puissance nominale P en kW et le niveau de puissance acoustique pondérée A L_{WA} [12] :

$$L_{WA} = 57 + 12 \lg P \text{ dB} \quad (\text{C.2})$$

La variation est globalement de +/- 5 dB(A) et le contenu basse fréquence du bruit est très important.

L'application de capots adéquats pour le brûleur peut réduire ce niveau jusqu'à 20 dB(A).

C.2 Transmission acoustique dans un local d'émission

Lorsque les sources sont placées à proximité d'éléments de construction, une estimation appropriée du niveau de pression acoustique peut alors être considérée numériquement égale au niveau de puissance acoustique.

Des études théoriques sur la transmission aérienne d'une source ponctuelle rayonnante vers un mur proche [13] ont montré que :

- dans le cas d'une source ponctuelle proche d'un mur, le champ direct est dominant et l'indice d'affaiblissement acoustique de « champ diffus » du mur ne donne plus une bonne estimation du bruit transmis par le mur ;
- dans le cas d'une source très directionnelle, l'excitation aérienne locale du mur semble très similaire à une excitation mécanique et il convient de faire très attention, en particulier en dessous de la fréquence critique du mur.

Il semble donc que si le champ direct et le champ proche des sources sont importants pour la transmission acoustique, les effets ne peuvent plus être estimés par des corrections apportées à la transmission en champ diffus (R_{ij} , $D_{s,i}$) mais doivent être estimés séparément. Toutefois, les méthodes pratiques pour le faire restent encore à mettre au point.

Dans le cas des sources relativement imposantes à proximité d'une structure, le champ acoustique dans la cavité peut être considéré comme un champ acoustique diffus bidimensionnel avec un faible amortissement, générant donc un niveau de pression acoustique élevé. À partir du niveau de puissance acoustique connu ou estimé L'_W du côté concerné ($l \times b$ m²) de la source, à une distance h de la structure, on peut estimer le niveau de pression acoustique résultant par [14] :

$$L_p \approx L'_W - 10 \lg \frac{(l+b)h}{\pi} \text{ dB} \quad (\text{C.3})$$

Annexe D (informative)

Sources de bruits solidiens

D.1 Mesure du niveau de puissance vibratoire caractéristique

D.1.1 Généralités

Le mesurage du niveau de puissance vibratoire caractéristique implique le mesurage des vitesses libres aux points de contact de la source et de la matrice de mobilité de la source, en principe pour tous les six degrés de liberté. Pour une source ou une source partielle comportant plusieurs points de contact, il s'en suit :

$$L_{Ws,c} = 10 \lg \left| \overline{v_{sf}}^{*T} \overline{Y_s}^{-1} \overline{v_{sf}} \right| / W_{réf} \text{ dB} \quad (\text{D.1a})$$

où

$\overline{v_{sf}}$ est le vecteur vitesse libre complexe pour une source avec multiples points de contact et degrés de liberté, en mètres par seconde ;

$\overline{Y_s}$ est la matrice de mobilité complexe de la source, en mètres par newton-seconde ;

* indique le complexe conjugué ;

T indique la transposée d'une matrice ;

$W_{réf}$ est la puissance de référence, en watts ; $W_{réf} = 1 \text{ pW}$.

Pour un point de contact unique et un seul degré de liberté, cela peut s'écrire :

$$L_{Ws,c} = 10 \lg \frac{v_{sf}^2}{W_{réf} |Y_s|} \text{ dB} \quad (\text{D.1b})$$

où

v_{sf} est la valeur quadratique moyenne (RMS) de vitesse libre au pied (point de contact) de la source, en mètres par seconde ;

Y_s est la mobilité de la source au pied de la source, en mètres par newton-seconde.

Les méthodes de mesure doivent être développées directement à partir de ces définitions ou de développements simplifiés de celles-ci, selon les types ou groupes spécifiques d'équipements. Voir aussi [15]. Les prochains paragraphes présentent un certain nombre de possibilités.

D.1.2 Équipements techniques à mobilité de source élevée

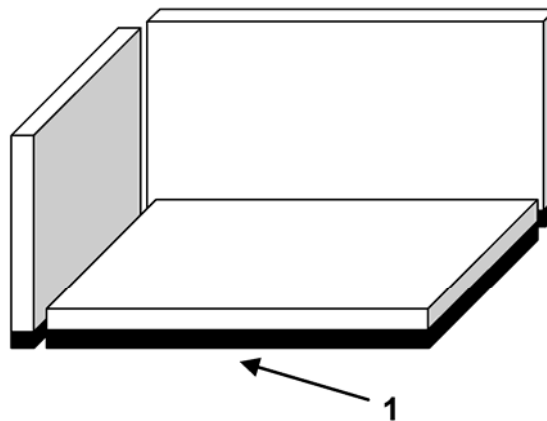
Les machines et équipements ayant des châssis et/ou des supports de montage relativement légers peuvent être décrits comme une source de force pure avec une force perpendiculaire à l'élément de construction support. Cependant, cela ne suffit que si l'élément de construction support est très rigide. Avec plusieurs points de contact et une certaine contribution des autres degrés de liberté, ces sources peuvent encore être caractérisées par une seule force ou par la puissance vibratoire injectée totale dans une situation spécifiée. Pour ces sources, la mobilité de source est très élevée par rapport à tous les types pertinents d'éléments de construction supports et peut être considérée égale à la valeur de référence $Y_{s,réf} = 10^{-3} \text{ m/Ns}$.

D.1.2.1 Équipements techniques à mobilité élevée, tels que les baignoires à brassage

La norme EN 15657, élaboré par le CEN/TC 126/WG 7, spécifie des méthodes pour le mesurage en laboratoire des bruits aériens et solidiens produits par les équipements techniques d'un bâtiment. Seule la première partie de cette norme existe ; elle se limite aux équipements montés sur des structures de faible mobilité (planchers ou murs lourds, ayant une masse supérieure à 220 kg/m^2), prenant comme exemple les baignoires à brassage. Pour les bruits solidiens, la méthode de mesure en laboratoire est la suivante :

L'équipement est installé sur un banc d'essai à trois plaques, comme le montre la Figure D.1 (les baignoires à brassage sont en général installées dans le coin d'un local et fixées à un plancher et deux murs). La moyenne spatiale de la vitesse vibratoire produite sur chaque plaque réceptrice et la durée de réverbération structurale de chaque plaque sont mesurées, puis permettent de calculer la puissance vibratoire injectée dans chaque plaque ; ces puissances vibratoires sont ensuite corrigées de la différence de mobilité d'entrée entre les plaques utilisées et une plaque de référence, ce qui conduit à trois composantes de puissance de plaque réceptrice de référence $L_{Ws,n,i}$ ($i = 1$ à 3) correspondant aux trois plaques du banc d'essai.

Quatre grandeurs sont donc obtenues à partir des mesures de laboratoire : la puissance acoustique L_{Wa} de la source (voir C.1) et les trois composantes de puissance de plaque réceptrice de référence $L_{Ws,n,i}$ ($i = 1$ à 3).



Légende

1 Résilient

Figure D.1 — Dessin schématique du banc d'essai à trois plaques

EN 12354-5:2009 (F)

Pour ce type de source, la mobilité de source est très élevée et on peut admettre une valeur de référence $Y_{s,réf} = 10^{-3}$ m/Ns. Le niveau de puissance vibratoire caractéristique et les termes de couplage deviennent donc :

$$L_{Ws,c} = L_{Ws,n,i} - 10 \lg Y_{\infty,réc} - 30 = L_{Ws,n,i} + 23 \text{ dB} \quad (\text{D.2a})$$

$$D_{C,i} = -10 \lg \text{Re}\{Y_{sup,i}\} - 30 \quad (\text{D.2b})$$

où

$Y_{\infty,réc}$ est une mobilité de plaque réceptrice de référence, spécifiée dans la norme, en mètres par newton-seconde ; $Y_{\infty,réc} = 5 \cdot 10^{-6}$ m/Ns ;

$Y_{sup,i}$ est la limite supérieure de la mobilité de la plaque i dans le bâtiment, en mètres par newton-seconde.

Sachant que la différence $L_{Ws,c} - D_{C,i}$ représente le niveau de puissance vibratoire injectée dans l'élément de construction i , appelé composante de puissance installée i et désigné comme étant $L_{Ws,b,i}$, (voir l'Équation (18b)), on peut aussi estimer une limite supérieure de cette composante de puissance installée (pour plus de sécurité) directement à partir de la composante de puissance de plaque réceptrice de référence $L_{Ws,n,i}$ par :

$$L_{Ws,inst,i} = L_{Ws,n,i} + 10 \lg \frac{Y_{sup,i}}{Y_{\infty,réc}} \text{ dB} \quad (\text{D.3})$$

D.1.2.2 Force équivalente d'une source par plaque réceptrice

Les machines et les équipements ayant une mobilité de source élevée, plusieurs points de contact et une certaine contribution des autres degrés de liberté ont été également décrits par une seule force, représentative de l'ensemble de l'excitation complexe. On l'appelle une force équivalente F_{eq} perpendiculaire à l'élément de construction support. Cette description de source simple donnera une réponse « équivalente » à celle de la source réelle, dans les limites de certaines restrictions spécifiées. Les restrictions en question se rapportent aussi bien à la source qu'à la structure support. Cela équivaut à l'approche indiquée au Paragraphe D.1.2.1 avec une représentation différente des résultats.

Cette méthode de mesure utilise une plaque montée sur résilient comme structure réceptrice, comparable à une salle réverbérante. Le niveau de force équivalent est obtenu à partir de la vitesse de plaque mesurée v^2 avec la machine en fonctionnement et les caractéristiques de plaque (mobilité au point d'excitation Y , masse M et durée de réverbération structurale T_s) :

$$L_{F,eq} = 10 \lg \frac{2,2v^2 M 2\pi}{T_s \text{Re}\{Y\} F_{réf}^2} \text{ dB} \quad (\text{D.4})$$

NOTE Des méthodes de mesure correspondant à ces lignes ont été présentées dans la littérature pour des sources comme les machines à laver et les ventilateurs (voir le Paragraphe 5.6).

Pour ces sources, la mobilité de source est très élevée par rapport à tous les types pertinents d'éléments de construction supports et peut être considérée égale à la valeur de référence $Y_{s,réf} = 10^{-3}$ m/Ns. Le niveau de puissance vibratoire caractéristique devient alors :

$$L_{Ws,c} = L_{F,eq} + 10 \lg |Y_s| = L_{F,eq} - 30 \text{ dB} \quad (\text{D.5a})$$

où

L_F est le niveau de force (équivalente) de la source, en décibels ;

Y_s est la mobilité de la source, en mètres par newton-seconde ; $Y_{s,réf} = 10^{-3}$ m/Ns.

Le terme de couplage correspondant à l'élément de construction support i peut dans ce cas être exprimé par :

$$D_{C,i} = -10 \lg \operatorname{Re}\{Y_i\} - 30 \text{ dB} \quad (\text{D.5b})$$

Pour la plupart des éléments de construction supports dans les bâtiments, ce terme aura une valeur négative, indiquant que la puissance injectée réelle sera normalement inférieure à la puissance vibratoire caractéristique.

L'Annexe F donne des indications sur l'estimation de la mobilité Y_i des éléments supports.

D.1.2.3 Force équivalente d'une source par la méthode de substitution

Avec le principe de substitution, des méthodes de mesure pour F_{eq} peuvent être aussi mises au point pour ce type de sources [11], [16]. Les réponses (niveaux de pression acoustique rayonnée ou niveaux de vitesse) de la source considérée et de la source de substitution avec un niveau de force connu (mesuré) sont mesurées.

$$L_{F,eq} = L_{F,source.sub} + (L_{source} - L_{source.sub}) \text{ dB} \quad (\text{D.6})$$

La machine à chocs ISO peut parfois être utilisée comme une source de substitution pratique ; l'Annexe F donne des informations sur le niveau de force de cette source pertinente pour les structures réceptrices à faible mobilité.

Le niveau de puissance vibratoire caractéristique et le terme de couplage sont déterminés à partir de cela et des Équations D.5

D.1.2.4 Appareils d'alimentation en eau

Les bruits solidiens provenant d'appareils dans des installations d'alimentation en eau sont mesurés conformément à l'EN ISO 3822 dans un montage spécial et exprimés comme le niveau de pression acoustique d'appareil L_{ap} . Le niveau de puissance vibratoire caractéristique et le terme de couplage peuvent être déduits de cette grandeur (avec, pour mobilité de source, la valeur de référence $Y_{s,réf} = 10^{-3}$ m/Ns).

$$L_{Ws,c} = L_{ap} - 10 \lg \frac{\operatorname{Re}\{Y\}\sigma}{\omega \eta m} - 22 \approx L_{ap} + 65 + 10 \lg(0,01f + 0,5\sqrt{f}) - 30 \text{ dB} \quad (\text{D.7a})$$

$$D_{C,i} = -10 \lg \operatorname{Re}\{Y_i\} - 30 \text{ dB} \quad (\text{D.7b})$$

L'Annexe F donne des indications sur l'estimation de la mobilité Y_i des éléments supports.

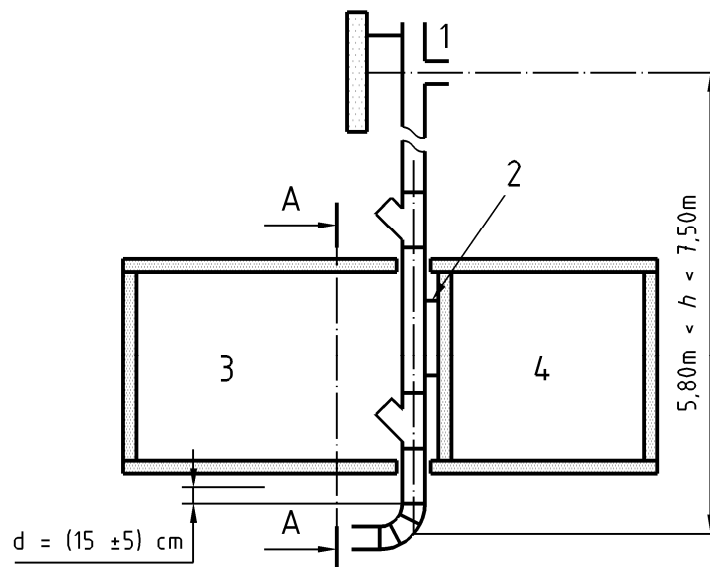
D.1.2.5 Appareils d'évacuation des eaux usées

Les bruits solidiens et aériens générés par les installations d'évacuation des eaux usées sont déterminés dans une configuration de laboratoire normalisée pour une section spécifiée de l'installation d'évacuation des eaux usées et une méthode de montage spécifique conformément à l'EN 14366 (voir Figure D.2).

L'installation est montée à l'intérieur du local d'essai (local d'émission) et fixée au mur d'essai. Les bruits dans le local, produits sous forme de bruits aériens rayonnés directement par l'installation mais aussi sous forme de bruits solidiens rayonnés par le mur, sont mesurés. La contribution solidienne est alors retranchée et le résultat est exprimé comme étant le niveau normalisé de pression acoustique des bruits aériens, L_{an} . Voir l'Annexe C pour les développements complémentaires.

EN 12354-5:2009 (F)

Pour les bruits solidiens, l'installation est montée à l'extérieur du local d'essai (local de réception) et fixée au mur d'essai ; les bruits solidiens mesurés correspondent aux vibrations transmises par les fixations au mur d'essai et rayonnées dans le local d'essai (y compris les transmissions latérales). Les bruits aériens transmis par le mur dans le local d'essai sont également mesurés (installation déconnectée du mur d'essai), puis retranchés s'il y a lieu. La méthode proposée dans la norme s'applique uniquement si le conduit est une source de force (ce qui est le cas dans la configuration très courante de conduits PVC montés sur une structure lourde) et une méthode de mesure simple est alors donnée pour vérifier cette applicabilité. Les propriétés acoustiques du mur d'essai sont mesurées et exprimées au moyen d'une sensibilité structurale ; les bruits solidiens mesurés sont alors corrigés de la différence de sensibilité structurale entre le mur d'essai utilisé et un mur de référence. Le résultat est appelé « niveau caractéristique de pression acoustique des bruits solidiens », $L_{n,sc}$.



Légende

- 1 entrée
- 2 dispositif de fixation
- 3 local d'émission : côté gauche
- 4 local de réception : côté droit

Figure D.2 — Configuration d'essai normalisée pour les installations d'évacuation des eaux usées de l'EN 14366

La source est susceptible de générer uniquement des forces normales au mur porteur, car seules les basses et moyennes fréquences sont concernées (on sait que plus la fréquence augmente, plus la contribution des moments augmente), et car les points de fixation sont habituellement placés loin des arêtes du mur (même aux basses fréquences, les moments peuvent être importants lorsque la source est proche du bord d'un mur) ; on peut donc supposer que la source a un seul degré de liberté (vitesse normale à la paroi). De plus, la mobilité interne du conduit est en général beaucoup plus élevée que la mobilité d'entrée du mur support et le conduit peut être considéré comme une source de force. Ainsi on peut prendre comme mobilité de la source la valeur de référence $Y_{s,réf} = 10^{-3} \text{ m/Ns}$.

Ainsi, le niveau de puissance vibratoire caractéristique et le terme de couplage peuvent être déduits du niveau caractéristique des bruits solidiens, L_{SC} , par :

$$L_{W_{s,c}} = L_{SC} - L_{SSR} + 34,7 - 10 \lg f^2 = L_{SC} + 8 \lg f + 23,5 \text{ dB} \quad (\text{D.8a})$$

$$D_{C,i} = 10 \lg \operatorname{Re}\{Y_i\} - 30 \text{ dB} \quad (\text{D.8b})$$

où

L_{SC} est le niveau caractéristique des bruits solidiens obtenu dans l'EN 14366 ;

L_{SSR} est la sensibilité structurale du mur de référence telle que définie dans l'EN 14366.

L'Annexe F donne des indications sur l'estimation de la mobilité Y_i des éléments supports.

D.1.3 Équipements techniques à mobilité de source connue

Si la mobilité de la source est mieux connue, d'autres estimations de la puissance caractéristique et du terme de couplage peuvent être faites à partir de données de réponses mesurées.

Par exemple, la machine à chocs ISO peut être considérée comme une source de force avec une mobilité de source de type massique ($M = 0,5 \text{ kg}$; $Y_s = 1/j\omega M$) en général appliquée à un élément de construction support i tel une plaque avec une mobilité réelle $Y_i = 1/Z_i$.

$$L_{W_{s,c}} = L_F - 5 - 10 \lg f \approx 115 \text{ dB à } 1 \text{ pW par } 1/3 \text{ d'octave} \quad (\text{D.9a})$$

$$D_{C,i} = -10 \lg \omega M Y_i + 10 \lg [1 + (\omega M Y_i)^2] \text{ dB} \quad (\text{D.9b})$$

L'Annexe F donne des indications sur l'estimation de la mobilité Y_i des éléments supports.

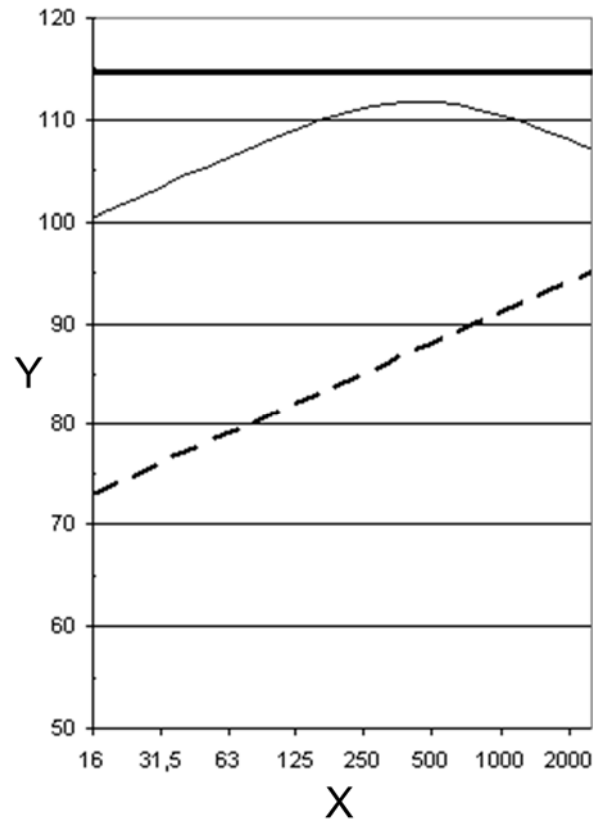
À partir de connaissance sur la construction de la source réelle, des estimations de mobilité réelle de source peuvent être données. Celles-ci peuvent être fondées sur des expressions courantes pour la mobilité des parties essentielles de la machine, telles que la masse totale, les poutres, les plaques, les tubes, etc. Pour les petites sources, la masse totale peut donner une estimation réaliste de la mobilité de la source ; pour les sources avec pieds non rigides, la rigidité de ces pieds et la masse locale seront les bases de la mobilité de la source. Le Tableau D.1 donne un certain nombre de relations pour la mobilité d'éléments de construction types qui sont susceptibles d'être utiles à cet égard.

Tableau D.1 — Estimations de la mobilité d'éléments de construction types

Type de structure	Grandeurs descriptives	Mobilité ($ Y $ en m/N.s)
Masse	M [kg]	$[2\pi f M]^{-1}$
Extrémité de barre	ρ [kg/m ³], c_L [m/s], S [m ²]	$[\rho c_L S]^{-1}$
Poutre	ρ [kg/m ³], c_L [m/s], t [m], w [m]	$[7,6 \rho t w \sqrt{c_L t f}]^{-1}$
Plaque	ρ [kg/m ³], c_L [m/s], t [m]	$[2,3 c_L \rho t^2]^{-1}$
Tube	ρ [kg/m ³], c_L [m/s], t [m], r (rayon) [m]	$[63 \rho t r \sqrt{c_L t f}]^{-1}$
Masse-ressort	M [kg], s [N/m], η [-]	$\left[\left(\frac{2\pi f \eta}{s(1+\eta^2)} \right)^2 + \left(\frac{2\pi f}{s(1+\eta^2)} - \frac{1}{2\pi f M} \right) \right]^{1/2}$

EN 12354-5:2009 (F)

La Figure D.3 illustre la puissance de la source et la puissance installée résultante pour deux types d'élément support déduites de ces équations.



Légende

- $L_{W_{s,c,A}} = 124$ dB (Puissance caractéristique)
 - $L_{W_{inst.,A}} = 119$ dB (Puissance installée (plancher bois))
 - - - $L_{W_{inst.,A}} = 102$ dB (Puissance installée (plancher béton))
- X fréquence [Hz]

Y puissance vibratoire caractéristique [dB à 1 pW] (dB par rapport à 1 pW)

Figure D.3 — Puissance vibratoire de la machine à chocs ISO : puissance de source caractéristique, puissance installée sur un plancher en bois et puissance installée sur un plancher en béton ; le niveau de puissance pondérée A est également indiqué

D.1.4 Équipements techniques à faible mobilité de source

Les machines avec un châssis et/ou des supports rigides lourds peuvent être mieux décrites comme « source de vitesse » par une vitesse libre du point de connexion perpendiculaire à l'élément de construction support. Cependant, cela ne suffit que si la source est montée avec support élastique sur l'élément de construction support. Avec plusieurs points de contact et une certaine contribution des autres degrés de liberté, ces sources peuvent encore être décrites par une seule vitesse, représentative de l'ensemble de l'excitation complexe. On parle alors d'une vitesse équivalente v_{eq} perpendiculaire à l'élément de construction support. Cette description de source simple donnera une réponse « équivalente » à celle de la source réelle, dans les limites de certaines restrictions spécifiées. Les restrictions en question se rapportent aussi bien à la source qu'à la structure support.

NOTE Des méthodes de mesure selon cette approche sont en développement. Il est également possible d'utiliser l'ISO 9611.

Pour ces sources, l'impédance de source est très élevée par rapport à tous les types pertinents d'éléments de construction supports et peut être considérée égale à la valeur de référence $Z_{s,réf} = 10^6$ m/Ns. Le niveau de puissance vibratoire caractéristique devient alors :

$$L_{Ws,c} = L_{v,eq} + 10 \lg |Z_s| + 10 \lg \frac{v_{réf}^2}{W_{réf}} = L_{v,eq} \text{ dB} \quad (D.10a)$$

Le terme de couplage correspondant inclut les propriétés des supports élastiques m tels que caractérisés par leur raideur de transfert dynamique (moyennée en fréquence) k_m , mesurée conformément à l'EN ISO 10846, conduisant à :

$$D_{C,i} = -10 \lg \frac{k_m^2}{\omega^2} \text{Re}\{Y_i\} + 60 \text{ dB} \quad (D.10b)$$

L'Annexe F donne des indications sur l'estimation de la mobilité Y_i des éléments supports.

D.2 Montage avec des supports élastiques

La performance des supports élastiques (éléments résilients, isolateurs de vibrations) pourrait être complètement caractérisée conformément à l'EN ISO 10846 par la matrice de raideur de transfert dynamique (six degrés de liberté). Cependant, pour les applications les plus courantes dans les bâtiments, la raideur de transfert dynamique en translation normale suffit. L'EN ISO 10846-2 décrit une méthode de mesure directe conduisant à la raideur de transfert dynamique $k_{2,1}$, ou à la raideur de transfert dynamique moyennée en fréquence, k_{av} . Cette dernière grandeur peut aussi être exprimée comme le niveau de raideur de transfert dynamique moyennée en fréquence L_{kav} (dB à 1 N/m). En utilisant la raideur de transfert dynamique k_m du support, la mobilité de transfert du support élastique peut s'exprimer par :

$$Y_{k,m} = \frac{j\omega}{k_m} \quad (D.11)$$

Le terme de couplage de l'Équation (19e) s'écrit alors :

$$D_{C,i} = 10 \lg \frac{|Y_s + Y_i + j\omega/k_m|^2}{|Y_s| \text{Re}\{Y_i\}} \text{ dB} \quad (D.12)$$

La différence entre le terme de couplage avec (Équation 19e) et sans (Équation 19b) support élastique représente l'effet du support élastique, c'est-à-dire la différence de puissance injectée (ou la différence de niveau de force appliquée) à l'élément support :

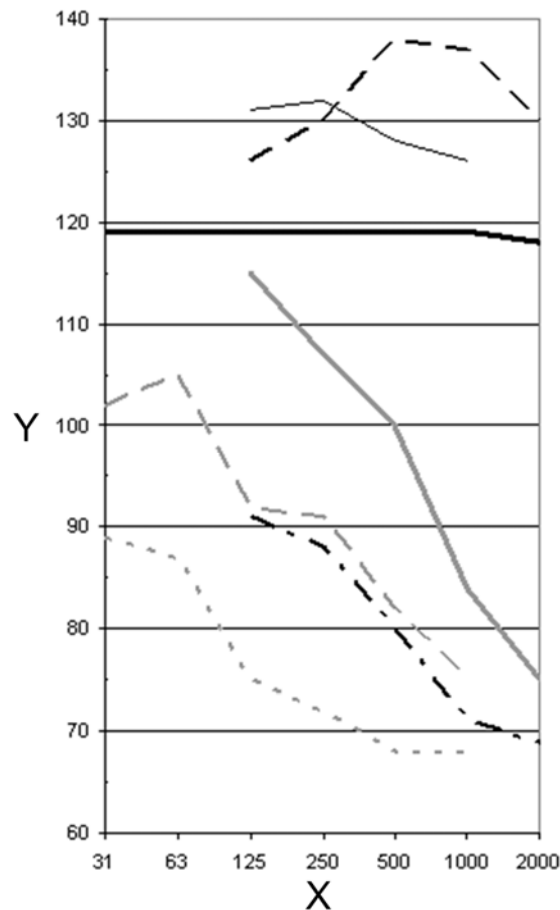
$$\Delta L_{W,inj} = D_{C,i,rigide} - D_{C,i,élastique} = 10 \lg \left| 1 + \frac{j\omega/k_m}{Y_s + Y_i} \right|^2 \approx 10 \lg \left| 1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right|^2 \text{ dB} \quad (D.13)$$

Les approximations sont valides pour un élément support lourd, une impédance de source de type massique (donnant une fréquence de résonance $\omega_0^2 = k_m/M$) et un support élastique idéal. Pour les supports rencontrés dans la pratique, cela ne sera souvent plus le cas aux moyennes et hautes fréquences (résonances internes).

L'Annexe F donne des indications sur l'estimation de la mobilité Y_i des éléments supports.

D.3 Estimation des données sur la puissance de la source, les supports élastiques et les mobilités de source

À l'heure actuelle, on dispose de peu de données systématiques concernant les bruits solidiens générés par des sources et des éléments de systèmes. Dans le futur, des données seront rassemblées provenant des méthodes de mesure qui sont actuellement en cours de développement et de normalisation. Cependant, à titre d'illustration, la Figure D.4 donne des exemples du niveau de puissance vibratoire caractéristique de certaines sources, sur la base de mesurages de la force ou de la vitesse des sources ([11], [17], [18]). Ces données ont été transférées en appliquant respectivement les Équations D.5, D.9 et D.10.



Légende

- machine à chocs ; D.9 ; $Z_s = 2\pi f 0,5 \text{ m/Ns}$
- perceuse ; D.5 ; $Y_{\text{réf}} = 10^{-3} \text{ Ns/m}$
- machine à laver centrifugeuse ; D.5 ; $Y_{\text{réf}} = 10^{-3} \text{ Ns/m}$
- lave-vaisselle ; D.5 ; $Y_{\text{réf}} = 10^{-3} \text{ Ns/m}$
- chaudière ; D.5 ; $Y_{\text{réf}} = 10^{-3} \text{ Ns/m}$
- remplissage de baignoire ; D.5 ; $Y_{\text{réf}} = 10^{-3} \text{ Ns/m}$
- machine de levage sur supports élastiques ; D.10 ; $Z_{\text{réf}} = 10^6 \text{ m/Ns}$

X fréquence [Hz]

Y puissance vibratoire caractéristique [dB à 1 pW] (dB par rapport à 1 pW)

Figure D.4 — Exemples de niveaux de puissance vibratoire caractéristique de certaines sources ; obtenus à partir de mesurages de force ou de vitesse en utilisant respectivement les Équations D.5, D.9 et D.10

Annexe E (informative)

Transmission acoustique par des éléments de conduit et de tuyauterie

E.1 Introduction

La performance acoustique des éléments d'un système par rapport à la transmission acoustique vers l'extérieur et à la propagation du son le long d'un conduit est exprimée par plusieurs grandeurs en fonction du type d'élément. La performance peut être mesurée conformément à des normes appropriées.

Fondés sur de nombreux travaux empiriques et théoriques, des manuels et des guides indiquent plusieurs possibilités pour estimer la perte en transmission acoustique des éléments. Voir par exemple la VDI 2081 [1], le manuel ASHRAE [2] et la norme ARI [3]. Pour l'approche ci-après relative à certains éléments, la norme VDI 2081 et le manuel ASHRAE sont utilisés.

E.2 Paroi de conduit

L'indice d'affaiblissement acoustique R_{i0} d'un conduit de l'intérieur vers l'extérieur est défini par la relation de mesurage :

$$R_{i0} = L_i - L_o + 10 \lg \frac{4S_d}{A} \text{ dB} \quad (\text{E.1})$$

où

L_i est le niveau de pression acoustique à l'intérieur du conduit, en décibels ;

L_o est le niveau de pression acoustique en champ diffus dans le local extérieur au conduit, en décibels ;

S_d est la surface totale du conduit vue du local, en mètres carrés ;

A est l'aire d'absorption équivalente du local, exprimée en mètres carrés.

L'indice d'affaiblissement acoustique R_{oi} d'un conduit de l'extérieur vers l'intérieur est défini par la relation de mesurage :

$$R_{oi} = L_o - L_i + 10 \lg \frac{S_d}{4S_{cd}} \text{ dB} \quad (\text{E.2})$$

où

S_{cd} est la section du conduit, en mètres carrés.

NOTE Les définitions de l'indice d'affaiblissement acoustique dans les deux sens de transmission (Équations E.1 et E.2) suivent l'utilisation qui en est faite dans la VDI. Dans le manuel ASHRAE, la relation de la transmission vers l'intérieur est (par erreur ?) définie quelque peu différemment, bien que la relation entre les deux sens de transmission soit la même que dans la norme VDI. Normalement, il existe entre les deux une relation qui, pour ces définitions, tend vers une différence de 3 dB pour les fréquences élevées : $R_{i0} = R_{oi} + 3 \text{ dB}$.

EN 12354-5:2009 (F)

Les indices d'affaiblissement acoustique dans les deux sens de transmission sont liés par l'équation suivante, exprimée en fonction de la fréquence d'anneau qui dépend du matériau ($c_L \approx 5\,000$ m/s pour le métal) et du diamètre du conduit d ($= \sqrt{4S_{cd}/\pi}$; valeur effective pour une section circulaire, ovale et rectangulaire) :

$$R_{oi} = R_{io} - 10 \lg 2 \left(1 + \frac{2\pi}{k_o^2 S_{cd}} \left(\frac{f_{réf}}{f_R} \right)^2 \right) \text{ dB} \quad (\text{E.3})$$

où

k_o est le nombre d'onde dans l'air ($= 2 \pi f c_o$), en mètre⁻¹ ;

f_R est la fréquence d'anneau ($= c_L / \pi d$), avec une valeur de référence $f_{réf} = 8\,000$ Hz, en hertz.

Aux basses fréquences, la différence entre les deux grandeurs devient inférieure à celle donnée par l'Équation E.3, tendant vers zéro, pour les conduits de section rectangulaire et ovale.

La VDI 3733 [19] et le manuel ASHREA présentent des données sur ces grandeurs pour plusieurs types de conduits.

E.3 Le long d'un conduit droit sans revêtement intérieur

La réduction de puissance acoustique pour la propagation le long d'un conduit droit sans revêtement intérieur est dominée par la transmission acoustique par le conduit vers l'extérieur, telle que caractérisée par l'indice d'affaiblissement acoustique R_{io} . La réduction du niveau de puissance acoustique par unité de longueur peut être estimée par :

$$\Delta L'_W = \left(a + 17,37 \cdot 10^{-R_{io}/10} \right) / d \quad (\text{E.4})$$

où

a est une constante d'affaiblissement dépendant du fluide et du type de conduit.

Pour les conduits lisses à parois dures, a est déterminée par les propriétés du fluide (voir la VDI 3733). Pour des gaz à la pression p_o [Pa] et à la température T [K], on peut l'estimer par :

$$a = 0,15 \sqrt{\frac{f}{p_o}} \left(\frac{T}{293} \right)^{1/4} \quad (\text{E.5})$$

Pour les conduits dans des systèmes de ventilation, cela donne $a \approx 0$, mais en l'occurrence, l'affaiblissement est en général déterminé plutôt par la paroi du conduit proprement dite ; pour les conduits métalliques légers, la valeur varie de $a = 0,08$ pour les conduits circulaires à $a = 0,02$ pour les conduits rectangulaires.

Pour les fluides dans des conduits lisses à parois dures, une estimation empirique donne $a = 0,06$.

E.4 Le long d'un conduit droit avec revêtement intérieur / silencieux

La réduction de puissance acoustique pour la propagation le long d'un conduit droit revêtu intérieurement est dominée par l'absorption acoustique par le revêtement intérieur, bien qu'aux basses fréquences, la transmission acoustique vers l'extérieur puisse rester pertinente. Pour des revêtements minces, la réduction de puissance acoustique pourrait être estimée par l'Équation (E.4) avec $a = 17,37 \alpha$. L'EN 12354-6 donne des informations sur le facteur d'absorption α .

E.5 Changements de section

La réduction de puissance acoustique pour la propagation à travers un changement de section du conduit dépend du rapport de sections r et, pour les augmentations, de la fréquence. Pour les augmentations ($r < 1$) ou les diminutions ($r > 1$), elle est déterminée comme suit :

$$\Delta L'_{W} = 10 \lg \frac{(r+1)^2}{4r} \text{ dB ; si augmentation et } f > f_p : \Delta L'_{W} = 0 \text{ dB} \quad (\text{E.6})$$

où

r est le rapport des sections avant et après le changement ($S_{\text{avant}}/S_{\text{après}}$) ;

f_p est la fréquence de coupure avant le changement ($= c_0/2b$ ou $= 0,586 c_0/d$), en hertz.

E.6 Dérivations

La réduction de puissance acoustique pour la propagation depuis un conduit dans plusieurs dérivations est conforme au rapport de section :

$$\Delta L'_{W, \text{dans } j} = 10 \lg \frac{S_j}{\sum_{j=1}^n S_j} \text{ dB} \quad (\text{E.7})$$

où

S_j est la section de la dérivation j , en mètres carrés ;

n est le nombre de dérivations raccordées au conduit d'entrée.

Il s'agit d'une estimation en basses fréquences ; à des fréquences supérieures, la réduction au niveau des dérivations peut être différente.

E.7 Bouches d'air et ouvertures

La transmission acoustique par une bouche d'air ou une ouverture de conduit dans un espace fermé est donnée par la perte en transmission $D_{t,io}$ telle qu'elle peut être mesurée par la norme appropriée. Cela inclut ladite réflexion d'extrémité. Si la perte par insertion D_i du dispositif est mesurée, cette réflexion d'extrémité doit être ajoutée. Pour une ouverture, cette réflexion d'extrémité peut être estimée par :

$$D_{t,io} = 10 \lg \left[1 + \frac{\Omega}{4k_0^2 S_{co}} \right] \text{ dB} \quad (\text{E.8})$$

où

k_0 est le nombre d'onde ($= 2 \pi f/c_0$) dans l'air, par mètre ;

Ω est l'angle solide libre de rayonnement, centre du local $\Omega = 4\pi$, paroi du local : $\Omega = 2\pi$, arête du local : $\Omega = \pi$, coin du local : $\Omega = \pi/2$, en radians ;

S_{co} est la section de l'ouverture du conduit, en mètres carrés.

EN 12354-5:2009 (F)

La transmission dans le sens opposé, d'un espace fermé à travers le conduit, est donnée par la perte en transmission $D_{t,oi}$ qui peut être déduite directement de $D_{t,io}$ pour un angle solide Ω par :

$$D_{t,oi} = 10 \lg \left(2 \cdot 10^{D_{t,io}/10} - 1 \right) - 10 \lg \left(1,6 + \frac{\Omega}{2k_o^2 S_{co}} \right) \text{ dB} \quad (\text{E.9})$$

E.8 Rayonnement par les ouvertures

Le niveau de pression acoustique dans le champ sonore direct et dans le champ réverbéré est influencé par l'effet des parois réfléchissantes du local à proximité. Aux basses fréquences, il est simplement donné par l'indice de directivité d'angle solide D_Ω (voir l'EN ISO 12354-4), mais aux fréquences supérieures, il se réduit à 0 dB.

$$D_\Omega = 10 \lg \frac{4\pi}{\Omega} \text{ dB} \quad (\text{E.10a})$$

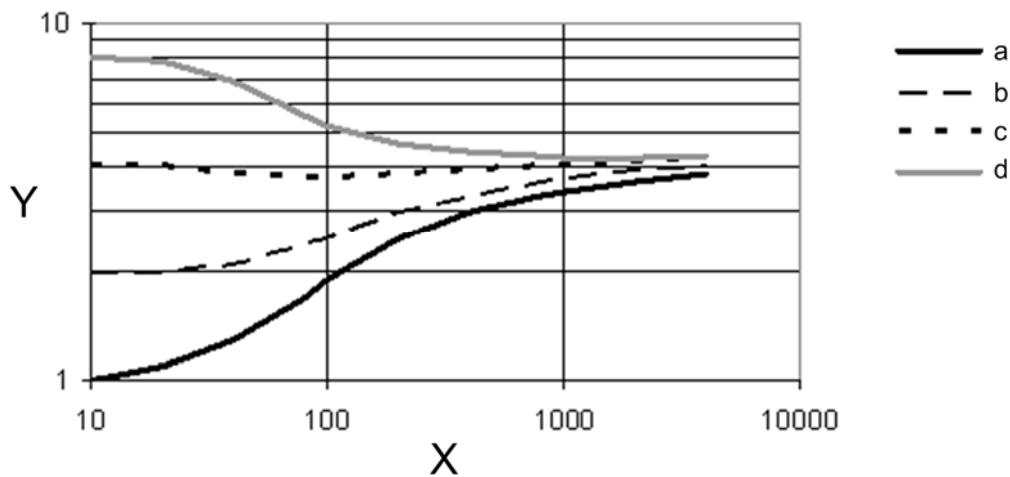
NOTE L'estimation de cette grandeur peut être plus réaliste en tenant compte de la fréquence. Pour une ouverture à une certaine distance x d'un plan, il s'en suit :

$$D_\Omega = 10 \lg \left[1 + \frac{\sin(2k_o x)}{2k_o x} \right] \text{ dB} \quad (\text{E.10b})$$

qui varie de 3 dB aux basses fréquences, à 0 dB aux hautes fréquences. Des estimations comparables sont possibles pour d'autres positions (voir également l'EN 12354-3, Annexe D).

Le niveau de pression acoustique dû au champ direct rayonné d'une ouverture est de plus influencé par la directivité souvent plutôt prononcée de l'ouverture. Il en est notamment ainsi aux fréquences élevées, globalement au-dessus de $f > 5/\sqrt{S_{co}}$, et le résultat peut atteindre $Q = 4$ à 8 pour les angles de 0° à 45° .

Souvent, ces deux effets sont combinés en un seul facteur de directivité effectif, bien que cela semble correct uniquement si le champ direct domine et la réduction appliquée au niveau de l'ouverture est mesurée avec une position de l'ouverture exempte de réflexion. À titre d'exemple, une figure de la VDI 2081 en donne une illustration pour un rayonnement à un angle de 45° .



Légende

- a centre
- b dans le plan
- c près de l'arête
- d en coin
- Y facteur de directivité Q
- X $f \cdot S$ [m/s]

Figure E.1 — Facteur de directivité Q pour une ouverture en des positions diverses dans un local pour 45° , en fonction de son aire et de la fréquence ; effet combiné de la directivité de l'ouverture et de la proximité de surfaces réfléchissantes [tiré de la VDI 2081]

Pour le niveau moyen de pression acoustique dans le local tel que défini dans l'EN ISO 16032, seul le champ réverbéré est pertinent et donc seule la directivité donnée par l'Équation (10) est valide.

Annexe F (informative)

Transmission acoustique dans les bâtiments

F.1 Transmission par les jonctions

L'EN 12354-1 décrit le calcul de R_{ij} à partir de données relatives aux éléments et aux jonctions. La transmission à travers une jonction est donnée par l'indice d'affaiblissement vibratoire K_{ij} . Dans l'EN 12354-1, la transmission est décrite pour deux locaux adjacents. Cependant, dans le cas de la transmission acoustique depuis des équipements techniques, il est possible que le local de réception soit situé à quelques jonctions du local d'émission. Dans ces situations, les mêmes équations peuvent tout de même être utilisées pour chaque chemin de transmission, avec les interprétations suivantes :

- K_{ij} n'est plus la grandeur invariante pour une jonction mais il convient de l'interpréter comme couvrant la transmission à travers toutes les jonctions du chemin considéré ;
- il doit être tenu dûment compte de la transmission supplémentaire par des types d'onde autres que les ondes de flexion, ce qui peut être fait avec un terme correctif ΔK .

Il faut aussi savoir qu'il est dans ce cas possible d'identifier plus de chemins de transmission entre l'élément i et l'élément j , qui doivent tous être pris en compte soit séparément, soit après avoir été d'abord combinés en un $R_{ij, \text{réf}}$ effectif. L'indice d'affaiblissement vibratoire équivalent entre l'élément i et l'élément j sur plusieurs jonctions pour un chemin spécifique peut alors être estimé à partir de l'Équation (F.1).

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{\sqrt{l_{i,i+1} l_{j,j-1}}}{\sqrt{a_i a_j}} = \sum_{k=i}^{j-1} K_{k,k+1} - 10 \lg \sqrt{l_{i,i+1} l_{j-1,j}} \frac{\prod_{k=i+1}^{j-2} l_{k,k+1}}{\prod_{k=i+1}^{j-1} a_k} - \Delta K \text{ dB} \quad (\text{F.1})$$

où

$l_{i,j}$ est la longueur de couplage entre les éléments i et j , en mètres ;

a_i, a_j, a_k sont respectivement la longueur d'absorption équivalente pour les éléments i, j et k , en mètres ;

ΔK est le terme correctif de l'indice d'affaiblissement vibratoire pour prendre en compte un affaiblissement moindre dû à des types d'ondes autres que les ondes de flexion, en décibels.

Comme première estimation, appropriée pour des éléments fortement amortis et/ou qui ne sont pas particulièrement petits, la longueur d'absorption équivalente pour les éléments intermédiaires peut être considérée numériquement égale à l'aire de ces éléments.

En s'appuyant sur des données publiées, la valeur de ΔK pourrait être estimée par $\Delta K = 4$ dB pour deux jonctions et $\Delta K = 6$ dB pour trois jonctions ou plus ; il convient normalement que la valeur résultante de K_{ij} ne devienne pas inférieure à -5 dB [20].

Lorsque les chemins de transmission existent en grand nombre, l'utilisation d'un modèle SEA complet pourrait être plus appropriée si les éléments considérés s'inscrivent dans l'approche de prédiction [21]. Lors de l'utilisation de la modélisation SEA, il convient de noter qu'il existe un lien direct entre les grandeurs de la norme et les facteurs de couplage tels qu'utilisés dans la modélisation SEA de la transmission acoustique. Pour une seule jonction, la relation avec le facteur de couplage η_{ij} est donnée dans l'Équation (F.2a), et pour des jonctions multiples avec l'Équation (F.2b) :

$$K_{ij} = -10 \lg \eta_{ij} \frac{\pi^2 S_i}{c_o l_{ij}} \sqrt{\frac{f_{c,i}}{f_{c,j}}} \sqrt{f_{réf} f} \text{ dB} \quad (\text{F.2a})$$

$$\eta_{ij} = \frac{\eta_{i,i+1} \eta_{i+1,i+2} \dots \eta_{j-2,j-1} \eta_{j-1,j}}{\eta_{i+1}^* \eta_{i+2}^* \dots \eta_{j-2}^* \eta_{j-1}^*} \quad (\text{F.2b})$$

où

η_{ij} est le facteur de couplage entre l'élément i et l'élément j ;

η_i^* est le facteur de perte total pour l'élément i ($= 2,2 / f T_{s,i}$) ;

l_{ij} est la longueur de couplage entre l'élément i et l'élément j (une seule jonction) ou entre l'élément i et l'élément $i+1$ (plusieurs jonctions), en mètres ;

f_c est la fréquence critique de l'élément, en hertz.

F.2 Terme correctif

Pour la transmission des bruits solidiens, le terme correctif D_{sa} tel que défini par l'Équation (20) est pertinent. Il décrit le rapport entre la puissance vibratoire injectée et la puissance acoustique incidente, conduisant à la même énergie pour les vibrations libres dans l'élément considéré.

Pour une excitation qui est essentiellement une excitation de force perpendiculaire à l'élément de construction support et un élément de construction support qui peut être représenté comme étant un élément homogène, le terme correctif relatif à l'élément de construction support, en utilisant les équations tirées de l'EN 12354-1:2000, Annexe B, peut s'écrire :

$$D_{sa,i} = 10 \lg \frac{400 f_{c,i} \sigma_i}{m_i f^2} \text{ dB} \quad (\text{F.3})$$

où

$f_{c,i}$ est la fréquence critique de l'élément i , en hertz ;

σ_i est le facteur de rayonnement de l'élément i ;

m_i est la masse surfacique de l'élément i , en kilogrammes par mètre carré ;

f est la fréquence médiane de la bande de fréquences, en hertz.

Cela est exact pour les fréquences supérieures à la fréquence critique f_c ($\sigma_i \approx 1$) et une bonne approximation sur l'ensemble des bandes de fréquences. Le facteur de rayonnement de l'élément peut être estimé à partir de l'EN 12354-1:2000, Annexe B.

EN 12354-5:2009 (F)

F.3 Mobilité des éléments de construction supports

F.3.1 Éléments essentiellement homogènes

Au-dessus de la fréquence de résonance la plus basse f_{11} , la mobilité est essentiellement réelle et déterminée par la masse surfacique m et la rigidité en flexion B' [22]. Pour un grand élément i (dans la zone centrale de l'élément), elle est déterminée comme suit :

$$Y_i = Y_{i,\infty} = \frac{1}{8\sqrt{mB'}} = [2,3c_L \rho t^2]^{-1} \approx [150000 t / f_c]^{-1} \quad (\text{F.4})$$

où

- f_c est la fréquence critique de l'élément, en hertz ;
- m est la masse surfacique de l'élément, en kilogrammes par mètre carré ;
- ρ est la masse volumique (effective) de l'élément, en kilogrammes par mètre cube ;
- c_L est la vitesse longitudinale de l'élément, en mètres par seconde ;
- t est l'épaisseur de l'élément, en mètres.

La fréquence de résonance, en supposant une plaque simplement appuyée, est donnée par :

$$f_{11} = \frac{c_0^2}{4f_c} \left(\frac{1}{l_1^2} + \frac{1}{l_2^2} \right) \quad (\text{F.5})$$

où

- l_1, l_2 sont la longueur et la largeur de l'élément, en mètres.

La paroi peut effectivement ne pas être simplement appuyée avec des supports non rigides, à savoir des poutres légères, ce qui conduit à une fréquence de résonance plus basse.

En dessous de la fréquence de résonance, la mobilité devient complexe et elle est déterminée par la rigidité du support de l'élément.

Dans le cas de parois multicouches, la mobilité est déterminée à partir de la même équation en utilisant une masse surfacique et une rigidité en flexion effectives.

F.3.2 Éléments avec poutres

Les éléments avec poutres présentent un comportement différent dans les différentes bandes de fréquences, en fonction de la fréquence de résonance de la paroi entre les poutres (F.5) [23] :

$f < f_{11}$ utiliser F.4 avec les valeurs de rigidité en flexion $B'_{\text{eff}} = \sqrt{B'_x B'_y}$ et de masse effectives

$f > f_{11}$ excitation entre les poutres : utiliser F.4 pour le champ de la paroi
excitation sur les poutres : utiliser les valeurs effectives de B' et de m pour une section en T
ou $Y_{\text{poutre}} = (4m_b b \sqrt{\omega \sqrt{B'_b / m_b}})^{-1}$

F.3.3 Excitation à proximité des bords et des coins

Selon [24], la mobilité pour une excitation à proximité d'un bord est donnée comme suit.

bord rigide à une distance a

$$\operatorname{Re}\{Y_i\} = \operatorname{Re}\{Y_{i,\infty}\}[1 - J_0(2k_B a)] \approx \operatorname{Re}\{Y_{i,\infty}\} \left[(k_B a)^2 - \frac{1}{4}(k_B a)^4 \right] \text{ pour } k_B a \leq 1 \quad (\text{F.6a})$$

coin rigide à une distance a, b

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}\{Y_i\} &= \operatorname{Re}\{Y_{i,\infty}\}[1 - J_0(2k_B a) - J_0(2k_B b) + J_0(2k_B \sqrt{a^2 + b^2})] \\ &\approx \operatorname{Re}\{Y_{i,\infty}\} \frac{(k_B a)^4}{2} \left(\frac{b}{a}\right)^2 \text{ pour } k_B a \leq 1 \end{aligned} \quad (\text{F.6b})$$

F.4 Mesurage de la transmission totale

F.4.1 Transmission des bruits aériens

La transmission totale des bruits aériens par le bâtiment peut également être déduite des mesurages conformément à l'EN ISO 140-4, exprimée par exemple comme étant l'isolement acoustique normalisé D_n entre local d'émission et local de réception. Ceci peut servir à estimer la pression acoustique normalisée totale provenant d'une source de bruits aériens dans les cas où toutes les surfaces dans le local d'émission sont excitées par le champ acoustique diffus uniquement. Dans ce cas, $D_{s,i} = 10 \lg S_i / A_s$ pour chaque surface i et les Équations (12) et (13) peuvent être combinées :

$$L_{n,a} = L_W - 10 \lg \frac{A_s}{4} + 10 \lg \sum_{i,j} 10^{-R_{ij}/10} = L_W - 10 \lg \frac{A_s}{4} - D_n \text{ dB} \quad (\text{F.7})$$

où

$L_{n,a}$ est le niveau normalisé de pression acoustique dû à la transmission des bruits aériens, en dB réf. 20 μPa ;

L_W est le niveau de puissance acoustique de la source, en dB réf. 1 pW ;

A_s est l'aire d'absorption équivalente du local d'émission, en mètres carrés ;

R_{ij} est l'indice d'affaiblissement acoustique latéral pour le chemin de transmission ij , en dB ;

D_n est l'isolement acoustique normalisé entre le local d'émission et le local de réception, en dB.

EN 12354-5:2009 (F)

Dans certaines situations, il peut être avantageux de mesurer la transmission dans le sens opposé, c'est-à-dire du local de réception vers le local d'émission. L'isolement acoustique normalisé est alors déterminé à partir de :

$$D_n^{\text{récep}} = L_r - L_s - 10 \lg \frac{A_{\text{source}}}{A_{\text{ref}}} \quad (\text{F.8})$$

où

$D_n^{\text{récep}}$ est le niveau normalisé de pression acoustique tel que mesuré réciproquement, en dB réf. 20 μPa ;

L_r est le niveau de pression acoustique dans le local de réception, généré par la source sonore dans ce local, en dB réf. 1 pW ;

L_s est le niveau de pression acoustique dans le local d'émission, agissant comme local de réception, en dB réf. 20 μPa ;

A_{source} est l'aire d'absorption équivalente dans le local d'émission, en mètres carrés.

F.4.2 Transmission des bruits solidiens

La transmission totale des bruits solidiens par le bâtiment peut également être déduite de mesurages. Conformément aux mesurages effectués avec la machine à chocs ISO selon l'EN ISO 140-7, la transmission peut être exprimée comme étant l'isolement acoustique normalisé entre le niveau de force appliquée et le niveau de pression acoustique $D_{Fp,n}$:

$$D_{Fp,n} = L_F - L_r - 10 \lg \frac{A}{A_{\text{ref}}} \quad (\text{F.9})$$

où

$D_{Fp,n}$ est l'isolement acoustique normalisé entre la force appliquée dans le local d'émission et la pression acoustique dans le local de réception, en dB ;

L_F est le niveau de force dans le local d'émission, en dB réf. 1 pN ;

L_r est le niveau de pression acoustique dans le local de réception, en dB réf. 20 μPa ;

A est l'aire d'absorption équivalente dans le local de réception, en mètres carrés.

Dans certains cas, la machine à chocs peut remplacer le pot électrodynamique. Dans ce cas, le niveau de force, exprimé en bandes d'octave, est tel que donné dans le Tableau F.1. Jusqu'à environ 1 000 Hz, cela correspond à $L_F = 10 \lg 2,5f / 10^{-12}$ dB réf. 1 pN ou $L_F = 10 \lg 0,8f / 10^{-12}$ dB réf. 1 pN par bandes de tiers d'octave, proche des valeurs théoriques prévues [22].

Tableau F.1 — Niveau de force L_F réf. 1 pN pour la machine à chocs ISO en bandes d'octave

Bande d'octave avec fréquence centrale (Hz)							
31	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
139	142	145	148	151	154	156	156

EN 12354-5:2009 (F)

Lorsque la source de bruits solidiens peut être considérée comme une source de force fixée à la structure du bâtiment au point de mesure, les Équations (18) et (19c) peuvent être combinées en :

$$L_{n,s} = L_{W_{s,c}} + 30 - D_{Fp,n} \text{ dB} \quad (\text{F.10})$$

Pour les bruits solidiens, il est normalement plus pratique de mesurer la transmission dans le sens opposé, générant une puissance acoustique dans le local de réception et mesurant le niveau de vitesse à la (aux) position(s) d'excitation dans le local d'émission. L'isolement acoustique est alors déterminé à partir de :

$$D_{Fp,n}^{\text{récep}} = L_r - L_{v,s} - 10 \lg f^2 + 109,5 \quad (\text{F.11})$$

où

$D_{Fp,n}^{\text{récep}}$ est l'isolement acoustique normalisé entre la force appliquée dans le local d'émission et la pression acoustique dans le local de réception, telles que mesurées réciproquement, en dB ;

$L_{v,s}$ est le niveau de vitesse dans le local d'émission normal au point d'application de la force, en dB réf. 10^{-9} m/s ;

L_r est le niveau de pression acoustique dans le local de réception, généré par la source de bruits aériens dans ce local, en dB réf. $20 \mu\text{Pa}$;

f est la fréquence centrale de la bande de fréquences, en hertz.

Annexe G (informative)

Niveaux acoustiques aux basses fréquences

Les niveaux de pression acoustique générés dans un local par une source sonore ou un élément de construction rayonnant(e) tels que mesurés conformément à l'EN ISO 16032 sont une estimation de la moyenne du local entier, à l'exclusion de la zone à moins de 0,5 m des parois du local, également aux basses fréquences.

Cependant, les niveaux de pression acoustique dans un local aux basses fréquences présenteront de fortes variations de position, l'écart type étant globalement inversement proportionnel à la densité modale ([25], [26], [27], [28]). La variation du niveau de pression acoustique dans le local est caractérisée par un écart type aux basses fréquences pour les bandes d'octave de l'ordre de :

$$\sigma_{p,\text{oct}} \approx (1 + 0,2/n(f)) \text{ avec } n(f) = \frac{4\pi Vf^2}{c_o^3} + \frac{\pi S_t f}{2c_o^2} + \frac{L}{8c_o} \quad (\text{G.1})$$

où

$\sigma_{p,\text{oct}}$ est l'écart type du niveau de pression acoustique en bandes d'octave, exprimé en dB ;

$n(f)$ est la densité modale par hertz ;

c_o est la vitesse du son dans l'air ($c_o \approx 340$ m/s), en m/s ;

V est le volume du local, en mètres cubes ;

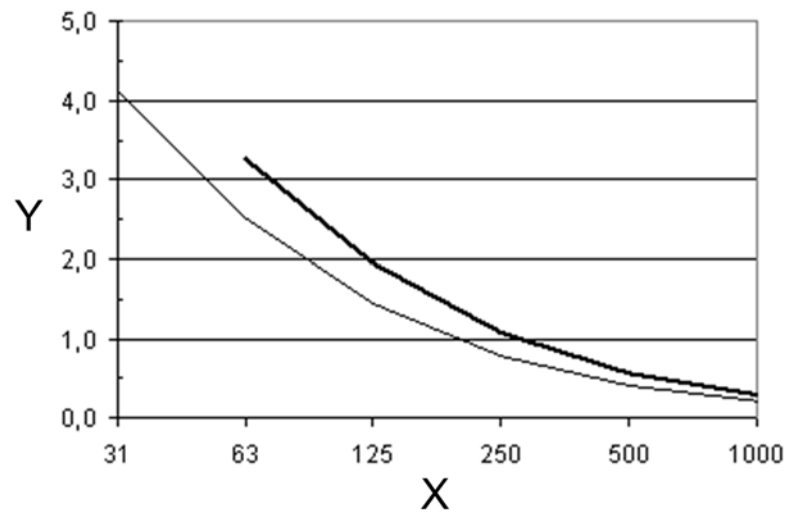
S_t est la surface totale des parois du local, en mètres carrés ;

L est la longueur totale des arêtes du local, en mètres ;

f est la fréquence centrale de la bande d'octave, en hertz.

En raison du type de déformée modale dans les locaux, cette variation se traduit par un niveau de pression acoustique systématiquement inférieur au centre du local en comparaison à la moyenne du local entier. Cette différence peut être prise en compte par ladite correction de Waterhouse (voir l'Équation G.2 et l'illustration de la Figure G.1 pour deux salles rectangulaires de faible hauteur d'étage). Cependant, l'expérience montre que la différence en bandes d'octave est habituellement inférieure et, dans le cas d'un centre de local situé à 2 m au moins des murs, elle est plus proche de la moitié de ces valeurs.

$$C_W = 10 \lg \left[1 + \frac{c_o S_t}{8 f V} \right] \text{ dB} \quad (\text{G.2})$$



Légende



 50 m³
 200 m³
 X fréquence [Hz]
 Y Cw [dB]

Figure G.1 — Correction de Waterhouse en dB pour deux locaux rectangulaires à faible hauteur d'étage

Les niveaux estimés de pression acoustique conformes à la présente norme utilisent la théorie du champ acoustique diffus, également aux basses fréquences. Un certain nombre d'études indiquent qu'aux basses fréquences, ces niveaux acoustiques surestiment la moyenne mesurée du local. Les niveaux estimés de pression acoustique aux basses fréquences penchent donc du côté de la sécurité, l'Équation G.1 donnant une indication de la marge de sécurité.

Annexe H **(informative)**

Lignes directrices pour la conception des locaux techniques

H.1 Généralités

La conception d'un local technique dans un bâtiment, sa position dans le bâtiment et les structures du bâtiment doivent être esquissées à un stade précoce de la planification lorsqu'aucune donnée détaillée n'existe. À ce stade, il peut s'avérer difficile d'effectuer des calculs détaillés. Afin de faciliter certaines décisions relatives aux constructions, les règles empiriques suivantes peuvent être appliquées. Elles sont données pour un système de ventilation mais elles sont globalement applicables à d'autres locaux techniques comparables (c'est-à-dire équipement de chauffage, ascenseur, etc.).

H.2 Choix de l'équipement

Il est essentiel d'optimiser les données de pression et d'écoulement de l'unité de traitement d'air et du système de conduits par rapport au bruit. Un système de conduits compliqué, comportant plusieurs coudes et changements de dimensions, entraîne une forte perte de charge et le ventilateur doit forcément fonctionner à haute pression. Le fonctionnement à haute pression et dans des conditions médiocres d'écoulement de l'air crée des niveaux acoustiques élevés et de fortes vibrations des conduits, ainsi que des bruits solidiens. Comme règle empirique, le mode de rendement énergétique le plus élevé est aussi souvent le plus silencieux. Un système silencieux de traitement d'air comprend typiquement des conduits de grande section, des rayons de courbure modérés, des diffuseurs de débit d'air, des espaces pour des chambres de distribution de pression avant et après le ventilateur, et un silencieux à faible perte de pression. Il est rentable de comparer différents types de conception d'unités et de conduits, du fait que l'émission acoustique de l'unité et des conduits impose sur la construction du bâtiment des exigences différentes en termes de bruit et de vibration.

Il convient d'inclure un plan de maintenance afin d'éviter des niveaux acoustiques élevés lorsque des parties du système ne fonctionnent pas de manière optimale, par exemple remplacement régulier des filtres à air et équilibrage de la ligne de transmission de puissance. Le vieillissement peut nuire aux performances de l'isolateur de vibrations, notamment lorsqu'il est exposé à des substances chimiques ou corrosives, et il convient d'en vérifier régulièrement le fonctionnement.

H.3 Emplacement du local technique et de l'unité de traitement d'air

Dans la mesure du possible, placer les locaux techniques en des endroits éloignés des espaces sensibles au bruit. De petites salles de stockage, des WC, etc. peuvent être utilisés pour diminuer la transmission de bruits aériens.

Un grand espace est préférable pour les équipements. Placer l'unité de traitement d'air en un endroit éloigné de la dalle et des murs. Il convient que toutes les faces de l'unité soient accessibles. Placer le silencieux primaire à proximité de l'unité de traitement d'air. Concevoir la forme des conduits de façon à assurer un écoulement efficace de l'air dans les conduits, avec une perte de charge minimale. Dans la mesure du possible, éviter les dérivations et les coudes prononcés du conduit principal.

L'isolement acoustique des conduits rectangulaires est beaucoup plus faible que celui des conduits circulaires. Ne pas placer les conduits rectangulaires à proximité de murs légers ou de plafonds suspendus ; utiliser plutôt des locaux tampons ayant un isolement acoustique suffisant pour prévenir la transmission acoustique aux autres locaux.

Il convient que les entrées et sorties d'air extérieures n'exposent pas les bâtiments voisins à des niveaux excessifs, qui peuvent être estimés conformément à l'EN 12354-4. Des silencieux et des écrans peuvent être utilisés pour diminuer l'exposition au bruit.

H.4 Isolement aux bruits aériens du local technique

Pour les dalles et les murs, il est préférable d'utiliser des matériaux lourds, tels que briques, béton, etc.

Si des doubles parois légères sont utilisées, il convient de les concevoir avec une fréquence de résonance fondamentale de double paroi très inférieure aux fréquences fondamentales de l'unité de traitement d'air. Cela peut être réalisé avec une masse surfacique élevée (par exemple, trois à cinq couches de plaques de plâtre de chaque côté), des montants résilients ou des lisses, une lame d'air épaisse et avec un maximum de matériau absorbant acoustique dans la cavité.

H.5 Isolement aux bruits solidiens et aux vibrations

H.5.1 Structure lourde

Comme règle empirique, la masse de la partie de la dalle située en dessous et à proximité de l'unité (couvrant approximativement la surface de l'unité) doit être supérieure à celle de l'unité de traitement d'air. Il est possible d'augmenter la masse de la dalle au moyen d'une couche supplémentaire de béton ou d'utiliser une unité de traitement d'air moins lourde. Typiquement, une dalle de béton de 220 mm à 250 mm est préférable d'une manière générale.

Il convient de calculer les fréquences de résonance de la dalle ($f_{\text{structure}}$) en fonction des masses combinées de l'unité de traitement d'air et de la dalle, ainsi que de la rigidité de la dalle en tenant compte des portées et de la position des supports. La première fréquence de résonance doit être supérieure à toute fréquence de rotation de l'unité de traitement d'air ($f_{\text{unité}}$), en tenant compte des diverses vitesses de rotation du moteur, du compresseur de refroidissement, des pompes, etc. La fréquence de résonance des isolateurs (f_{isol}) doit être encore plus faible, approximativement $f_{\text{isol}} < f_{\text{unité}}/4$. Les fréquences de résonance ne doivent pas coïncider. La masse de l'unité peut être répartie différemment sur les supports. Le poids sur chaque support entraîne une déformation statique b de l'isolateur, égale à $320/f_{\text{isol}}^2$ (mm). Il convient de limiter la déformation des isolateurs à environ 25 mm pour les ressorts en acier et à 12 mm pour les isolateurs en élastomère, ce qui correspond respectivement à une valeur minimale f_{isol} de 3,6 Hz et de 5,2 Hz.

H.5.2 Structure légère

Il convient de ne pas monter les unités de traitement d'air directement sur des planchers flottants, des dalles en béton allégé, des planchers avec solives en bois ou sur des structures de plaques d'acier. La pratique recommande de bâtir une structure séparée qui supporte l'unité de traitement d'air, aussi rigide que possible (profils en acier avec un moment d'inertie élevé). Les supports des ossatures doivent être des parois lourdes ou des colonnes rigides qui n'ont aucun contact structurel avec les autres parties de la structure du bâtiment. Même de petits points de contact peuvent générer des bruits solidiens dans le bâtiment. Dans certains cas, il peut être pratique de suspendre élastiquement l'unité à la structure du toit.

EN 12354-5:2009 (F)

Les isolateurs de vibrations sont conçus avec une fréquence de résonance fondamentale f_{isol} au moins trois fois inférieure à la fréquence de résonance de la structure $f_{\text{structure}}$. Les isolateurs de vibrations et la structure doivent être conçus avec un facteur de perte structurel aussi élevé que possible. Il n'est pas recommandé d'utiliser les poutres de l'ossature en support du système d'isolation aux vibrations.

H.6 Conduits et système de conduits

Les parties vibrantes des équipements techniques qui sont suspendues par des isolateurs de vibrations internes ou externes, c'est-à-dire moteur, ventilateur, pompes, etc. ne doivent pas être reliées à la structure du bâtiment, car cela augmenterait considérablement les bruits solidiens.

Le câblage électrique, les conduits d'alimentation en eau, les conduits hydrauliques, etc. ne doivent pas être directement fixés à la structure du bâtiment. Ils doivent être munis de colliers avec matériau absorbant les vibrations ou être montés rigidement à des socles (par exemple, des blocs de béton) qui reposent sur des plots élastiques sur la dalle. Les matériaux élastiques utilisés pour les plots et les colliers doivent conserver leurs propriétés élastiques par rapport aux charges physiques et environnementales (c'est-à-dire résister à l'humidité, aux alcalis et aux composés organiques).

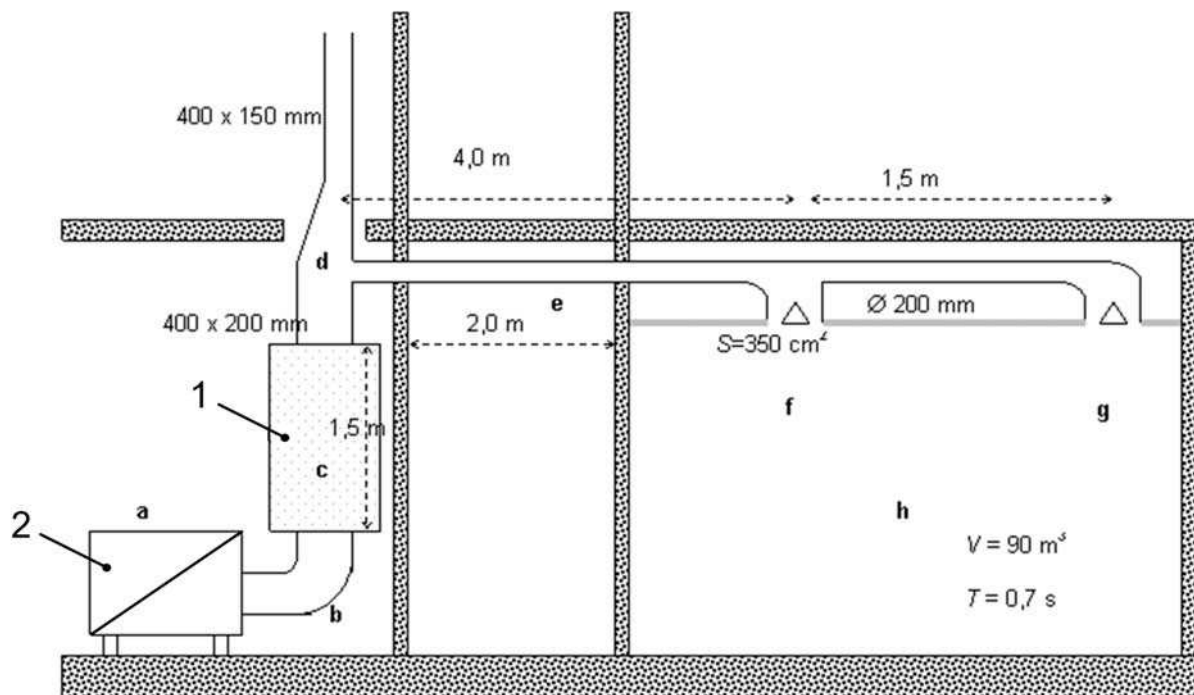
Les sorties d'air dans les locaux transmettent le bruit différemment selon de leur emplacement. Les sorties d'air situées dans les coins augmentent les bruits basses fréquences dans le local. Il convient de choisir les entrées d'air en tenant compte de cet effet d'emplacement.

Annexe I (informative)

Exemples de calcul

I.1 Exemple d'un système de ventilation

Un système de ventilation dessert un petit bâtiment de bureaux. La Figure I.1 illustre un système de ventilation avec le ventilateur et ses dimensions, l'un des bureaux qu'il ventile et un espace fermé par lequel passe le conduit. Le Tableau I.1 indique les étapes de prévision et les données d'entrée utilisées, largement basées sur des données tirées de la norme VDI [1] et du manuel ASHREA [2]. L'exemple traite du bruit de ventilateur dans le local *h*, du bruit d'écoulement du silencieux *c* dans le local *h*, du bruit d'écoulement des bouches d'extraction d'air dans le local *h* et du bruit rayonné par le conduit *e* dans l'espace fermé environnant.



Légende

- 1 Silencieux
- 2 Ventilateur

Figure I.1 — Exemple d'une situation avec un système de ventilation

EN 12354-5:2009 (F)

Tableau I.1 — Exemple de calcul du bruit rayonné dans le local (h) de la Figure I.1 ; bruit de ventilateur par les bouches d'extraction (grille)

n°	élément	grandeur	remarque / source	63	125	250	500	1 000	2 000	A
a	source	L_W	Fabricant, ventilateur centri. ($q = 0,44 \text{ m}^3/\text{s}$; $\Delta P = 60 \text{ Pa}$)	63,0	64,0	65,0	60,0	55,0	50,0	62
-			corr. point de fonctionnement [1]	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	-
b	coude	ΔL_W	[1]	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0	3,0	-
c	silencieux	ΔL_W	s200/220 ; I1500 ; fabricant	2,0	6,0	13,0	25,0	32,0	30,0	-
d	dérivation	ΔL_W	[1] ; rapport $S = 0,5$ + aff. coude.	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	5,0	-
e	conduit	ΔL_W	[1], $l = 4,0 \text{ m}$	3,0	0,4	0,5	0,6	1,0	1,0	-
f	dérivation	ΔL_W	Annexe E ; rapport $S = 0,34$	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	-
e'	conduit	ΔL_W	[1], $l = 2,5 \text{ m}$	1,9	0,3	0,3	0,4	0,6	0,6	-
g	grille	ΔL_W	Ann. E.8 ; paroi, $S = 350 \text{ cm}^2$	15,3	9,7	4,9	1,8	0,5	0,1	-
h	local	$10 \lg 4/A$	$A = A_{\text{réf}} = 10 \text{ m}^2$	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-
		$L_{n,d} (g)$	Éq. 3 = $a' - (b+c+d+e+f+e'+g)+h$	35,2	42,0	39,7	24,6	11,2	7,6	32
h		$L_{n,d} (f)$	comme (g), moins aff. conduit f	37,0	42,2	40,0	24,9	11,8	8,2	33

Ainsi, le niveau acoustique normalisé pondéré A dans le local causé par le bruit du ventilateur à travers les deux ouvertures de sortie sera de 36 dB, le niveau pondéré C pour la même gamme de fréquence sera alors de 48 dB.

La prise en compte du champ direct à une distance de 2 m (Éq. 3b) donne un résultat supérieur de 1 dB au plus.

Tableau I.2 — Exemple de calcul du bruit rayonné dans le local (h) de la Figure I.1 ; bruit d'écoulement du silencieux par l'ouverture de sortie (grille)

n°	élément	grandeur	remarque / source	63	125	250	500	1 000	2 000	A
c	source	L_W	[1] ; $\Delta P = 50 \text{ Pa}$, $v = 5 \text{ m/s}$	28,0	24,0	20,0	16,0	8,0		17
d-h		$\Sigma \Delta L_W$	Comme tableau I.1	23,9	14,1	9,4	6,5	6,8	7,4	-
		$10 \lg 4/A$								
		$L_{n,d} (g)$		4,1	9,9	10,6	9,5	1,2	-7,4	9

Le niveau à travers une seule ouverture étant seulement de 9 dB, cette contribution peut être négligée.

Tableau I.3 — Exemple de calcul du bruit rayonné dans le local (h) de la Figure I.1 ; bruit d'écoulement par les ouvertures de sortie (grille)

n°	élément	grandeur	remarque / source	63	125	250	500	1 000	2 000	A
f		L_W	fabricant ; à 5 m/s	33,0	34,0	30,0	31,0	31,0	22,0	34
h	salle	$10 \lg 4/A$	$A = A_{\text{réf}} = 10 \text{ m}^2$	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	-
		$L_{n,d} (g)$	Éq. 3 = $a - (b+c+d+e+f+g)+h$	29,0	30,0	26,0	27,0	27,0	18,0	30
		$L_{n,d} (f)$	comme h	29,0	30,0	26,0	27,0	27,0	18,0	30

Ainsi, le niveau acoustique normalisé pondéré A dans le local causé par le bruit d'écoulement aux ouvertures de sortie (deux grilles) sera de 33 dB, le niveau pondéré C pour la même gamme de fréquence sera alors de 38 dB. Il est inférieur au bruit du ventilateur, mais non négligeable.

Tableau I.4 — Exemple de calcul du bruit rayonné dans le local (h) de la Figure I.1 ; niveaux acoustiques totaux dus au ventilateur, au bruit d'écoulement du silencieux et des grilles

n°	élément	grandeur	remarque / source	63	125	250	500	1 000	2 000	A
	local, total	$L_{n,d}$	Éq. 2 avec les résultats Tableaux I.1, I.2 et I.3	40,0	45,4	43,0	32,1	30,2	21,4	37
		L_d (ventilateur)	$A = 0,16 V/T = 0,16 90/0,7$	36,8	42,3	39,9	28,9	27,0	18,3	34

Ainsi, le niveau acoustique pondéré A réel dans le local causé par le système de ventilation sera de 34 dB, et le niveau pondéré C sera alors de 45 dB.

Tableau I.5 — Exemple de calcul du bruit rayonné par l'élément de conduit e de la Figure I.1

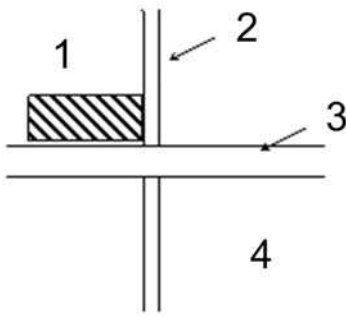
n°	élément	grandeur	remarque / source	63	125	250	500	1 000	2 000	A
	ventilateur	L_w en e	Comme tableau I.1, a - d	64,0	61,0	54,0	36,0	22,0	18,0	49
e	conduit	R_{io}	[2]	50,0	55,0	55,0	52,0	44,0	35,0	-
e		ΔL_w	Éq. 13 ; près du plafond ; $\varnothing 200$ mm ; $l = 2$ m	34,0	39,0	39,0	36,0	28,0	19,0	-
		$L_{n,d}$	Éq. 2	30,0	22,0	15,0	0,0	-6,0	-1,0	-
		L_d	$A = 0,16 V/T = 0,16 30/1,2$	34,0	26,0	19,0	4,0	-2,0	3,0	16

Ainsi, le niveau acoustique pondéré A dans l'espace fermé causé par le bruit du ventilateur est de 16 dB, et le niveau pondéré C pour la même gamme de fréquence est de 34 dB.

I.2 Exemple d'une baignoire à brassage

La Figure I.2 ci-dessous illustre une baignoire à brassage posée sur le plancher d'une salle de bains (local d'émission) et fixée également au mur d'un seul côté ; une certaine puissance vibratoire est injectée à la fois au plancher et au mur. Le plancher est un plancher de 20 cm de béton et le mur est un mur de 10 cm de béton. Dans cet exemple, le bruit solidien transmis diagonalement dans le local de réception est calculé. Les chemins de transmission (deux pour chaque puissance injectée) sont indiqués dans la Figure I.3.

EN 12354-5:2009 (F)

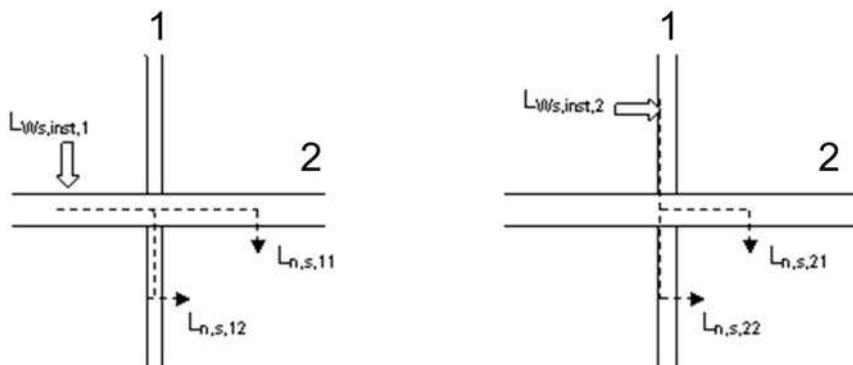


- longueur de la jonction plancher-mur : 4 m
- dimensions du local d'émission : 3 m x 4 m x 2,5 m
- dimensions du local de réception : 5 m x 4 m x 2,5 m
- plancher : béton de 200 mm
- mur : béton de 100 mm

Légende

- 1 Local d'émission
- 2 Mur
- 3 Plancher
- 4 Local de réception

Figure I.2 — Exemple d'une configuration avec une baignoire à brassage



Légende

- 1 Mur
- 2 Plancher

Figure I.3 — Chemins de transmission impliqués

Chaque niveau de pression acoustique latéral $L_{n,s,ij}$ est calculé conformément à l'Équation (18a) (voir 4.4.1) à partir de la puissance vibratoire installée correspondante, du terme correctif et de l'indice d'affaiblissement acoustique latéral ; (18a) se réduit à :

$$L_{n,s,ij} = L_{Ws,inst,i} - D_{sa,i} - R_{ij} - 4$$

Mesure en laboratoire de la baignoire à brassage (EN 15657-1)

Dans le laboratoire, la baignoire à brassage est montée sur un banc d'essai à trois plaques, conduisant à trois composantes de puissance caractéristique de plaque réceptrice $L_{Ws,n,i}$ (puissance corrigée par rapport à une paroi de béton de 10 cm ayant une mobilité caractéristique $Y_{\infty,réc} = 5 \cdot 10^{-6}$ m/Ns). Les résultats de laboratoire sont donnés en bandes de tiers d'octave.

Puissance vibratoire installée

Dans l'exemple, la baignoire à brassage est fixée uniquement au plancher (indice 1) et d'un seul côté au mur (indice 2) ; donc seules deux composantes de puissance sont considérées ici.

Chaque puissance installée $L_{Ws,inst,i}$ se calcule par :

$$L_{Ws,inst,i} = L_{Ws,n,i} + 10 \lg \frac{Y_{\infty,i}}{Y_{\infty,réc}}$$

où $Y_{\infty,i}$ est la mobilité caractéristique du récepteur (plancher ou mur) et se calcule conformément à l'EN 15657-1.

Dans la configuration étudiée, $Y_{\infty,2} = 5 \cdot 10^{-6}$ m/Ns pour le mur et $Y_{\infty,1} = 1.25 \cdot 10^{-6}$ m/Ns pour le plancher.

Terme correctif

Le terme correctif est calculé pour chaque récepteur (plancher et mur) conformément à l'Équation (20b) (voir 4.4.4) ; (20b) peut se réécrire :

$$D_{s,a,i} = 10 \lg \eta_i - R_i + 10 \lg(2\pi f \cdot m_i / \rho c) - 10 \lg \sigma_i$$

où η_i est le facteur de perte du récepteur et R_i son indice d'affaiblissement acoustique.

Indice d'affaiblissement acoustique latéral

Les quatre indices d'affaiblissement acoustique latéraux R_{ij} se calculent conformément à l'EN 12354-1.

Les Tableaux I.6a et I.6b donnent le calcul détaillé en bandes d'octave du niveau de pression acoustique généré dans le local de réception, respectivement par la composante de puissance du plancher et celle du mur ; le Tableau I.7 donne le niveau acoustique total généré.

Tableau I.6a — Niveau normalisé de pression acoustique $L_{n,s,1}$ généré dans le local de réception par la composante de puissance du plancher

élément	grandeur	63	125	250	500	1 000	2 000	A
Source (laboratoire)	$L_{wsn,1}$	67,6	67,3	64,4	48,4	42,5	41,3	
Source (installée)	$L_{wsn,inst,1}$	61,6	61,3	58,4	42,4	36,5	35,3	
Facteur de perte	$10 \lg \eta$	-11,5	-12,5	-13,5	-14,5	-15,5	-16,5	
Indice R	r	42,2	41,4	49,3	57,7	63,9	71,7	
Facteur de rayonnement	$10 \lg \sigma$	-1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
Terme correctif	$D_{s,a}$	-26,1	-24,8	-30,3	-36,6	-40,8	-46,6	
R_{ij} (latéral), EN 12354-1	R_{11}	48,4	48,9	57,3	66,2	72,9	81,2	
	R_{12}	48,0	48,9	56,8	65,6	72,4	80,6	
Niveau normalisé de pression acoustique	$L_{n,s,11}$	35,4	33,3	27,4	8,8	0,4	-3,3	22
	$L_{n,s,12}$	35,8	33,2	27,8	9,4	0,9	-2,7	22
	$L_{n,s,1}$	38,6	36,3	30,6	12,2	3,7	0,0	25

EN 12354-5:2009 (F)

Tableau I.6b — Niveau normalisé de pression acoustique $L_{n,s,2}$ généré dans le local de réception par la composante de puissance du mur

élément	grandeur	63	125	250	500	1 000	2 000	A
Source (laboratoire)	$L_{wsn,2}$	54,6	55,6	56,1	38,8	31,2	32,0	
Source (installée)	$L_{wsn\ inst,2}$	54,6	55,6	56,1	38,8	31,2	32,0	
Facteur de perte	$10 \lg \eta$	-11,5	-12,5	-13,5	-14,5	-15,5	-16,5	
Indice R	r	37,9	36,6	44,2	52,2	58,2	66,2	
Facteur de rayonnement	$10 \lg \sigma$	-8,0	-3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Terme correctif	$D_{s,a}$	-17,9	-19,5	-28,1	-34,1	-38,1	-44,1	
R_{ij} (latéral), EN 12354-1	R_{21}	47,5	48,9	56,8	65,6	72,4	80,6	
	R_{22}	47,7	48,7	56,4	64,9	72,0	80,0	
Niveau normalisé de pression acoustique	$L_{n,s,21}$	21,0	22,2	23,4	3,4	-7,1	-8,5	16
	$L_{n,s,22}$	20,8	22,5	23,8	4,0	-6,7	-7,9	16
	$L_{n,s,2}$	23,9	25,4	26,6	6,7	-3,9	-5,2	19

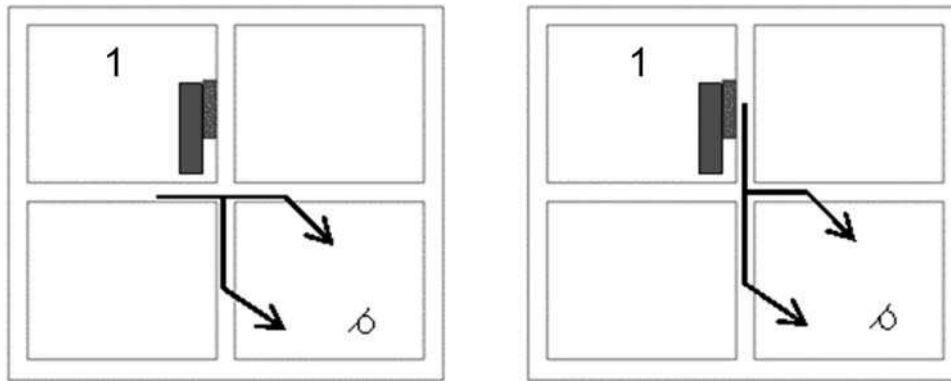
Tableau I.7 — Niveau normalisé de pression acoustique total $L_{n,s}$ généré dans le local de réception par la baignoire à brassage

niveau normalisé de pression acoustique	63	125	250	500	1 000	2 000	A
$L_{n,s,1}$	39	36	31	12	4	0	25
$L_{n,s,2}$	24	25	27	7	-4	-5	19
$L_{n,s\ total}$	39	37	32	13	4	1	26

Ainsi, le niveau acoustique normalisé pondéré A dans le local de réception causé par la baignoire à brassage sera de 26 dB.

I.3 Exemple pour un système sanitaire

La Figure I.4 montre une configuration de bâtiment avec un local de réception placé diagonalement sous une salle de bains équipée d'une chasse d'eau intégrée dans un système mural avec des éléments de fixation au mur et au plancher. Les chemins de transmission des bruits solidiens y sont également indiqués.



- local d'émission : 4,52 m x 3,40 m, hauteur 3,0 m ; local de réception : 4,52 m x 4,50 m, hauteur 2,75 m ;
- plancher/plafond : béton armé de 180 mm, $\rho = 2\,300 \text{ kg/m}^3$, $m' = 414 \text{ kg/m}^2$;
- mur d'installation (mur de séparation) et mur du local en dessous : carreaux de plâtre de 100 mm, $\rho = 920 \text{ kg/m}^3$, $m' = 92 \text{ kg/m}^2$; relié rigidement aux structures environnantes sans matériau résilient ;
- autres murs latéraux : briques de silicate de calcium de 240 mm, $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$, $m' = 490 \text{ kg/m}^2$, avec revêtement intérieur ; ces murs sont ignorés dans le calcul.

Légende

- 1 Local d'émission

Figure I.4 — Exemple de configuration d'un bâtiment avec un équipement sanitaire dans un local d'émission ; dans le local d'émission, mur et plancher excités par les fixations au mur et au plancher d'une chasse d'eau intégrée dans un système mural

Les données source utilisées ont été obtenues par des mesurages au moyen de la méthode de la plaque réceptrice, conformément à l'EN 15657-1. Le spectre d'excitation utilisé pour la prévision est un spectre de puissance acoustique maximale. Le spectre a été obtenu en enregistrant l'ensemble du processus d'évacuation (55 secondes), exprimé en L_{eq} court, et en trouvant la puissance acoustique maximale dans les limites de ces enregistrements temporels pour chaque bande de tiers d'octave (cas le plus défavorable pour toutes les bandes de fréquence et tous les intervalles de temps). Le Tableau I.8 présente les niveaux de puissance max mesurés et les grandeurs d'émission dérivées.

Tableau I.8 — Niveaux de puissance vibratoire max installée de la source (mesurés conformément au prEN 15657-1), et niveau de puissance max caractéristique (conformément à l'EN 12354-5) en bandes d'octave et pondérés A

grandeur	remarque / source	données	63	125	250	500	1 000	2 000	A
$L_{W,s}$; paroi	mesuré	$Y_{\text{plaque}} = 5,34 \cdot 10^{-6} \text{ m/Ns}$	61,7	59,8	47,2	44,9	38,8	27,2	48
$L_{W,\text{installée}}$	+10lg $Y_{\text{mur}}/Y_{\text{plaque}}$	$Y_{\text{mur}} = 24,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/Ns}$	68,2	66,3	53,7	51,5	45,4	33,7	54
$L_{W,sc}$	+10lg $Y_{\text{source}}/Y_{\text{plaque}}$	$Y_{\text{source}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/Ns}$	84,4	82,5	69,9	67,6	61,6	49,9	70
$L_{W,s}$; plancher	mesuré	$Y_{\text{plaque}} = 5,34 \cdot 10^{-6} \text{ m/Ns}$	57,4	56,2	44,0	42,4	34,9	28,9	44
$L_{W,\text{installée}}$	+10lg $Y_{\text{mur}}/Y_{\text{plaque}}$	$Y_{\text{plancher}} = 1,65 \cdot 10^{-6} \text{ m/Ns}$	52,3	51,1	38,9	37,3	29,8	23,8	39
$L_{W,sc}$	+10lg $Y_{\text{source}}/Y_{\text{plaque}}$	$Y_{\text{source}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/Ns}$	80,1	78,9	66,7	65,1	57,6	51,6	67

EN 12354-5:2009 (F)

Les niveaux de pression acoustique max résultants sont calculés séparément pour les deux chemins de transmission avec excitation du mur et ceux avec excitation du plancher, présentés dans le Tableau I.9.

Tableau I.9 — Niveaux de bruits solidiens max résultants pour la configuration de la Figure I.4 et les données de source du Tableau I.8

grandeur	remarque / source	données	63	125	250	500	1 000	2 000	A
$L_{Wsc,mur}$	excitation du mur		84,4	82,5	69,9	67,6	61,6	49,9	70
$D_{c,mur}$	mur	$Y_{mur} = 24,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/Ns}$	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	
$D_{sa,mur}$	paroi	Éq. 20b, $m' = 92 \text{ kg/m}^2$	-13,6	-17,3	-17,4	-20,0	-26,9	-32,9	
$R_{ij,réf}$	mur > plancher ; EN12354-1	$S_{réf} = 10 \text{ m}^2$	43,0	46,0	50,2	54,7	64,6	73,0	
$10\lg(S_i/S_{réf})$		$S_i = 12,8 \text{ m}^2$	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
$10\lg(A_{réf}/4)$		$A_{réf} = 10 \text{ m}^2$	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
$L_{n,s,ij}$	ij = chemin mur > plancher	Éq. 18	33,8	32,6	15,9	11,7	2,6	-11,4	18
$R_{ij,réf}$	mur > mur ; EN12354-1	$S_{réf} = 10 \text{ m}^2$	37,0	41,2	35,9	37,7	49,0	57,8	
$L_{n,s,ij}$	ij = chemin mur > mur	Éq. 18	39,8	37,4	30,1	28,7	18,3	3,8	29
$L_{Wsc,plancher}$	excitation du plancher		80,1	78,9	66,7	65,1	57,6	51,6	67
$D_{c,plancher}$	plancher	$Y_{plancher} = 1,65 \cdot 10^{-6} \text{ m/Ns}$	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	27,8	
$D_{sa,plancher}$	plancher	Éq. 20b, $m' = 414 \text{ kg/m}^2$	-15,5	-19,4	-26,7	-33,2	-39,1	-44,8	
$R_{ij,réf}$	plancher > plancher ; EN12354-1	$S_{réf} = 10 \text{ m}^2$	42,4	45,9	50,1	54,7	64,6	73,0	
$10\lg(S_i/S_{réf})$		$S_i = 15,4 \text{ m}^2$	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	
$10\lg(A_{réf}/4)$		$A_{réf} = 10 \text{ m}^2$	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
$L_{n,s,ij}$	ij = chemin plancher > plancher	Éq. 18	19,5	18,7	9,7	9,9	-1,5	-10,3	10
$R_{ij,réf}$	plancher > mur ; EN12354-1	$S_{réf} = 10 \text{ m}^2$	29,1	32,3	43,7	53,5	62,1	70,1	
$L_{n,s,ij}$	ij = chemin plancher > mur	Éq. 18	32,8	32,3	16,1	11,1	1,0	-7,4	18
$L_{n,s \text{ total}}$		Éq. 17	41,4	39,6	30,5	28,9	18,5	4,4	29

Ainsi, le niveau max normalisé pondéré A dans le local de réception causé par la chasse d'eau sera de 29 dB.

Bibliographie

- [1] VDI 2081, *Sound production and reduction in ventilation systems* (in German: Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen), VDI, 2000.
- [2] 2003 ASHRAE Handbook — *Heating, Ventilating and Air-conditioning Applications*, chapter 47, Sound and vibration control, ASHREA, 2003
- [3] ARI-standard 885, *Procedures for estimating occupied space sound levels in the application of air terminals and air outlets*, 1998
- [4] EN 12828, *Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Conception des systèmes de chauffage à eau*
- [5] C Simmons, *Measurement of Noise from Radiator Valves in the laboratory — A Proposal for a New Nordtest Method*, SP Report 1996:31
- [6] VDI 2566, *Part 1: Acoustical design for lifts with a machine room; Part 2: Acoustical design for lifts without a machine room*, VDI, 2001/2004
- [7] T Alber, M Yankonis, HM Fischer and BM Gibbs, *A new method to describe valve noise*, CFA/DAGA Strasbourg, 2004.
- [8] M Späh, HM Fischer and BM Gibbs, *Measurement of structure-borne sound power of mechanical installations*, CFA/DAGA Strasbourg, 2004
- [9] M Villot, *Structure-borne sound from waste water installations in buildings*, Proceedings Int. Congress on Sound and Vibration Stockholm, 2003
- [10] GS Jagt, van der, *Modelling of structure-borne sound transmission in pipe systems to building structures - a Framework*, Proceedings Internoise Nice, 2000
- [11] PH Heringa, e.a., *Structure-borne sound from domestic appliances — Characterisation of emission and transmission*, Internoise Aignon, 1988
- [12] VDI 2715, *Noise reduction at domestic hot water and central heating systems*, VDI, 2000.
- [13] M Villot and C Guigou-Carter, *Airborne sound insulation; case of a small airborne sound source close to a wall*, ICA Kyoto Japan, 2004, Proceedings
- [14] JW Verheij, *Multi-path sound transfer from resiliently mounted shipboard machinery*, PhD Thesis, TNO TPD Delft, 1982
- [15] AT Moorhouse, *On the characteristic power of structure-borne sound sources*, J. of Sound and Vibration **248** (2001), 441-459
- [16] T Hiramatsu, e.a., *Studies on the reference vibration source to be used for the determination of vibromotive force of machinery by the reception plate method*, Internoise Avignon, 1988
- [17] E Gerretsen, *Modelling structure-borne sound from equipment in buildings — Current developments in EN 12354-5*, Proc. ICA 2004, Kyoto, 2683-2686
- [18] K-J, Buhlert, J Feldmann, *A measuring procedure for determining structure-borne sound and its transmission*, Acustica **42** (1979), 108-113
- [19] VDI 3733, *Noise at pipes*, VDI, 1996

EN 12354-5:2009 (F)

- [20] WB Marx Wöhle, *Structural sound transmission in buildings — Comparison of experimentally observed values and theoretically evaluated values using the SEA method (in German)*, *Acustica* **72** (1990), 258-268
- [21] Robert JM Craik, *Sound transmission through Buildings using Statistical Energy Analysis*, Gower Publishing Ltd, Hamshire, Vermont, 1996
- [22] LM Cremer, EE Heckl, Ungar, *Structure-borne sound*, Springer-Verlag, Berlin, 1988
- [23] E Gerretsen, *Calculation of airborne and impact sound insulation between dwellings*, *Applied Acoustics* **19** (1986), 245-264
- [24] BAT. Petersson, *Structural acoustic power transmission by point moment and force excitation, part II: plate-like structures*, *J. of Sound&Vibration* **160** (1993), 67-91
- [25] D Lubman, *Precision of reverberant sound power measurements*, *JASA* **56** (1974), 523-533
- [26] C Simmons, *Measurements of sound pressure levels at low frequencies in rooms — Comparison of available methods and standards with respect to microphone positions*, *Acta Acustica* **85** (1999), 88-100
- [27] M Vorländer, *Revised relation between the sound power and the average sound pressure level in rooms and consequences for acoustic measurements*, *Acustica* **81** (1995), 332-343
- [28] RV Waterhouse, *Interference patterns in reverberant sound fields*, *JASA* **27** (1955), 247-258
- [29] EN 1151-2, *Pompes — Pompes rotodynamiques — Circulateurs de puissance absorbée n'excédant pas 200 W, destinés aux installations de chauffage central et d'eau chaude sanitaire domestique — Partie 2 : Code d'essai acoustique (vibro-acoustique) pour le mesurage des bruits solidiens et de liquide*
- [30] EN 12354-6:2003, *Acoustique du bâtiment — Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments — Partie 6 : Absorption acoustique des pièces et espaces fermés*
- [31] EN 13141-3, *Ventilation des bâtiments — Essais des performances des composants/produits pour la ventilation des logements — Partie 3 : Hottes de cuisine pour utilisation domestique*
- [32] EN 13141-5, *Ventilation des bâtiments — Essais des performances des composants/produits pour la ventilation des logements — Partie 5 : Extracteurs statiques et dispositifs de sortie en toiture*
- [33] EN 13141-6, *Ventilation des bâtiments — Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements — Partie 6 : Kits pour systèmes de ventilation par extraction pour logement individuel*
- [34] EN 13141-7, *Ventilation des bâtiments — Essais de performances des composants/produits pour la ventilation des logements — Partie 7 : Essais de performance des centrales double flux (y compris la récupération de chaleur) pour les systèmes de ventilation mécaniques prévus pour des logements individuels*
- [35] ISO 5135, *Acoustique — Détermination des niveaux de puissance acoustique du bruit émis par les bouches d'air, les unités terminales, les registres et clapets au moyen de mesurages en salle réverbérante*
- [36] ISO 9611, *Acoustique — Caractérisation des sources de bruit solide pour estimer le bruit rayonné par les structures auxquelles elles sont fixées — Mesurage de la vitesse aux points de contact des machines à montage élastique*

EN 12354-5:2009 (F)

- [37] EN ISO 11546-1, *Acoustique — Détermination de l'isolement acoustique des encoffrements — Partie 1 : Mesurages dans des conditions de laboratoire (aux fins de déclaration) (ISO 11546-1:1995)*
- [38] EN 14366:2004, *Mesure en laboratoire du bruit émis par les installations d'évacuation des eaux usées*
- [39] EN 15657-1, *Propriétés acoustiques des éléments de construction et des bâtiments — Mesurage en laboratoire des bruits aériens et structuraux des équipements de bâtiment — Partie 1 : Cas simplifiés où la mobilité de l'équipement est beaucoup plus élevée que celle du récepteur, prenant comme exemple les baignoires à brassage*
- [40] EN 13141-4, *Ventilation des bâtiments — Essais de performance des composants/produits pour la ventilation des logements — Partie 4 : Ventilateurs utilisés dans les systèmes de ventilation des logements*
- [41] EN ISO 16032, *Acoustique — Mesurage du niveau de pression acoustique des équipements techniques dans les bâtiments — Méthode d'expertise (ISO 16032:2004)*
- [42] EN ISO 5136, *Acoustique — Détermination de la puissance acoustique rayonnée dans un conduit par des ventilateurs et d'autres systèmes de ventilation — Méthode en conduit (ISO 5136:2003)*