



PROTECTION CONTRE LE BRUIT OFFERTES PAR LES FACADES VENTILEES

Les façades ventilées appliquées sur une structure porteuse massive offrent, parmi de nombreux autres avantages, un standard très élevé en matière d'isolement phonique. Dans certains cas, leur performance est supérieure aux autres types constructifs de façades. Grâce à différentes séries de mesures conduites récemment, la qualité acoustique des façades ventilées est aujourd'hui quantifiable de manière beaucoup plus précise qu'il y a quelques années. Cette fiche présente l'état actuel de la technique.

Contenu

1	Introduction	2
2	Termes et définitions	3
3	Exigences	7
4	Indice d'affaiblissement acoustique d'une façade ventilée: Facteurs d'influence	9
5	Valeurs d'isolation acoustique pour les murs extérieurs avec façades ventilées	10
6	Conclusions	12
7	Références	12

INTRODUCTION

1 Introduction

Exposition au bruit

Le trafic routier est de loin la principale source de bruit en Suisse. Le jour, une personne sur cinq (environ 1,6 million) et la nuit, une personne sur six (environ 1,4 million) est affectée par le bruit du trafic routier. Une personne sur cinquante est gênée par le bruit des trains la nuit et une sur cent souffre du bruit des avions.

Toutefois, ces chiffres ne sont basés que sur les dépassements des valeurs limites en vigueur. Une personne peut se sentir dérangée par le bruit de la circulation, même si le niveau sonore est en-dessous de ces limites. Par exemple, si la valeur limite de 55 dB(A) recommandée par l'OMS était appliquée durant la journée, la moitié de la Suisse (environ 4 millions) serait affectée par le bruit sur son lieu de résidence.

Source : <http://www.laerm.ch/fr/gestion-du-bruit/sources-de-bruit/trafic/verkehr.html>

Exigences applicables aux façades et justification

Les exigences minimales et, dans certains cas, les exigences accrues, en matière d'isolement phonique contre les sources de bruit extérieures, issues de la norme SIA 181 « Protection contre le bruit dans le bâtiment », doivent être respectées dans tous les cas, pour les nouvelles constructions comme pour les transformations et les changements d'affectation.

Dans la justification par calcul, il faut utiliser les indices d'affaiblissement acoustique pondérés R_w et les valeurs d'adaptation du spectre C_{tr} des murs extérieurs. Ces valeurs caractéristiques sont déterminées en laboratoire d'essai sur un élément de construction monté.

Jusqu'à présent, faute de murs extérieurs testés et donc d'indices d'affaiblissement acoustique disponibles pour des façades ventilées, seules des valeurs conservatrices pouvaient être prises en compte et appliquées dans les justificatifs. Grâce à de nouvelles mesures, il est désormais possible d'effectuer les calculs avec une marge de sécurité réduite, ce qui permet de mieux tenir compte de la grande qualité d'isolation acoustique des façades ventilées par rapport à d'autres types de façades.

Bases légales

Les exigences en matière d'isolement phonique des murs extérieurs sont régies légalement et doivent être respectées. Alors que l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) définit directement, pour les constructions existantes, à quel endroit les mesures de protection contre le bruit doivent être prévues et lesquelles, elle renvoie, pour les nouvelles constructions, au respect de la norme SIA 181. L'ordonnance sur la

protection contre le bruit s'appuie sur différents articles de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE). Les exigences en matière de protection contre le bruit ont donc - contrairement à la plupart des normes SIA - un caractère contraignant et leur respect est attendu par le maître d'ouvrage sans convention supplémentaire.

L'ordonnance sur la protection contre le bruit fait partie du droit fédéral, mais les cantons sont responsables de son application dans les processus d'autorisation de construire. L'interprétation du principe de proportionnalité est du ressort de l'autorité d'exécution. Une riche jurisprudence du Tribunal fédéral a été publiée concernant l'interprétation de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit : laerm.ch.

Importance du type constructif de la façade

Plus l'exposition au bruit est importante, plus l'isolement phonique et la qualité des éléments de construction de l'enveloppe deviennent pertinents. C'est typiquement le cas pour les constructions implantées le long des routes, des voies ferrées, à proximité des aéroports ou dans les zones comportant des affectations industrielles et artisanales. A la page map.geo.admin.ch/, le bruit du trafic routier peut être visualisé sous le thème « Astra »:



Fig. 1 : Extrait de la zone d'Uzwil avec indication du niveau de bruit routier

En matière d'isolement phonique, c'est le maillon le plus faible de la chaîne qui est déterminant à plusieurs points de vue. En règle générale, pour une façade, il s'agit de la fenêtre, mais des éléments tels que les caissons de stores et les grilles d'aération doivent également être traités avec attention, particulièrement compte tenu des rapports de surface. Plus la part vitrée est importante, moins la qualité de la structure opaque de la façade influence le résultat, et inversement. Dans de nombreux cas, il peut toutefois être intéressant de prévoir une structure de façade de haute qualité phonique, parce que la structure de la paroi extérieure améliore

l'isolation acoustique ou aussi parce que cela permet éventuellement d'atteindre une exigence avec une fenêtre standard au lieu d'une fenêtre à isolation acoustique spéciale, ou d'une fenêtre à caisson avec verre antibruit.

Les deux paramètres « exposition au bruit » et « type de fenêtre (proportion et qualité phonique) » sont donc déterminants pour la pertinence d'une isolation acoustique élevée de la structure des murs extérieurs.

2 Termes et définitions

L'acoustique – l'étude du son et de sa propagation – utilise de nombreuses désignations et grandeurs spécifiques. Voici une petite sélection de ces termes, importants pour la compréhension des explications qui suivent.

Son

Nous appelons « son » tout ce que nous entendons. D'un point de vue physique, il s'agit d'oscillations et d'ondes mécaniques dans un matériau gazeux, liquide ou solide, dans la gamme de fréquences de l'audition humaine.

Bruit

Les sons gênants ou nuisibles pour l'ouïe sont appelés bruit.

Propagation du son

Le son est la propagation de petites variations de pression et de densité dans un milieu élastique (gaz, liquides, solides).

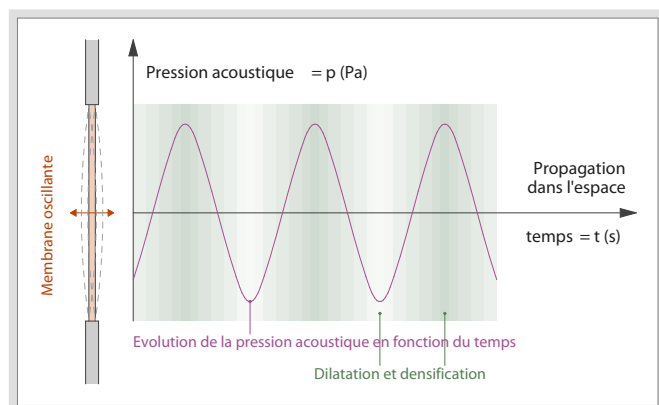


Fig. 2 : Propagation du son

Fréquence, hauteur de son

La fréquence est le nombre d'oscillations par seconde. Elle est exprimée en hertz (Hz) et caractérise la hauteur du son.

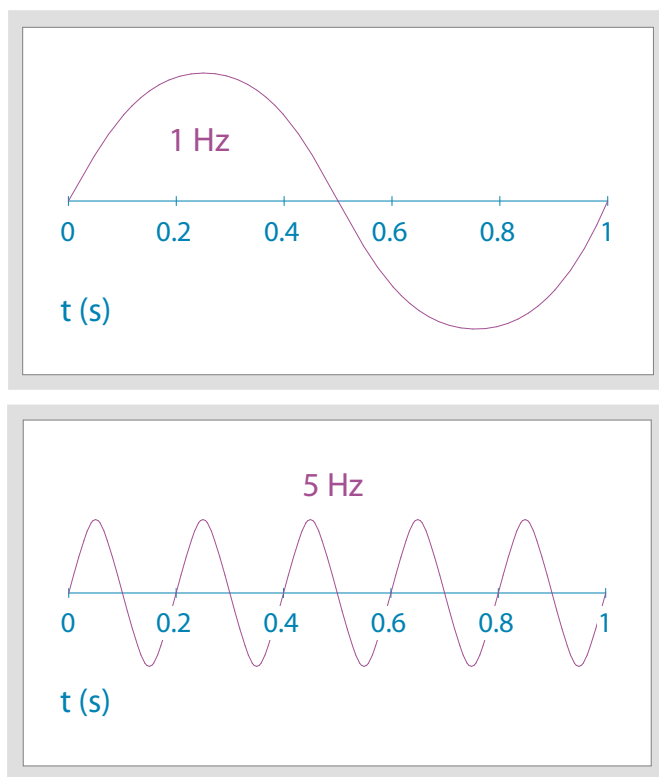


Fig. 3 : Son sinusoïdal avec une fréquence de 5 Hz

La gamme de fréquences de l'audition humaine comprend environ dix octaves (octave : doublement ou division par deux de la fréquence), d'environ 20 à 20 000 hertz.

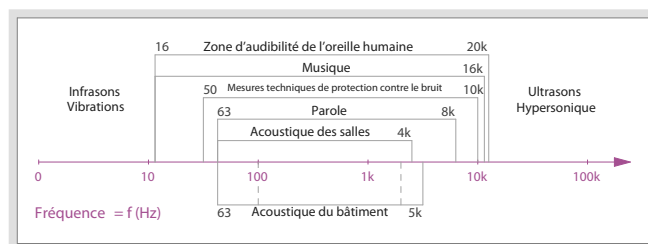


Fig. 4 : Domaines importants de la fréquence

Pression sonore

Les bruits aériens sont issus de faibles variations de pression atmosphérique qui se superposent à la pression atmosphérique. L'oreille humaine peut traiter les sons aériens dans la plage de variation de pression de 2×10^{-5} Pa correspondant au seuil d'audition, jusqu'au seuil de douleur de 20 Pa. A une pression acoustique de 20 000 Pa, le tympan se déchire. La pression atmosphérique au niveau de la mer correspond à 1 atmosphère = 100'000 Pa. Des changements de météorologie en l'espace de quelques jours peuvent modifier la pression atmosphérique de 5'000 Pa.

On pourrait dire en plaisantant que l'on devrait entendre le temps qu'il fait. En fait, tout se passe trop lentement. Une flexion du genou modifie la pression atmosphérique au niveau de l'oreille d'environ 10 Pa. En comparaison, la pression atmosphérique ne varie que de 0,01 à 1 Pa lors d'une conversation.

Ces changements de pression ne sont perçus que s'ils ont lieu entre 20 et 20'000 fois par seconde.

Niveau de pression sonore

La sensibilité de l'oreille est variable : elle est grande pour les signaux faibles et petite pour les signaux forts. C'est pourquoi il est courant en acoustique de convertir les pressions acoustiques absolues p en Pa en grandeurs logarithmiques qui en découlent, les niveaux de pression acoustique L en dB. La mesure en décibels correspond mieux à l'impression d'intensité sonore. Le niveau de pression acoustique en décibels dB est un format plus « maniable » et adapté à la sensation auditive. L'introduction de cette échelle raccourcit considérablement la plage de valeurs, les valeurs de pression acoustique de 0,00002 Pa à 20 Pa sont représentées par les valeurs en décibels de 0 à 120 dB.

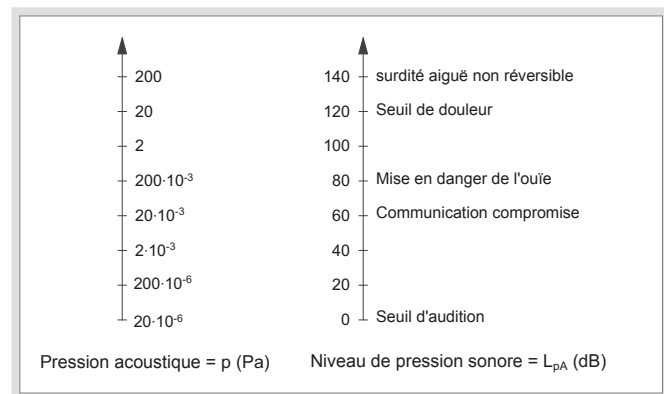


Fig. 5 : Pression sonore et niveau de pression sonore

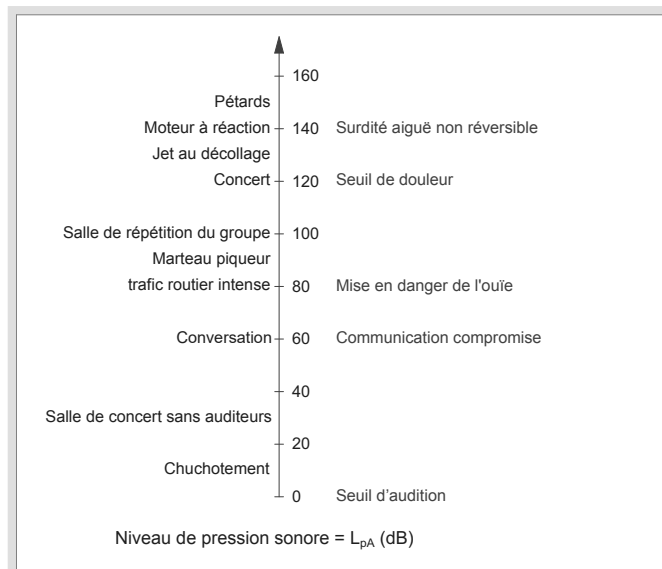


Fig. 6 : Exemples de différents niveaux sonores

Perception des différences de niveau sonore,
applicable aux différences supérieures à 40 dB :

Variation de niveau	Description de la perception
1 dB	� peine perceptible
3 dB	nettement perceptible
6 - 10 dB	environ deux fois plus fort

Transmission du son

La transmission du son par un élément de construction dépend de sa nature, de sa structure et de sa surface. Selon les cas, le son est plus ou moins réfléchi, absorbé ou transmis.

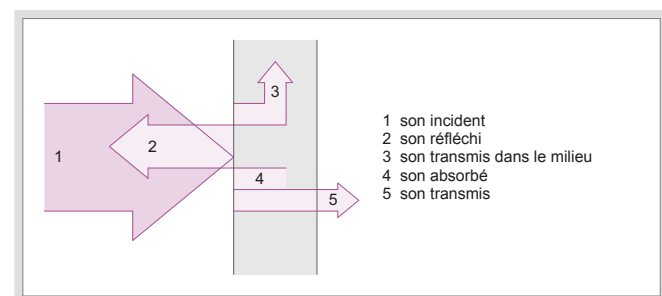


Fig. 7 : Transmission du son

TERMES ET DEFINITIONS

Isolement phonique

L'isolement aux bruits aériens consiste à réduire la transmission du son entre des pièces séparées.

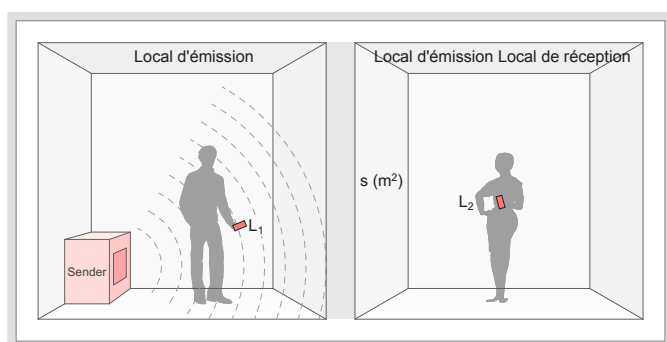


Fig. 8 Isolement phonique entre locaux

Indice d'affaiblissement acoustique R

L'indice d'affaiblissement acoustique R décrit l'effet isolant des éléments de construction en tant que différence entre le niveau sonore dans le local d'émission et le local de réception. L'indice d'affaiblissement acoustique dépend de la fréquence.

Indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w

L'indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w est une valeur unique déterminée par un procédé normalisé à partir des valeurs de l'indice d'affaiblissement acoustique R déterminées par bande de tiers d'octave. Pour déterminer cette valeur, on prend en compte la plage de fréquences de 100 Hz à 3150 Hz, pertinente pour l'acoustique du bâtiment. L'indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w est une grandeur caractéristique de l'élément de construction.

Terme d'adaptation du spectre C_{tr}

L'indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w ne tient pas spécialement compte de l'effet acoustique de bruits spécifiques tels que le bruit émis par la route, les avions ou dans les habitations. La valeur d'adaptation du spectre C prend en compte le bruit intérieur, C_{tr} le bruit extérieur avec une grande part de basses fréquences, comme par exemple le bruit des routes avec beaucoup de poids lourds, le bruit des avions ou le bruit des discothèques. Les valeurs numériques C et C_{tr} sont comprises entre 0 et -10 dB. Plus la valeur négative est faible, plus l'évolution de la fréquence de l'élément de construction est favorable et plus la correction est faible. Pour les éléments de construction extérieurs, la valeur d'adaptation spectrale C_{tr} est prise en compte selon la norme SIA 181.

Loi sur la protection de l'environnement (LPE)

La Loi sur la protection de l'environnement règle les principaux problèmes du droit de l'environnement, est formulée de manière très générale et constitue, avec l'Ordonnance sur la protection contre le bruit, la base juridique de la protection contre le bruit en Suisse.

Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB)

L'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) est la principale ordonnance dans le domaine de la protection contre le bruit. Il s'agit de dispositions d'exécution de la loi sur la protection de l'environnement. Elle oblige à réaliser l'isolement phonique des projets de construction conformément aux règles reconnues de l'art de la construction, en particulier la norme SIA 181.

SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment»

La norme SIA 181 régit la protection contre les sources de bruit internes et externes. Elle s'applique aux nouvelles constructions et aux transformations, ainsi qu'aux changements d'affectation.

Niveau de pression acoustique L

Le niveau de pression acoustique caractérise l'intensité d'un bruit et est exprimé en décibels (dB).

Fréquence f

La fréquence est le nombre d'oscillations par seconde. L'unité de fréquence est le hertz (Hz). Pour une oreille humaine saine, la plage de fréquences audibles est d'environ 16 à 16 000 Hz. En acoustique du bâtiment, la plage de fréquence de 100 à 5'000 Hz est déterminante (« plage de fréquence de l'acoustique du bâtiment »).

Isolement au bruit aérien des éléments de construction à simple paroi

L'isolement au bruit aérien d'éléments de construction homogènes à simple paroi peut être représenté en fonction de la masse surfacique.

TERMES ET DEFINITIONS

Isolement au bruit aérien des éléments de construction à double paroi

Les éléments de construction à double paroi présentent en général un meilleur isolement au bruit aérien qu'un élément de construction à simple paroi de même masse. L'importance de l'amélioration est déterminée par différents facteurs d'influence: Les masses surfaciques et les résistances à la flexion des couches, l'espacement des couches, la liaison mécanique des couches, le remplissage des cavités et la fréquence de résonance du système. Les éléments de construction à double couche fonctionnent sur le plan acoustique selon le principe masse-ressort-masse.

Principe masse-ressort-masse

Les deux couches d'un élément de construction à double paroi agissent ensemble avec la cavité d'air et/ou la couche d'isolation comme un système vibratoire "masse-ressort-masse". La cavité ou le matériau isolant agissent comme un ressort élastique entre deux masses, vibrant individuellement. L'épaisseur et la résistance spécifique à l'écoulement d'air r sont les grandeurs pertinentes pour l'évaluation. La masse des couches présente une influence, mais pas la masse du «ressort».

Résistance spécifique à l'écoulement d'air r

La résistance spécifique à l'écoulement d'air r d'un matériau isolant est une grandeur caractéristique spécifique au matériau, qui est importante essentiellement pour les exigences acoustiques. Elle permet d'obtenir des informations sur le comportement d'absorption spécifique. Pour les matériaux isolants utilisés pour l'amortissement des cavités, la résistance à l'écoulement en fonction de la longueur devrait être d'au moins 5 kPa s/m^2 . Elle permet de comparer les différents produits en fonction de leurs qualités d'absorption acoustique..

Valeur d'exigence D_e

Exigence pour la valeur globale de protection contre le bruit aérien pour les sources de bruit extérieures.

Valeur de projet $D_{e,d}$

Valeur de projet pour la protection contre le bruit aérien pour les sources de bruit extérieures, pour une construction prévue, qui comprend les transmissions latérales attendues, la valeur d'adaptation du spectre, l'incertitude de la prévision et les écarts dans la qualité d'exécution.

Supplément de projet K_p

Supplément pour le pronostic des incertitudes et des tolérances liées à la qualité de l'exécution.

Supplément pour transmission latérale K_F

Supplément pour la prise en compte de la transmission latérale.

3 Exigences

Exigences selon la norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment»

Les exigences applicables sont définies dans la norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment».

Les murs extérieurs doivent répondre aux exigences minimales ou, selon la situation, aux exigences accrues De en matière de protection contre les bruits aériens provenant de sources extérieures.

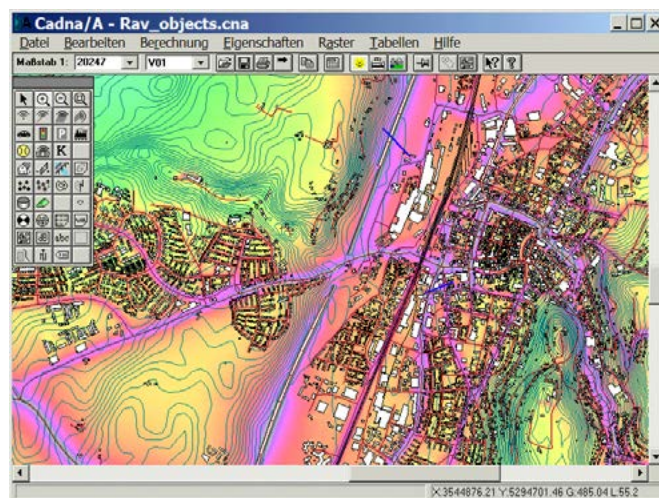
Degré de nuisance	faible à modéré		important à très fort	
Période d'évaluation	jour	nuit	jour	nuit
Niveau d'évaluation dB	$L_r \leq 60$	$L_r \leq 52$	$L_r > 60$	$L_r > 52$
Sensibilité au bruit	Valeurs d'exigences D_e			
faible	22 dB	22 dB	$L_r - 38$ dB	$L_r - 30$ dB
moyenne	27 dB	27 dB	$L_r - 33$ dB	$L_r - 25$ dB
élevée	32 dB	32 dB	$L_r - 28$ dB	$L_r - 20$ dB

Fig. 9 : Exigences relatives aux sources extérieures de bruit selon la norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment»

L'exigence dépend de la sensibilité au bruit, du type et de l'utilisation des locaux et du niveau d'évaluation L_r . Les appartements, par exemple, présentent une sensibilité au bruit moyenne. Le niveau d'évaluation L_r est déterminé conformément à l'Ordonnance sur la protection contre le bruit, en règle générale au moyen de programmes de simulation, par des mesures uniquement dans des cas particuliers, car celles-ci sont contraignantes et les calculs correspondent généralement bien aux mesures. L'autorité d'exécution peut donner des indications contraignantes par rapport aux nuisances.

Sensibilité au bruit	Description du type et de l'utilisation du local d'immission (local de réception)
aucune	Surfaces de dégagement et de circulation, locaux utilisés occasionnellement ou locaux dont le bruit inhérent à l'exploitation est considérable. Exemples: local de stockage, entrepôt et cave, local abritant des installations de chauffage, de ventilation ou des installations techniques du bâtiment, local de bricolage, garage, cage d'escaliers, coursive, etc.
faible	Locaux utilisés essentiellement pour des activités manuelles. Locaux occupés par plusieurs personnes ou durant de courtes périodes. Exemples: atelier, salle de travaux manuels, cantine, restaurant, cuisine sans partie habitable, bain, douche, WC, local de vente, couloir interne au logement, salle d'attente.
moyenne	Locaux utilisés pour l'habitat, pour y dormir ou pour des activités intellectuelles. Exemples: salle de séjour, chambre à coucher, studio, salle de classe, salle de musique, cuisine habitable, bureau, salle de réception, chambre d'hôtel.
élevée	Locaux à l'usage d'utilisateurs qui ont besoin de beaucoup de tranquillité. Exemples: salles spéciales de repos dans les hôpitaux et les sanatoriums, salles pour thérapies spéciales avec un besoin élevé de tranquillité, salle de lecture ou d'étude.

Fig. 10 : Classement de la sensibilité au bruit selon la norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment»



Niveau d'évaluation L_r [dB(A)] (06:00 - 22:00)

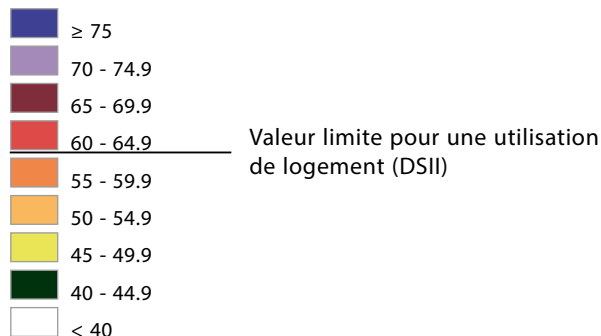


Fig. 11 : Niveau d'évaluation calculé selon STL-86+ p. ex. avec CadnaA

Justification

Selon le chiffre 2.1.4, les valeurs mesurées in situ sont déterminantes pour l'évaluation. La vérification par le calcul - le pronostic - doit donc tenir compte de tous les facteurs qui influencent l'isolement phonique.

Mesure

L'exigence est satisfaite lorsque la valeur globale pour la protection contre le bruit aérien en provenance de sources de bruit extérieures $D_{e,tot}$ n'est pas inférieure à l'exigence D_e .

Projet

L'exigence est satisfaite lorsque la valeur globale pour la protection contre le bruit aérien en provenance de sources de bruit extérieures $D_{e,d}$ n'est pas inférieure à l'exigence D_e .

$$D_{e,d} \geq D_e, \text{ en dB}$$

$$D_{e,d} = D_{45^\circ, nT,w} + C_{tr} - K_P \geq D_e, \text{ en dB}$$

$$D_{45^\circ, nT,w} = R'_{45^\circ, w} + 10 \lg (V/S) - 4.9 \text{ dB}$$

$$R'_{45^\circ, w} = R_w - K_F$$

ainsi:

$$D_{e,d} = R_w - K_F + 10 \lg (V/S) - 4.9 + C_{tr} - K_P \geq D_e$$

$$D_{e,d} = \text{Valeur de projet}$$

$$D_e = \text{Valeur de l'exigence}$$

$$D_{45^\circ, nT,w} = \text{Isolement acoustique normalisé pondéré pour l'enveloppe}$$

$$R'_{45^\circ, w} = \text{Indice d'affaiblissement acoustique apparent pondéré des éléments de façade}$$

$$(R'_{45^\circ, w} = R_w - K_F)$$

$$V = \text{Volume (du local de réception)}$$

$$S = \text{Surface (de l'élément de séparation)}$$

$$R_w = \text{Indice d'affaiblissement acoustique pondéré}$$

$$C_{tr} = \text{Terme d'adaptation du spectre}$$

$$K_P = \text{Supplément de projet}$$

$$K_F = \text{Supplément pour transmission latérale}$$

Il ressort de la formule de justification que le planificateur doit:

- connaître l'indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w et la valeur d'adaptation du spectre C_{tr} des éléments de construction. Ces valeurs caractéristiques des éléments de construction sont déterminées par mesure dans le laboratoire d'essai sur l'élément de construction monté ou doivent être estimées avec une marge de sécurité correspondante.
- connaître le volume de la pièce et la surface de la cloison. Les pièces les plus critiques sont examinées aux endroits les plus exposés au bruit.
- émettre des hypothèses pour le supplément de projet et le supplément pour transmission latérale.

Le service de protection contre le bruit du canton de Zurich met à disposition un fichier Excel pratique qui permet de calculer assez facilement les justifications.

Aussenlärmsituation (Beurteilungspegel)

☒ Strassenlärm: 61 dB (Tag) 58 dB (Nacht) *Maximaler Pegel auf der Nordseite*

☐ Eisenbahnlärm: dB (Tag) dB (Nacht)

☐ Fluglärm: dB (6-22 h) dB (22-23 h)

☐ andere:

☐ keine spezifische Lärmquelle vorhanden

Schutz gegen Aussenlärm

☐ Siehe beiliegenden Schallschutznachweis

Situation	Situation 1			Situation 2			Situation 3		
Empfangsraum: Bezeichnung	Wohnzimmer			Schlafzimmer			Schlafzimmer		
Nr. / Geschoss	105 / EG			107 / EG			109 / EG		
Massgebende Lärmbelastung	$L_{r,Tag} = 61$ $L_{r,Nacht} = 58$			$L_{r,Tag} = 61$ $L_{r,Nacht} = 58$			$L_{r,Tag} = 54$ $L_{r,Nacht} = 51$		
Lärmempfindlichkeit	mittel			mittel			mittel		
Massgebende Anforderung	$D_a = 36$ dB			$D_a = 36$ dB			$D_a = 27$ dB		
Trennbauteile	$S [m^2]$	$R'_{45^\circ, w}$	$C_{tr} [dB]$	$S [m^2]$	$R'_{45^\circ, w}$	$C_{tr} [dB]$	$S [m^2]$	$R'_{45^\circ, w}$	$C_{tr} [dB]$
BT1 AW 20 cm Beton + MW	23.5	57.0	-4.0	16.5	57.0	-4.0	17.2	57.0	-4.0
BT2 Fenster Nord 2fach IV	11.2	40.0	-5.0	8.1	40.0	-5.0			
BT3 Fenster Süd 2fach IV							8.1	30.0	-5.0
S_{res} und $(R'_{45^\circ, w} + C_{tr})_{res}$	34.7	39.8		24.6	39.7		25.3	29.9	
Volumen Empfangsraum	$V = 78.9 \text{ m}^3$			$V = 52.6 \text{ m}^3$			$V = 66.4 \text{ m}^3$		
Projektionsschlag K_p	$K_p = 2.0$ dB			$K_p = 2.0$ dB			$K_p = 2.0$ dB		
Ermittelter Schallschutz	$D_{e,d} = 36.5$ dB			$D_{e,d} = 36.1$ dB			$D_{e,d} = 27.2$ dB		
Erfüllt	Ja			Ja			Ja		

Fig. 12: Exemple de vérification pour la protection contre le bruit extérieur

Exigences spécifiques de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit

Dans certains cas, un nouveau bâtiment peut augmenter le niveau sonore dans le voisinage après sa construction. Par exemple, un nouveau bâtiment à côté d'une autoroute qui reflète le bruit de la route vers des bâtiments existants et qui, de ce fait, aggrave la situation sonore. Une telle situation a été analysée dans un arrêt du Tribunal fédéral (ATF 129 II 238). Grâce à la ventilation et à l'isolation thermique, les façades ventilées présentent en général de bonnes propriétés d'absorption acoustique dans les composantes à basse fréquence, qui sont déterminantes pour le bruit routier.

4 Indice d'affaiblissement acoustique d'une façade ventilée: Facteurs d'influence

Principe masse-ressort-masse

D'un point de vue acoustique, les murs extérieurs avec façades ventilées sont des éléments de construction à plusieurs couches et fonctionnent selon le principe masse-ressort-masse.

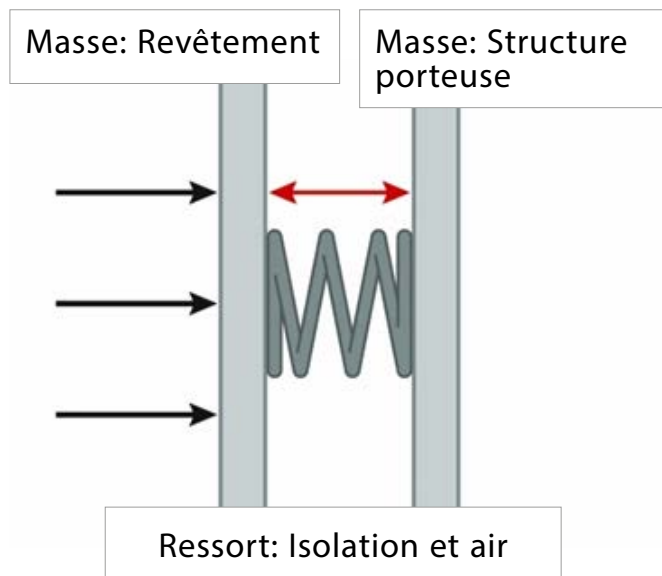


Fig. 13 : Principe masse-ressort-masse

L'isolement phonique des murs extérieurs avec façades ventilées est essentiellement déterminé par les paramètres constructifs suivants :

- Type de structure porteuse (maçonnerie, béton, poids surfacique)
- Type d'isolation thermique (épaisseur, matériau)
- Type de revêtement (masse surfacique, pourcentage de joints)

Structure porteuse

La masse est déterminante. La différence entre un mur extérieur avec un revêtement de façade ventilée en plaques de fibrociment, 200 mm de laine minérale sur une maçonnerie de 175 mm avec une masse surfacique de 162 kg/m² d'une part, et sur un mur en béton de 200 mm avec un poids surfacique de 460 kg/m² d'autre part, est de 8 dB. L'indice d'affaiblissement acoustique pondéré adapté au spectre $R_w + C_{tr}$ est de 52 dB pour la variante en maçonnerie et de 60 dB pour la variante en béton.

Sous-construction

Les types et les caractéristiques des systèmes de sous-construction courants sont très variés. L'ampleur de la différence entre les différentes sous-constructions n'a pas été étudiée

méthodiquement jusqu'à présent. Si l'on se base sur le principe masse-ressort-masse, des distances aussi grandes que possible entre les consoles et les profilés devraient avoir un effet positif sur l'isolation acoustique.

Isolation thermique

Grâce à sa structure à pores ouverts, l'isolation thermique en laine de verre ou de roche contribue de manière déterminante à une meilleure isolation acoustique dans les façades ventilées. Elle constitue le ressort dans la construction masse-ressort-masse. La résistance spécifique à l'écoulement doit être d'au moins 5 (kPa s)/m², des résistances plus faibles détériorent l'isolement phonique, des résistances plus élevées n'ont aucun effet positif. Tous les panneaux isolants de façade courants en laine de verre ou de roche répondent à cette exigence. La densité brute de la laine de verre ou de roche n'a aucune influence sur l'isolation acoustique. Cela a été prouvé par différentes mesures.

L'épaisseur de l'isolation a une influence positive sur l'indice d'affaiblissement acoustique. Une comparaison entre un mur extérieur en béton de 160 mm et un revêtement de façade en plaques de fibrociment montre une différence de 3 dB entre la variante de 140 mm et celle de 240 mm de laine minérale.

Par rapport à une isolation thermique en laine de verre ou de roche, les isolants en mousse à cellules fermées, mais aussi à cellules ouvertes, comme par exemple la mousse dure de polystyrène (EPS) ou la mousse dure de polyuréthane (PU), ont des propriétés d'amortissement de cavité plus faibles. Les panneaux isolants en mousse n'ont pas d'effet positif sur l'isolation acoustique en raison de leur faible amortissement de la cavité (source: Directive FVHF).

Revêtement

Les facteurs d'influence importants pour l'acoustique du bâtiment sont la masse surfacique et la résistance à la flexion du revêtement. Le modèle de prévision de la publication «Schallschutz durch vorgehängte hinterlüftete Fassaden» de l'Österreichischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden ÖFHF (Association autrichienne des façades ventilées) permet de constater l'effet positif de l'augmentation de la masse surfacique du revêtement. L'importance de l'effet d'une résistance à la flexion favorable n'a pas été étudiée jusqu'à présent. Il est donc difficile de se prononcer de manière générale sur les matériaux de revêtement les plus ou les moins appropriés.

Il n'existe pas non plus d'études systématiques sur l'influence de la proportion de joints. En se basant sur différentes séries de mesures avec des pourcentages de joints de 0 à 3 %, on peut en déduire que son influence peut atteindre 3 dB en fonction du type de façade.

5 Valeurs d'isolation acoustique pour les murs extérieurs avec façades ventilées

Modèle de prévision ÖFHF

L'association professionnelle autrichienne pour les façades ventilées ÖFHF a publié dans sa fiche technique «Schallschutz für vorgehängte hinterlüftete Fassaden» un modèle de prévision pour le dimensionnement de l'isolation phonique des façades ventilées sur les murs extérieurs en béton et en briques.

L'indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w et la valeur d'adaptation spectrale C_{tr} peuvent être déterminés en fonction du poids surfacique du revêtement de façade, du pourcentage de joints et de l'épaisseur de l'isolant en laine de verre ou de roche pour 160 et 200 mm.

Revêtement de façade avec part de joint de 1%				
Laine de verre ou de roche, épaisseur 200mm, $r \geq 5$ (kPa s)/m ²				
Paroi de support	Revêtement kg/m ²	R_w dB	C_{tr} dB	$(R_w + C_{tr})$ dB
Maçonnerie 175mm	13	57	-6	51
	40	57	-4	53
Béton 200mm	13	70	-10	60
	40	72	-9	63

Revêtement de façade avec part de joint de 2%				
Laine de verre ou de roche, épaisseur 200mm, $r \geq 5$ (kPa s)/m ²				
Paroi de support	Revêtement kg/m ²	R_w dB	C_{tr} dB	$(R_w + C_{tr})$ dB
Maçonnerie 175mm	13	56	-8	48
	40	56	-5	51
Béton 200mm	13	68	-11	57
	40	71	-11	60

Fig. 14 : Sélection de valeurs d'isolation acoustique de différentes structures calculées avec le modèle de prévision ÖFHF.

Série de mesures FVHF

L'association professionnelle allemande des matériaux et composants de construction pour façades suspendues et ventilées FVHF présente dans son guide «Schallschutz mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden» huit variantes différentes de revêtements de façade sur un mur en briques silico-calcaires de 240 mm isolé avec 180 mm de laine minérale. Les procès-verbaux de mesure sont inclus dans le guide.

Mesure FVHF	Revêtement de façade	Indice d'affaiblissement acoustique	Indice d'amélioration acoustique	voir chapitre/ page...
1	Panneau composite en aluminium	$\Delta R_{w, \text{direct}} = 13$ dB	$R_w = 67$ dB	3.4.2 / 25
2	Tôle pleine en aluminium	$\Delta R_{w, \text{direct}} = 12$ dB	$R_w = 66$ dB	3.4.3 / 27
3	Plaque de fibrociment	$\Delta R_{w, \text{direct}} = 14$ dB	$R_w = 68$ dB	3.4.4 / 29
4	Panneau composite en verre	$\Delta R_{w, \text{direct}} = 18$ dB	$R_w = 72$ dB	3.4.5 / 31
5	Dalle en grès cérame fin	$\Delta R_{w, \text{direct}} = 14$ dB	$R_w = 68$ dB	3.4.6 / 33
6	Plaque en céramique/ brique ≥ 20 et ≤ 35 kg/m ³	$\Delta R_{w, \text{direct}} = 12$ dB	$R_w = 66$ dB	3.4.7/35
7	Plaque en céramique/ brique ≥ 35 et ≤ 55 kg/m ³	$\Delta R_{w, \text{direct}} = 13$ dB	$R_w = 67$ dB	3.4.8 / 37
8	Panneau support d'enduit	$\Delta R_{w, \text{direct}} = 13$ dB	$R_w = 67$ dB	3.4.9/ 39

Fig. 15: Indice d'affaiblissement acoustique et indice d'amélioration acoustique de différents revêtements de façade sur un mur en grès calcaire, tiré de la directive FVHF

Série de mesures Saint-Gobain ISOVER

Isover a étudié, à l'aide d'une série de mesures sur un mur en béton de 160 mm et un revêtement en plaques de fibrociment, l'influence de la résistance à l'écoulement, de la densité de l'isolation thermique et de l'épaisseur de l'isolant entre 140 et 240 mm.

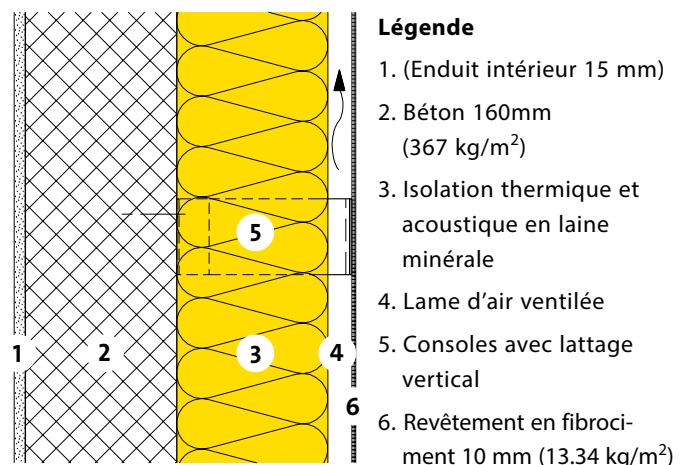


Fig. 16 : Structure des couches pour la série de mesures de Saint-Gobain ISOVER

Isolation thermique	Épaisseur de l'isolant mm	Résistance à l'écoulement de l'air r (kPa s)/m ²	Densité kg/m ³	Poids surfacique du revêtement kg/m ²	Indice d'affaiblissement acoustique	
					avec façade ventilée R_w (C; C_{tr})	sans façade ventilée R_w (C; C_{tr})
Laine de verre	140	15	19.1	13.3	67 (-4; -10)	57 (-1; -6)
Steinwolle	140	33	74.9	13.3	67 (-4; -10)	57 (-1; -6)
Laine de roche	140	28	30.1	13.3	68 (-3; -9)	57 (-1; -6)
Laine de verre	140 + 80	28	30.1	13.3	69 (-3; -9)	57 (-1; -6)
Laine de verre	240	15	19.8	13.3	70 (-3; -9)	57 (-1; -6)

Fig. 17 : Indices d'isolation acoustique de structures de murs extérieurs avec façade ventilée et différents matériaux et épaisseurs d'isolation, tirées du rapport d'essai CSTB AC12-26040621/1

Série de mesures SWISSPEARL

Swisspearl a étudié l'influence de cinq revêtements de façade différents en fibrociment sur un mur en briques silico-calcaires de 240 mm et une isolation de façade en laine minérale de 180 mm.

Sur une sous-construction métallique

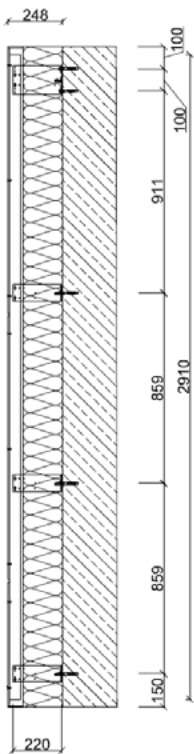


Fig. 18 : Structure des couches avec sous-construction métallique pour la série de mesures de SWISSPEARL

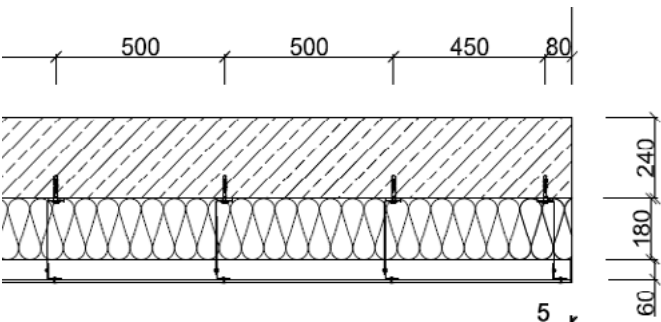


Fig. 19 : Structure des couches avec sous-construction métallique pour la série de mesures de SWISSPEARL

Sur une sous-construction en bois (grille croisée)

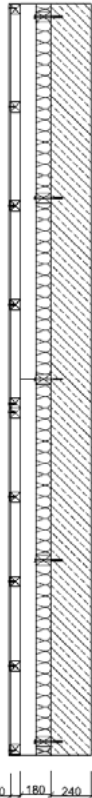


Fig. 20 : Structure de couches sur une sous-construction en bois pour la série de mesures de SWISSPEARL

Désignation	Indice d'affaiblissement acoustique R_w ($R_{w,tenth} \pm \sigma_R$) in dB	Indice d'amélioration acoustique $\Delta R_{w,direct}$ ($\Delta R_{w,direct, tenth}$) in dB
Construction lourde Maçonnerie en briques calcaire (RDk 2,0) 240 mm crépie d'un côté avec mortier en couche mince	54 ¹⁾ (54,0 ± 1,2) ²⁾³⁾	
Revêtement acoustique no 1 Plaques de fibrociment profilées (8mm) sur profilés métalliques et laine minérale DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180mm)	67 ¹⁾ (67,5 ± 1,2) ²⁾³⁾	13 ¹⁾ (13,5) ³⁾
Revêtement acoustique no 2 Plaques de fibrociment lisses (8mm) sur profilés métalliques et laine minérale DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180mm)	68 ¹⁾ (68,6 ± 1,2) ²⁾³⁾	14 ¹⁾ (14,6) ³⁾
Revêtement acoustique no 3 Bardeaux en fibrociment (4mm) sur sous-construction en bois et laine minérale DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180mm)	65 ¹⁾ (65,9 ± 1,2) ²⁾³⁾	11 ¹⁾ (11,9) ³⁾
Revêtement acoustique no 4 Plaques ondulées en fibrociment (6mm) sur sous-construction en bois et laine minérale DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180mm)	62 ¹⁾ (62,1 ± 1,2) ²⁾³⁾	8 ¹⁾ (8,1) ³⁾
Revêtement acoustique no 5 Plaques de fibrociment lisses (8mm) sur sous-construction en bois et laine minérale DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180mm)	66 ¹⁾ (66,4 ± 1,2) ²⁾³⁾	12 ¹⁾ (12,4) ³⁾

Fig. 21 : Indice d'isolation acoustique de structures de murs extérieurs avec façade ventilée et différents revêtements de façade en plaques de fibres-ciment (Rapport d'essai ita, 19_1560048.20)

VALEURS D'ISOLATION ACOUSTIQUE POUR LES MURS EXTERIEURS AVEC FACADES VENTILEES

Série de mesures Flumroc

Montage avec vis de distance

1 Enduit intérieur	1'400 kg/m ³	10 mm
2 Brique	1'100 kg/m ³	175 mm
3 Panneau isolant Flumroc DUO D20	50 kg/m ³	220 mm
3 Panneau isolant Flumroc DUO	50 kg/m ³	
4 Espace ventilé	1 kg/m ³	30 mm
5 Rockpanel	1'050 kg/m ³	8 mm

Valeur moyenne selon la norme SIA 180 $W/(m^2 K)$ 0.151

Indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w dB 61
Valeurs d'adaptation du spectre C; Ctr dB -1; -5

Les valeurs U sont calculées avec le panneau isolant Flumroc 3

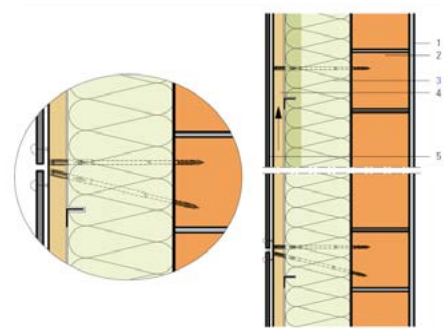


Fig. 22: Structure, montage avec vis d'écartement pour la série de mesures de Flumroc

fixation avec consoles à ponts thermique réduits

1 Enduit intérieur	1'400 kg/m ³	10 mm
2 Brique	1'100 kg/m ³	175 mm
3 Panneau isolant Flumroc DUO D20	50 kg/m ³	
3 Panneau isolant Flumroc DUO	50 kg/m ³	200 mm
4 Espace ventilé	1 kg/m ³	30 mm
5 Rockpanel	1'050 kg/m ³	8 mm

Valeur moyenne selon la norme SIA 180 $W/(m^2 K)$ 0.149

Indice d'affaiblissement acoustique pondéré R_w dB 66
Valeurs d'adaptation du spectre C; Ctr dB -3; -9

Les valeurs U sont calculées avec le panneau isolant Flumroc 3

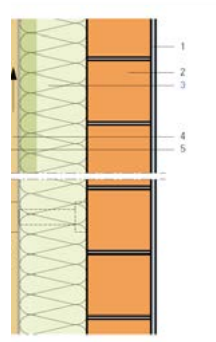


Fig. 23: Structure, montage avec consoles à ponts thermiques réduits pour la série de mesures de Flumroc

CONCLUSIONS | RÉFÉRENCES

6 Conclusions

Le bruit rend malade

De jour, une personne sur sept, et de nuit, une personne sur huit, est exposée à son domicile à un niveau de bruit de la circulation nocif ou gênant. Une enveloppe de bâtiment de qualité sur le plan acoustique contribue au confort, au bien-être et à la santé. La structure des murs extérieurs est un facteur qui influence la protection contre les bruits aériens provenant de sources extérieures.

Valeurs d'isolement phonique élevées avec des façades ventilées

Il est démontré que les façades ventilées offrent une isolation acoustique de très haute qualité. En termes d'isolation acoustique, elles sont supérieures à tous les autres types constructifs de façades, à l'exception des maçonneries à double paroi. Les constructions avec façades ventilées peuvent atteindre des valeurs d'isolation acoustique de plus de 66 dB. Il est possible d'améliorer l'indice d'affaiblissement acoustique ΔR_w de + 12 dB à + 18 dB par rapport à un mur brut standard grâce à une façade ventilée (Source : lignes directrices de la FVHF).

La prise en compte de la qualité des fenêtres et d'éventuels points faibles tels que les caissons de stores ou les grilles d'aération est toutefois absolument déterminante pour l'isolation aux bruits aériens qui en résulte par rapport aux sources externes.

Mesures d'isolation acoustique disponibles

Grâce à divers projets et des mesures acoustiques réalisées récemment dans les laboratoires d'essai de différentes institutions et fabricants de matériaux de construction, on dispose aujourd'hui de données fiables sur les indices d'affaiblissement acoustique évalués R_w et les valeurs d'adaptation du spectre C_{tr} attendus pour les structures les plus diverses.

Facteurs d'influence

Le facteur d'influence le plus pertinent est la structure porteuse : les murs extérieurs en béton, en maçonnerie ou en bois se distinguent de manière significative.

La laine de verre et la laine de roche conviennent le mieux comme isolation de façade. Des valeurs de mesure sont disponibles pour différents revêtements de façade. La masse surfacique et la résistance à la flexion influencent l'isolation acoustique : plus la masse surfacique est importante et la résistance à la flexion faible, meilleur est le résultat.

L'influence des différents systèmes d'ossature et de la proportion de joints dans le revêtement de façade n'a pas encore été étudiée de manière systématique.

7 Références

Figure 1: map.geo.admin.ch -> Astra -> Bruit du trafic routier

Figure 2: Enveloppe des édifices suisse

Figure 3: Enveloppe des édifices suisse

Figure 4: Enveloppe des édifices suisse

Figure 5: Enveloppe des édifices suisse

Figure 6: Enveloppe des édifices suisse

Figure 7: Enveloppe des édifices suisse

Figure 8: Enveloppe des édifices suisse

Figure 9 et 10: Norm SIA 181

Figure 11: norsonic.ch und api3.geo.admin.ch

Figure 12: gl.ch/public/upload/assets/29645/Formular_S_Schallschutz-nachweis_Aussen_Innen_Stand_200708.xls

Figure 13: baustoffwissen.de

Figure 14: Fichier Excel du modèle de prévision ÖFHF

Figure 15: Leitlinie FVHF

Figures 16 et 17: Série de mesures Saint-Gobain ISOVER

Figures 18, 19, 20, 21: Série de mesures SWISSPEARL

Figures 22 et 23: Série de mesures Flumroc

IMPRESSUM

Direction de projet

Commission technique Façade
de l'Enveloppe des édifices Suisse,
Lindenstrasse 4, 9240 Uzwil
Marco Röthlisberger, Uzwil, Chef de projet technique,
Enveloppe des édifices Suisse

Groupe de travail/auteurs

La commission technique Façades,
Enveloppe des édifices Suisse

Détails graphiques

Nicole Staub, Uzwil, Enveloppe des édifices Suisse

Editeur

ENVELOPPE DES EDIFICES SUISSE
Association suisse des entrepreneurs de l'enveloppe des édifices
Commission technique Façades
Lindenstrasse 4
9240 Uzwil
T 0041 (0)71 955 70 30
F 0041 (0)71 955 70 40
info@edifices-suisse.ch
www.edifices-suisse.ch

