

CONSTRUCTION EN TERRE CRUE

-

Caractérisation acoustique

Auteurs

– Thomas Juguin et Swann Coulon, BATJ SA.

Matériaux et montage

– Terrabloc.

Axonométries

– BCMA Architectes.

Sommaire

Avant-propos	5
Construction en terre crue	6
Introduction	6
Acoustique du bâtiment	7
Laboratoire d'essais	9
Evaluation théorique	10
Calcul de l'indice d'affaiblissement par mesure de l'isolation au bruit aérien	10
Tests en laboratoire	11
Synthèse	22
Possibilités d'usages	22
Terminologie	23
Bibliographie	24
Remerciements	24

Avant-propos

L'origine de l'usage de la terre crue date de la progressive sédentarisation de l'homme. Cette matière est employée depuis la nuit des temps pour sa grande facilité d'accès, elle se trouve sous nos pieds, mais aussi grâce à sa mise en œuvre simple et durable. Le changement de paradigme actuel questionne l'exploitation intensive des ressources naturelles et demande une responsabilisation collective vis à vis de la sauvegarde de notre planète. Aujourd'hui on redécouvre la terre crue pour ces valeurs ancestrales, pourtant très actuelles, en tant que ressource locale disponible en grandes quantités avec une très basse empreinte carbone. Elle contribue de manière idéale au processus décrit par l'économie circulaire du fait de son évident potentiel de réemploi.

Parmi les multiples propriétés physiques, l'importante masse volumique confère à la terre crue compressée des performances acoustiques remarquables. L'accès à ces éléments constructifs tend à se démocratiser avec le développement de nouveaux acteurs locaux depuis plusieurs années. Une large gamme de dimensions de briques ont été développés dont récemment, des briques de grandes tailles. Ces briques adoptent une solution d'emboîtement verticaux et horizontaux inspirée de celles disponibles pour les éléments traditionnels mais présentent l'avantage d'assurer les conditions de base pour une meilleure performance d'isolation acoustique.

Les techniques de production contemporaines subliment les caractéristiques intrinsèques de la matière première et créent des conditions stables pour répondre à des contraintes normatives élevées sur la longue durée. Cette solution s'inscrit dans les méthodes de construction couramment utilisées par les métiers du bâtiment permettant ainsi aux entreprises d'utiliser naturellement leurs compétences.

La tendance générale, bientôt transformée en obligation, de réduire l'impact du CO2 se traduit prioritairement par une optimisation du concept statique du système constructif. Cette irréversible tendance se dirige vers une solution structurelle en squelette plutôt qu'en plaques, en introduisant des zones de remplissage non porteuses. Ces surfaces ouvrent la porte à des produits avec un potentiel écologique important ne demandant pas des performances statiques particulières. La terre crue possède un avantage relevant face aux autres produits présents sur le marché grâce à l'absence de cuisson et à son origine locale. Le format du produit et la méthode de mise en œuvre s'adaptent idéalement à ce système constructif en gardant la flexibilité d'usage à long terme.

Afin d'appréhender les performances acoustiques des éléments constructifs en terre crue compressée, une série d'évaluations théoriques et de mesures en milieu contrôlé ont été effectuées. Les résultats sont décrits dans le présent document, ils permettent d'apporter des réponses à l'important dispositif législatif actuel tout en donnant une légitimité supplémentaire à un matériaux sain, naturel et écologique offrant un nouveau confort de vie aux utilisateurs.

— Andrea Bassi, BCMA Architectes.

Construction en terre crue

Le principe de la production d'éléments constructifs en terre crue consiste à récupérer des déblais d'excavation terreux pour les transformer. Sa capacité à recycler ces déchets pour en faire une ressource pour la construction doit représenter une réelle innovation et un modèle d'économie circulaire.

Les produits de construction en terre crue ont un très faible impact environnemental. Ils ont des qualités structurelles pour des projets ambitieux et des qualités esthétiques pour convaincre les architectes et les usagers, tout en ayant des prix abordables. De plus, l'inertie thermique qu'ils apportent au bâtiment ainsi que leur capacité à réguler l'humidité naturellement confère au logement un environnement confortable et sain, bénéfique pour les occupants.

La construction en terre crue permet de :

- _ Réutiliser des déblais terreux qui sont destinés à la décharge ;
- _ D'utiliser des matériaux locaux tout en préservant d'autres ressources naturelles plus rares (sables et graviers) ;
- _ D'assurer un faible impact pour l'environnement ;
- _ D'avoir un gain de confort dans le bâtiment (inertie thermique et régulation naturelle d'humidité) ;

Pour cette étude, la société Terrabloc a fourni et a assurée le montage des échantillons au laboratoire d'essais.

- _ Grégoire Aguetant, Terrabloc ;
- _ Rodrigo Fernandez, Terrabloc.

Introduction

La prédiction de la performance acoustique d'un élément par la simulation présente l'avantage d'être très rapide et peu coûteuse par rapport à un test acoustique normalisé, effectué en laboratoire. Elle permet également d'étudier des variantes multiples et d'analyser l'impact des changements effectués sur les performances finales.

Les performances acoustiques des éléments constructifs peuvent toutefois s'avérer complexes à calculer de manière précise, particulièrement pour les structures composées de couches multiples. La précision des résultats obtenus dépend de la manière dont sont renseignées les données d'entrées (caractéristiques physiques précises des matériaux, principe de montage et lien entre les différentes couches, etc.). Les éventuelles variantes de montage sur le chantier par rapport aux compositions simulées peuvent conduire à de grandes différences de performances finales.

Après une introduction des principaux critères acoustiques du bâtiment, ce document présente les résultats obtenus pour une série de tests effectués au laboratoire d'acoustique de l'HEPIA à Genève (haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture), sur les critères de l'indice d'affaiblissement au bruit aérien et du bruit d'utilisateur (bruit solidien).

Le laboratoire d'acoustique de l'HEPIA ne possède pas les dimensions minimales requises pour la réalisation de tests normalisés concernant l'aspect de l'indice d'affaiblissement des parois (surface d'échantillon de 2 m²) mais présente l'avantage de pouvoir mettre en oeuvre rapidement différentes compositions d'échantillons et d'obtenir une évaluation précise en moyennes et hautes fréquences, souvent suffisante pour appréhender les performances globales de celles-ci.

Acoustique du bâtiment

Le domaine de l'acoustique du bâtiment couvre d'une manière générale les aspects relatifs aux performances d'isolation au bruit aérien, à la limitation de la perception des bruits solidiens et des bruits d'installations techniques dans les bâtiments.

Le bruit aérien est le bruit émis dans l'air pouvant être transmis à travers un élément séparatif et perçu dans un local mitoyen. Plus l'élément séparatif possède un indice d'affaiblissement au bruit aérien élevé, moins le bruit est transmis d'un local à l'autre.

Le bruit solidien est propagé par les éléments constructifs sous forme de vibrations. Il s'agit des bruits de pas sur les planchers ou du bruit d'installations techniques générant des impacts ou des vibrations (ventilation, ascenseur, porte, équipement de cuisine ou de salle de bains). La surface en contact avec l'installation transmet des ondes dans la structure du bâtiment. Ces vibrations se transforment en bruit aérien rayonné dans les locaux alentours. En fonction de la composition et du principe de jonction des séparatifs, le bruit solidien peut se transmettre sur des distances importantes dans les bâtiments.

Aspects normatifs et réglementaires

Les exigences acoustiques des bâtiments sont définies dans la norme SIA 181 (version 2020 à la date de rédaction de ce document). Cette norme est rendue obligatoire par l'article 32 de l'ordonnance pour la protection contre le bruit (OPB).

Ces exigences sont définies pour les critères suivants :

_L'isolation au bruit aérien vis-à-vis de l'extérieur, notée **D_e** ;

_L'isolation au bruit aérien entre locaux, notée **D_i** ;

_Le niveau de bruit de choc, noté **L'** ;

_Le niveau de bruit des installations techniques, noté **L_H**.

L'exigence d'isolation au bruit aérien vis-à-vis de l'extérieur est obligatoire pour la majorité des bâtiments.

Les autres exigences sont obligatoires entre unités d'utilisation (par exemple entre appartements).

Pour définir des objectifs acoustiques à l'intérieur d'une même unité d'utilisation, il est encore possible de se référer aux recommandations proposées dans l'annexe G de la norme SIA 181 version 2006.

La norme propose deux niveaux de performance :

_Les exigences minimales assurent une protection nécessaire contre le bruit afin d'éviter les nuisances importantes ;

_Les exigences accrues, applicables aux constructions nouvelles en propriétés (villas mitoyennes, appartements). Les exigences minimales sont majorées de 3 dB à 4 dB selon les critères.

Pour les critères d'isolation au bruit aérien (D), plus la valeur obtenue est élevée, plus la performance est élevée. Pour les critères de niveau (L), plus la valeur obtenue est basse, plus la performance est élevée.

Isolation au bruit aérien des façades

L'exigence d'isolation au bruit aérien des façades dépend de la sensibilité au bruit des locaux et du bruit à l'extérieur. Pour une sensibilité donnée, plus le bruit extérieur sera élevé, plus l'isolation au bruit aérien vis-à-vis de l'extérieur **D_e** recherchée sera importante.

L'isolation au bruit aérien des façades dépend de la performance des éléments la composant.

Pour les façades opaques massives (béton, terre crue, masse surfacique $\geq 300 \text{ kg/m}^3$), les éléments dimensionnants seront les fenêtres et entrées d'air car ces éléments posséderont généralement une performance plus faible que les parties opaques.

Pour les façades légères (ossature bois), un équilibre est recherché entre les performances des éléments opaques et translucides.

Isolation au bruit aérien entre locaux

Les performances sont observées pour les séparatifs horizontaux (planchers) et verticaux (murs).

Entre pièces sensibles de deux appartements superposés ou contigus, les exigences sont identiques.

Les **planchers** présentent des compositions complexes permettant de répondre à l'ensemble des exigences (structures, thermiques, feu, acoustiques). En suisse, une composition de plancher largement répandue dans l'habitat consiste à couler une chape flottante sur une dalle. Cette chape intègre le système de chauffage et permet également de découpler de la structure des bâtiments la surface sur laquelle les occupants marchent.

La composition des **murs** entre deux locaux sensibles doit garantir l'obtention des valeurs d'isolation au bruit aérien uniquement.

Il est possible de prévoir des murs massifs lourds. Dans certains cas, ces murs contribuent à la tenue structurelle du bâtiment.

De bonnes performances peuvent également être atteintes avec des compositions plus légères (par exemple double parement en plaques de plâtre ou fibre et double ossature bois ou métallique).

Un indice d'affaiblissement similaire peut être obtenu avec un mur béton de 20 cm d'épaisseur (500 kg/m²) et une cloison de 20 cm d'épaisseur avec double ossature et double parement (60 kg/m²). Il faut toutefois noter que le mur massif présente de largement meilleures performances en basses fréquences.

Il est également possible d'obtenir de très bonnes performances avec des compositions de **doubles murs** massifs (plots / isolation / plots) ou des murs massifs plus fins avec doublage léger pour répondre aux exigences acoustiques.

Niveau de bruit de choc

Les niveaux de bruit de choc concernent uniquement les planchers (surfaces sur lesquelles les personnes marchent). Le respect des exigences nécessite l'intégration d'une couche souple sous les chapes ou sous les revêtements de sol, ou directement la mise en oeuvre d'un revêtement de sol souple.

Niveau de bruit des installations techniques

La limitation du bruit des installations techniques nécessite de prendre des précautions soit sur les installations, soit sur le support de celles-ci. La finalité est d'isoler le plus rapidement possible les bruits solidiens avant qu'ils ne puissent se transmettre à la structure.

Bruits de courte durée

_Bruits de fonctionnement (lavabo, vidange baignoire, WC, bruits de fonctionnement d'installations de distribution d'eau, bruit de porte de garage à commande automatique, stores électriques...);

_Bruits provoqués par l'utilisateur (manipulation de cloisons de douche, de portes de garage, de stores et de volets à rouleau, de portes d'immeubles, de portes et de fenêtres coulissantes...);

Bruits continus

_Bruits de fonctionnement ou bruits provoqués par l'utilisateur (utilisation d'installations de ventilation et de climatisation, lave-vaisselle, lave-linge, sèche-linge, installation de réfrigération, ventilateur, chauffage, compresseur, pompe à chaleur, jacuzzi, évacuation de l'eau usée, bruits d'installations industrielles ou artisanales desservies manuellement ...).

Quelques exemples de précautions :

_Les cadres support d'installations sanitaires ou de cuisines sont fixés contre la structure du bâtiment à l'aide d'éléments souples ;

_Les installations techniques de type monoblocs ou pompes à chaleur sont posées sur appuis souples dimensionnés en fonction de leurs poids.

Laboratoire d'essais

Les tests ont été effectués au laboratoire d'essais de l'HEPIA à Genève. Les dimensions du laboratoire ne permettent pas de répondre aux exigences normatives pour ce type d'installation. Le volume de la salle de réception et la taille de l'échantillon ne permettent pas une bonne évaluation en basse fréquence mais les résultats obtenus à partir de la bande de tiers d'octave de 160 Hz et pour les bandes de tiers d'octave supérieures permettent une bonne évaluation du comportement des différentes compositions testées.

Le laboratoire comporte 3 salles, dont une salle réverbérante et une salle semi-anéchoïque. La salle réverbérante est celle dans laquelle les mesures de réception sont effectuées. La configuration des locaux est représentée en coupe schématique sur la figure 1 ci-dessous :

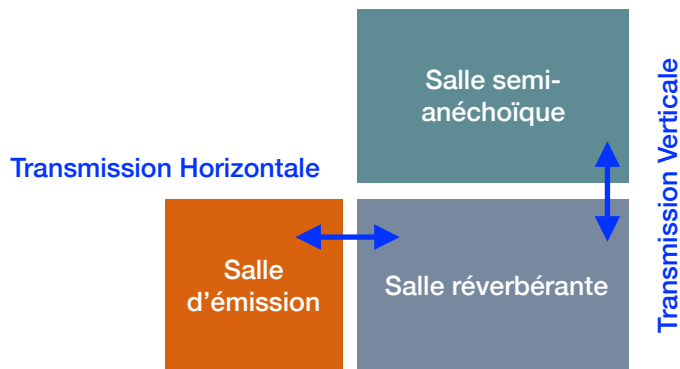


Figure 1 : Configuration des locaux du laboratoire de l'HEPIA

Pour s'affranchir des transmissions latérales du bruit, les salles semi-anéchoïques et réverbérantes sont découplées de la structure du bâtiment.

Ce laboratoire permet de réaliser des tests de niveau de bruit de choc sur une dalle béton normalisée de 14 cm d'épaisseur, des tests d'isolation au bruit aérien et des tests d'absorption des matériaux.



Salle semi-anéchoïque avec échantillon de mur



Salle réverbérante

Evaluation théorique

Il est possible d'effectuer une évaluation théorique des performances d'indice d'affaiblissement au bruit aérien R_w+C des éléments monolithiques à l'aide de la loi de masse :

$$R_w + C = 40 \cdot \log(ms) - 47 \text{ (dB)}$$

Où ms correspond à la masse surfacique de l'élément testé.

La figure 2 représente l'indice d'affaiblissement au bruit aérien d'un mur en terre crue évalué en fonction de son épaisseur sur la base d'une masse volumique de $1'600 \text{ kg/m}^3$.

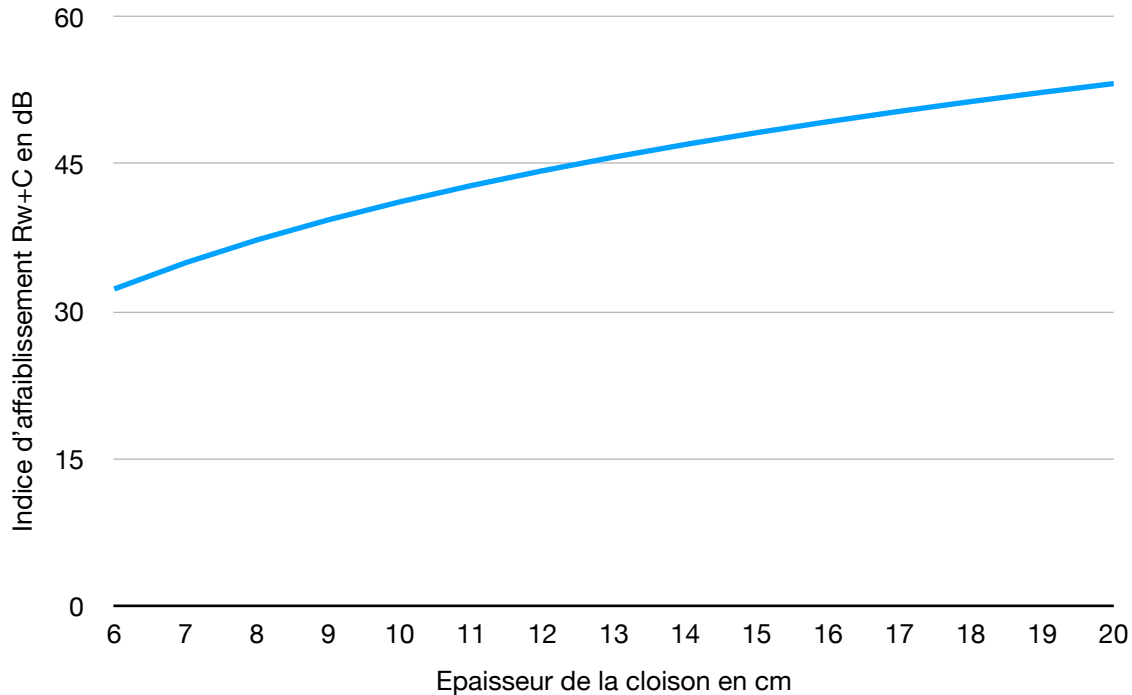


Figure 2 : Indice d'affaiblissement d'un élément monolithique en terre crue en fonction de son épaisseur

Calcul de l'indice d'affaiblissement par mesure de l'isolation au bruit aérien

La mesure de l'isolation au bruit aérien $D_{i,tot}$ en laboratoire permet d'obtenir l'indice d'affaiblissement pondéré résultant $(R_w+C)_{res}$ de la paroi avec l'ensemble de ses éléments, selon la relation suivante :

$$D_{i,tot} = (R_w + C)_{res} + 10 \cdot \log\left(\frac{0,32 \cdot V_{recep}}{S_{res}}\right) \text{ (dB)}$$

Avec V_{recep} et S_{res} respectivement le volume de la salle de réception (salle réverbérante) et la surface de l'élément séparateur (mur entre salle d'émission et salle réverbérante).

L'indice d'affaiblissement acoustique de l'élément testé (échantillon de composition de paroi) est calculé à partir de la mesure de l'indice d'affaiblissement de la paroi selon la relation suivante :

$$(R_w + C)_{res} = -10 \cdot \log\left(\frac{S_{ech} \cdot 10^{\frac{-R_{w,ech}+C}{10}}}{S_{res}}\right) \text{ (dB)}$$

Avec S_{ech} et $R_{w,ech}+C$ respectivement la surface de l'élément testé et son indice d'affaiblissement acoustique pondéré.

Tests en laboratoire

Deux types de tests ont été effectués en laboratoire :

- _Tests de niveau de bruit d'utilisateur (L_H) sur un lavabo fixé sur une cloison en terre crue de 8 cm d'épaisseur ;
- _Détermination de l'indice d'affaiblissement au bruit aérien R_w+C pour différentes compositions de parois.

Niveau de bruit des installations techniques

Pour les tests de bruit d'utilisateur, un échantillon de cloison en briques de terre crue non enduites a été construit afin d'y fixer un lavabo et de déterminer son comportement à l'aide du marteau normalisé EMPA (laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche en Suisse) (figure 3). L'échantillon est posé sur une semelle souple efficace.

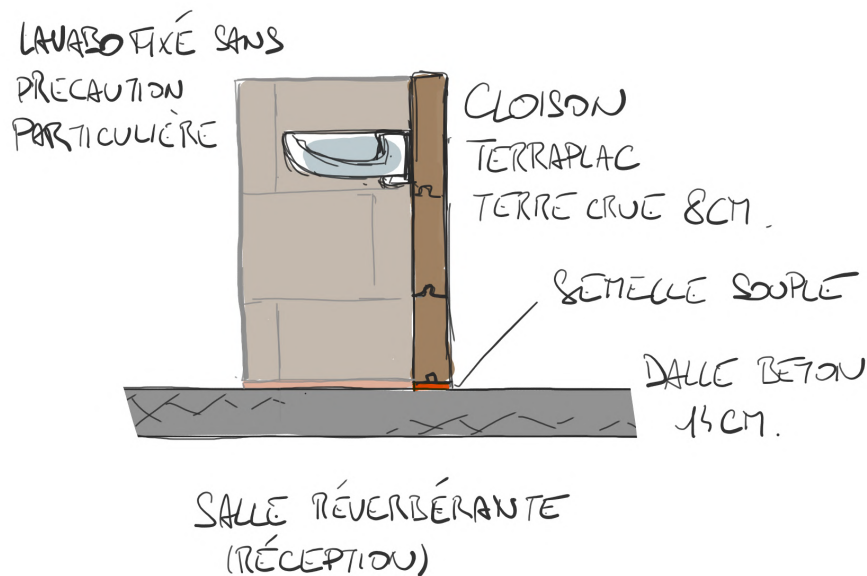


Figure 3 : Schéma de principe de la mesure des bruits d'utilisateurs

Conditions d'essais

Les conditions de l'essai sont les suivantes :

- _La cloison support est constituée de briques terre crue de 8 cm d'épaisseur et de densité $1'600 \text{ kg/m}^3$.
- _La cloison support est construite en forme de L (en plan) de manière à être auto-porteuse. Elle n'est pas raccordée aux murs latéraux ni au plafond ;
- _La cloison est posée sur une semelle souple efficace en liège de type Pronouvo 5086 de 1 cm d'épaisseur ;
- _La surface de la semelle souple sous le mur a été adaptée afin de simuler une pose sur un mur toute hauteur (appuis ponctuels pour l'obtention d'une pression statique en N/mm^2 permettant un bon filtrage) ;
- _Le lavabo est fixé sur la cloison sans précaution acoustique particulière (pas de set d'isolation phonique) ;
- _La dalle béton support présente une épaisseur de 14 cm (inférieure aux épaisseurs usuellement rencontrées dans la construction) ;
- _Du fait du temps de réverbération élevé dans la salle de réception, les résultats bruts ont fait l'objet d'une correction par bande d'octave prenant en compte ce critère (facteur correctif K_1).

La détermination du niveau de bruit d'utilisateur tient compte d'un facteur correctif $K_4 = -12 \text{ dB}$ selon le tableau 8 § A.3.6.2 de la norme SIA 181:2020.

La méthodologie de détermination du niveau de bruit $L_{H,tot}$ consiste à moyenner l'ensemble des valeurs $L_{A,f,max}$ (moyenne arithmétique) et à additionner les facteurs correctifs.

$$L_{H,tot} = L_{A,f,max} + K_1 + K_4 \text{ (dB)}$$

La méthodologie de tests est conforme à celle décrite dans la norme SIA 181. 5 impacts sont générés pour 5 positions sur le lavabo (figure 4).



Figure 4 : Photo du principe de mesure à l'aide du marteau normalisé EMPA

Résultats

La figure 5 représente l'allure temporelle du niveau sonore $L_{A,f,max}$ (après correction du temps de réverbération).

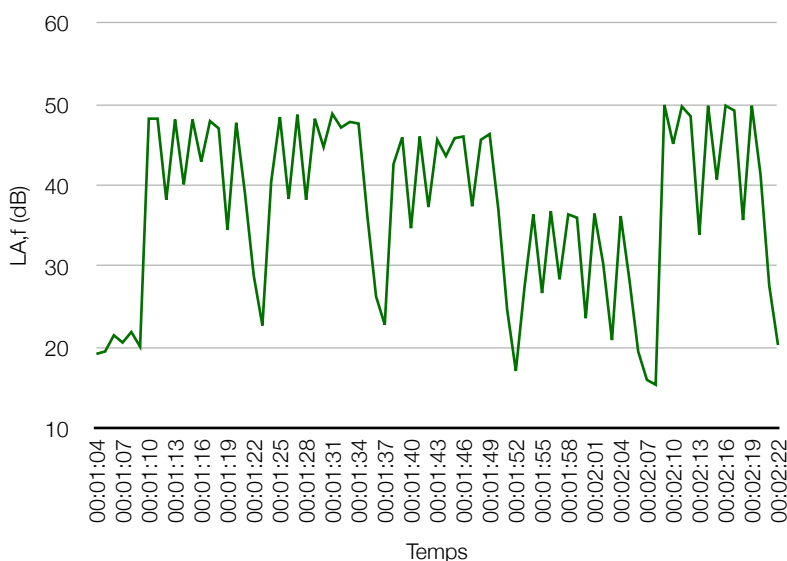


Figure 5 : Allure temporelle du niveau sonore

Le niveau de bruit d'utilisateur obtenu pour cette mise en oeuvre est $L_H = 34$ dB(A).

Bien que ce principe constructif ne soit pas comparable avec une situation réelle, il permet d'appréhender les besoins pour ce type de mise en oeuvre.

Vis-à-vis d'une pièce sensible au bruit, les exigences normatives sont :

$L_H \leq 38$ dB(A) pour les exigences minimales ;

$L_H \leq 34$ dB(A) pour les exigences accrues.

Une marge pourrait être obtenue en considérant un épaissement de la dalle béton support. Egalement pour une mesure en diagonale (salles de bains superposées et chambres ou séjours sur le côté).

Ce principe de montage ne tolère toutefois aucun défaut (liaison rigide avec la dalle support), une attention particulière doit être portée aux raccords contre les murs maçonnés et vis-à-vis des plafonds. Pour cet aspect, un suivi de l'exécution par l'acousticien du projet est indispensable. Ce suivi comprend des contrôles visuels au fur et à mesure de l'avancement et éventuellement des tests sur chantier si les conditions sont réunies.

Indice d'affaiblissement au bruit aérien R_w+C

Conditions d'essais

Concernant la détermination des indices d'affaiblissement au bruit aérien R_w+C , les compositions testées sont :

- _Mur terre crue 8 cm d'épaisseur avec enduit argile une face (construction de base) ;
- _Double mur terre crue 8 cm avec laine minérale ou isolant bio-sourcé 4 cm entre parements ;
- _Mur terre crue 8 cm d'épaisseur, isolant et doublage avec plaques d'argile ;
- _Mur terre crue 8 cm d'épaisseur, isolant fibre de bois et enduit ;

Le détail des configurations et les résultats obtenus sont présentés sur les doubles pages ci-après.

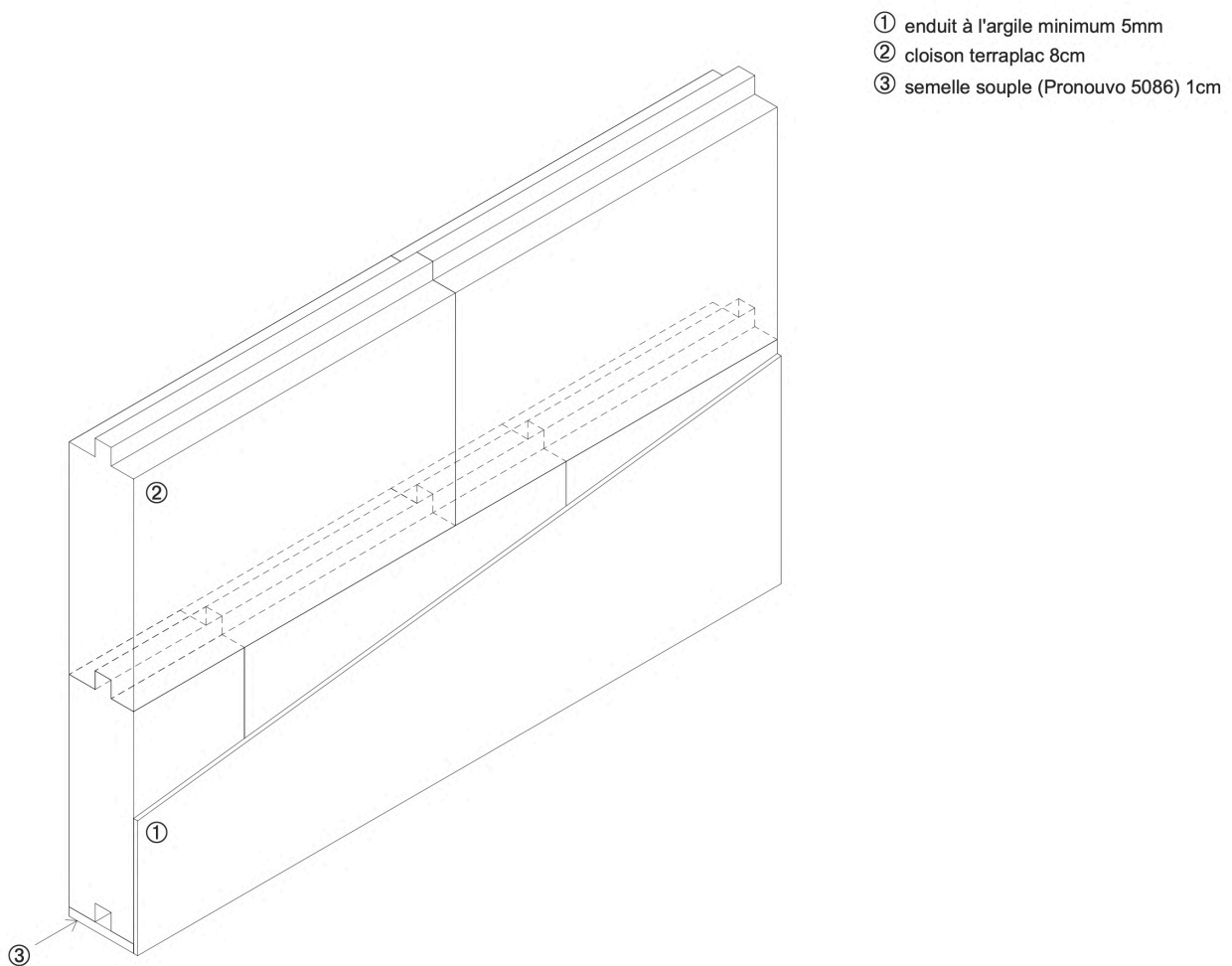
Essais 1

Composition de base.

Mur briques de terre crue 8 cm d'épaisseur avec enduit à l'argile sur une face (0.5 cm d'épaisseur).

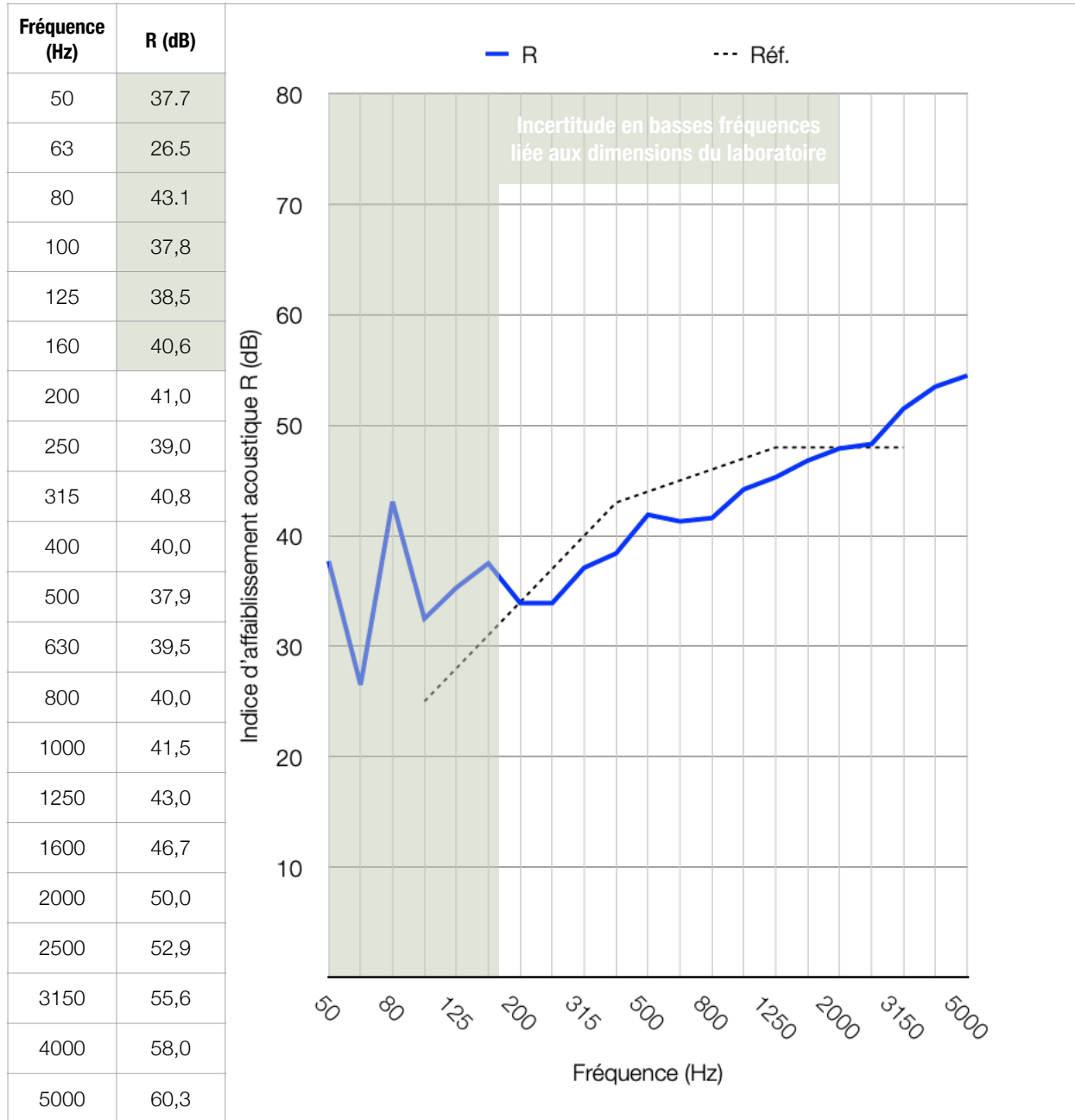
- Epaisseur totale : 8.5 cm.

- Masse surfacique : 136 kg/m².



**Indice d'affaiblissement acoustique apparent conformément à l'ISO 16283-1:2014
Mesurage in situ de l'isolement au bruit aérien entre les pièces**

Mur briques de terre crue 8 cm d'épaisseur avec enduit à l'argile sur une face (0.5 cm d'épaisseur).



$R_w (C; C_{tr}) = 43 (0 ; -2) \text{ dB}$

$R_w + C = 43 \text{ dB}$

Commentaires :

L'indice d'affaiblissement obtenu est suffisant pour viser le respect des recommandations de degré 1 ($D_i \geq 40 \text{ dB}$), annexe G norme SIA 181:2006 entre pièces sensibles au bruit. Dans certains cas (profondeur suffisante des locaux), le respect des recommandations de degré 2 ($D_i \geq 45 \text{ dB}$) peut être atteint.

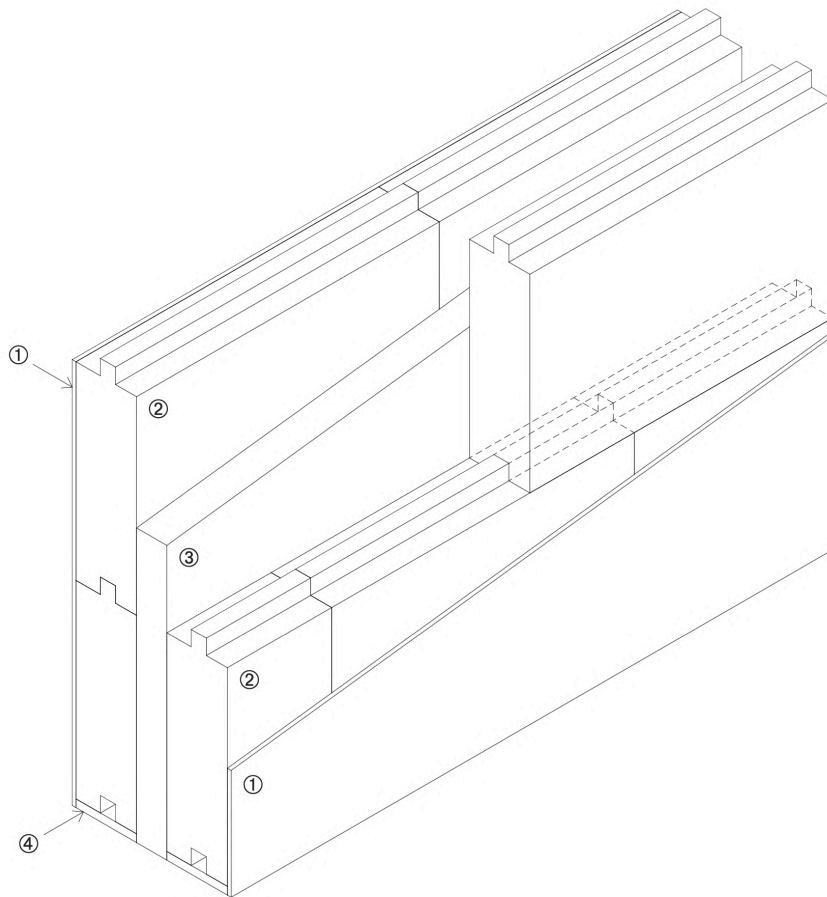
Essais 2

Double mur

Double mur composé d'un mur en briques de terre crue 8 cm avec enduit à l'argile sur sa face extérieure visible (base), laine minérale ou isolant bio-sourcé avec densité 30 à 50 kg/m³ de 4 cm d'épaisseur entre parements (2 couches de 2 cm croisées), mur briques de terre crue 8 cm enduit à l'argile sur sa face extérieure visible.

-
Epaisseur totale : 21 cm.

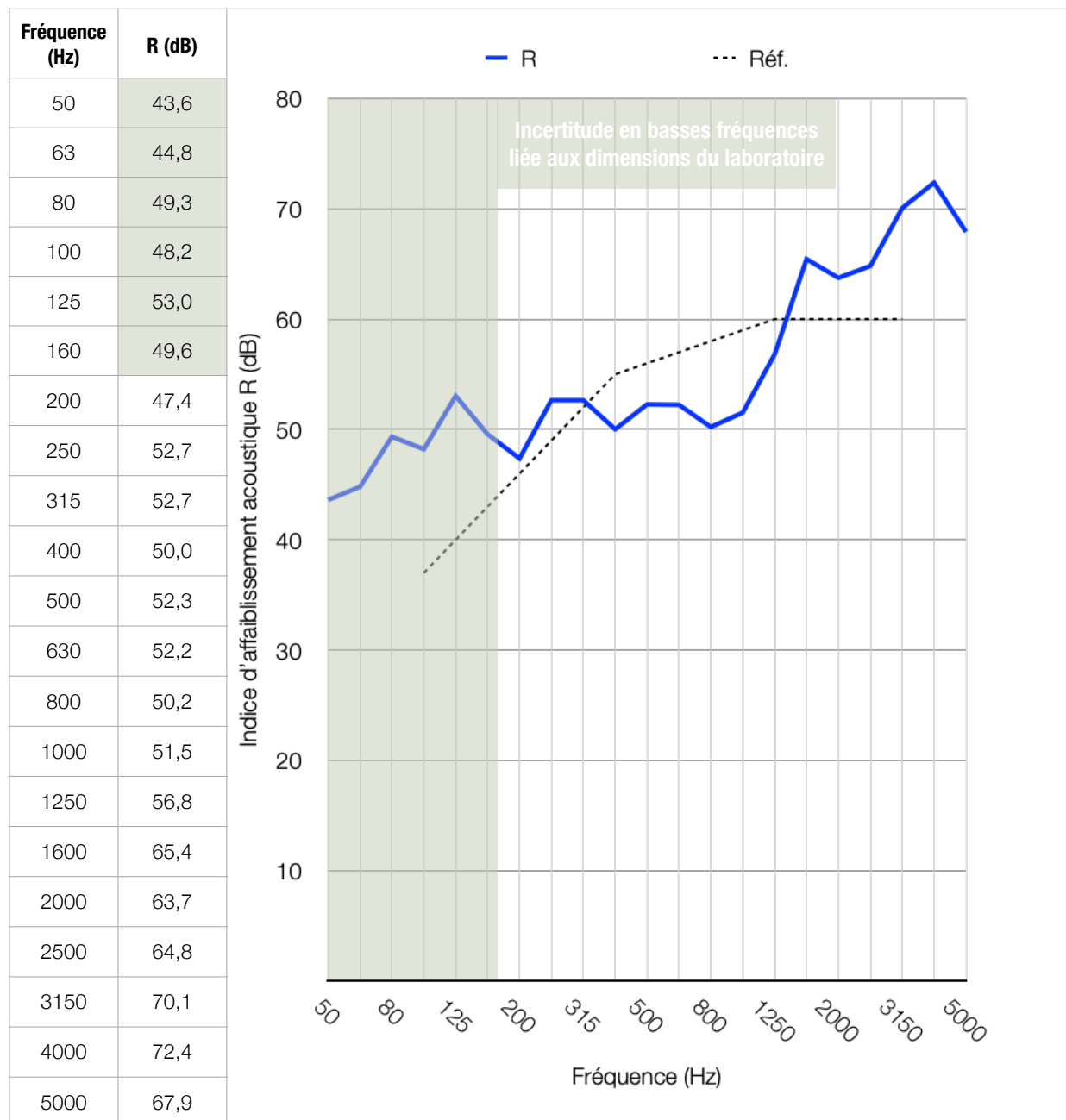
-
Masse surfacique : 275 kg/m² ;



- ① enduit à l'argile minimum 5mm
- ② cloison terraplac 8cm
- ③ laine minérale ou biosourcée 4cm
- ④ semelle souple (Pronouvo 5086) 1cm

**Indice d'affaiblissement acoustique conformément à l'ISO 16283-1:2014
Mesurage in situ de l'isolement au bruit aérien entre les pièces**

Double mur composé d'un mur en briques de terre crue 8 cm avec enduit à l'argile sur sa face visible(base), laine minérale ou isolant bio-sourcé avec densité 30 à 50 kg/m³ de 4 cm d'épaisseur entre parements (2 couches de 2 cm croisées), mur briques de terre crue 8 cm enduit à l'argile sur une face.



$R_w (C;C_{tr}) \geq 56 (-1 ; -3) \text{ dB}$

$R_w+C \geq 55 \text{ dB}$

Commentaires :

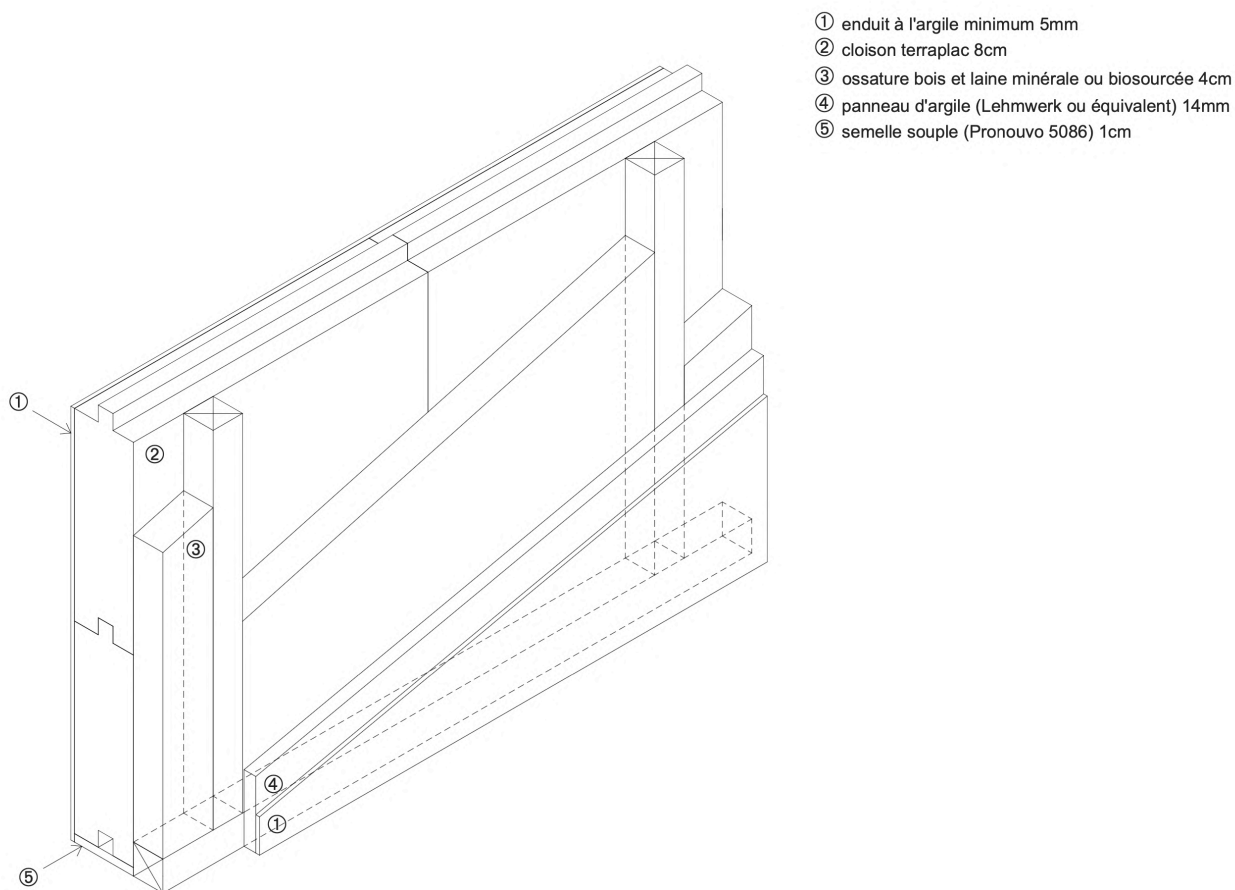
La valeur d'indice d'affaiblissement réelle est supérieure à celle mesurée en laboratoire (limite des capacités de mesures atteinte avec cette configuration).

Essais 3

Mur avec doublage sur ossature bois

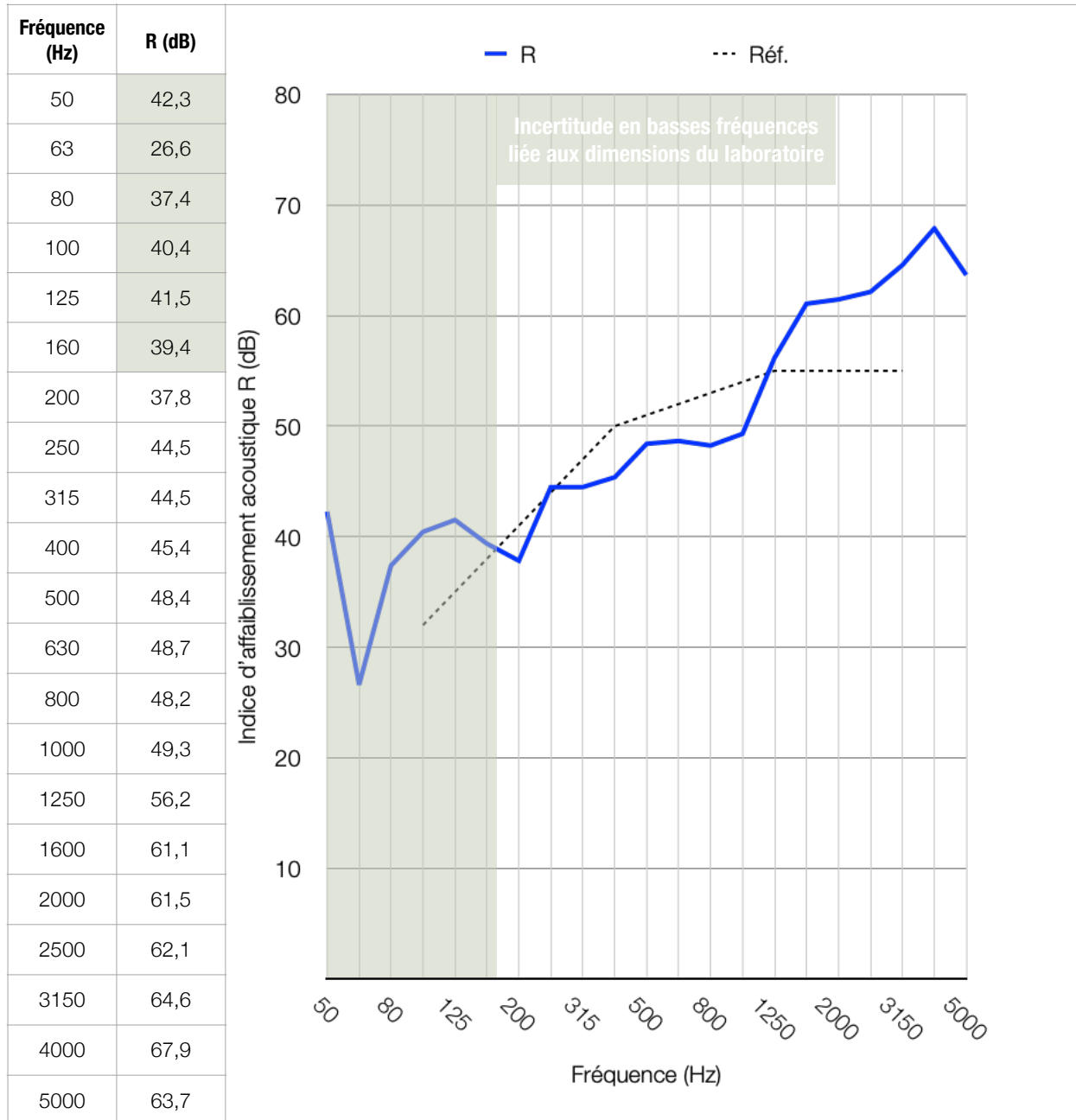
Mur briques de terre crue 8 cm enduit à l'argile sur sa face extérieur visible (base) avec doublage composé d'une ossature bois 4 cm et laine minérale ou isolant bio-sourcé 4 cm entre ossature (densité 30 à 50 kg/m³), plaque d'argile 16 mm (Lehmwerk) + enduit à l'argile.

-
- Epaisseur totale : 14.6 cm ;
-
- Masse surfacique : 160 kg/m² ;



Indice d'affaiblissement acoustique apparent conformément à l'ISO 16283-1:2014
Mesurage in situ de l'isolement au bruit aérien entre les pièces

Mur briques de terre crue 8 cm enduit à l'argile sur sa face visible (base) avec doublage composé d'une ossature bois 4 cm et laine minérale ou isolant bio-sourcé 4 cm entre ossature (densité 30 à 50 kg/m³), plaque d'argile 16 mm (Lehmwerk) + enduit à l'argile.



$R_w (C;C_{tr}) = 51 (-1 ; -4) \text{ dB}$

$R_w+C = 50 \text{ dB}$

Commentaires :

La performance d'indice d'affaiblissement peut être améliorée en procédant à une désolidarisation parfaite de la structure bois avec le mur en terre crue, ce qui n'était pas le cas pendant les essais.

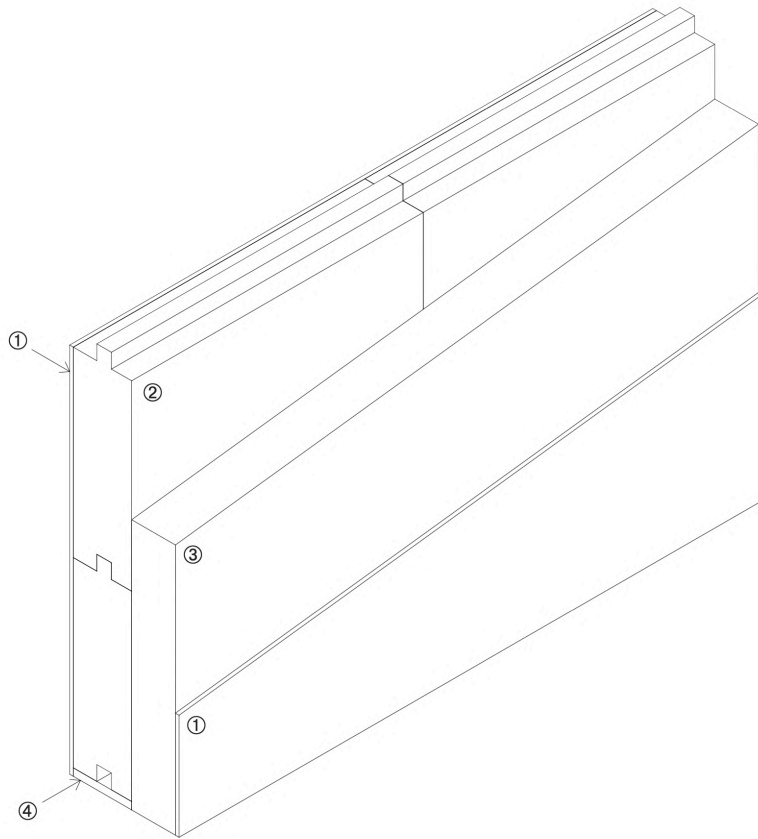
Essais 4

Mur avec doublage panneau de fibre de bois enduit

Mur briques de terre crue 8 cm enduit à l'argile sur sa face visible (base) avec panneau de fibre de bois (Gutex Termawall) 6 cm et enduit.

- Epaisseur totale : 15 cm ;

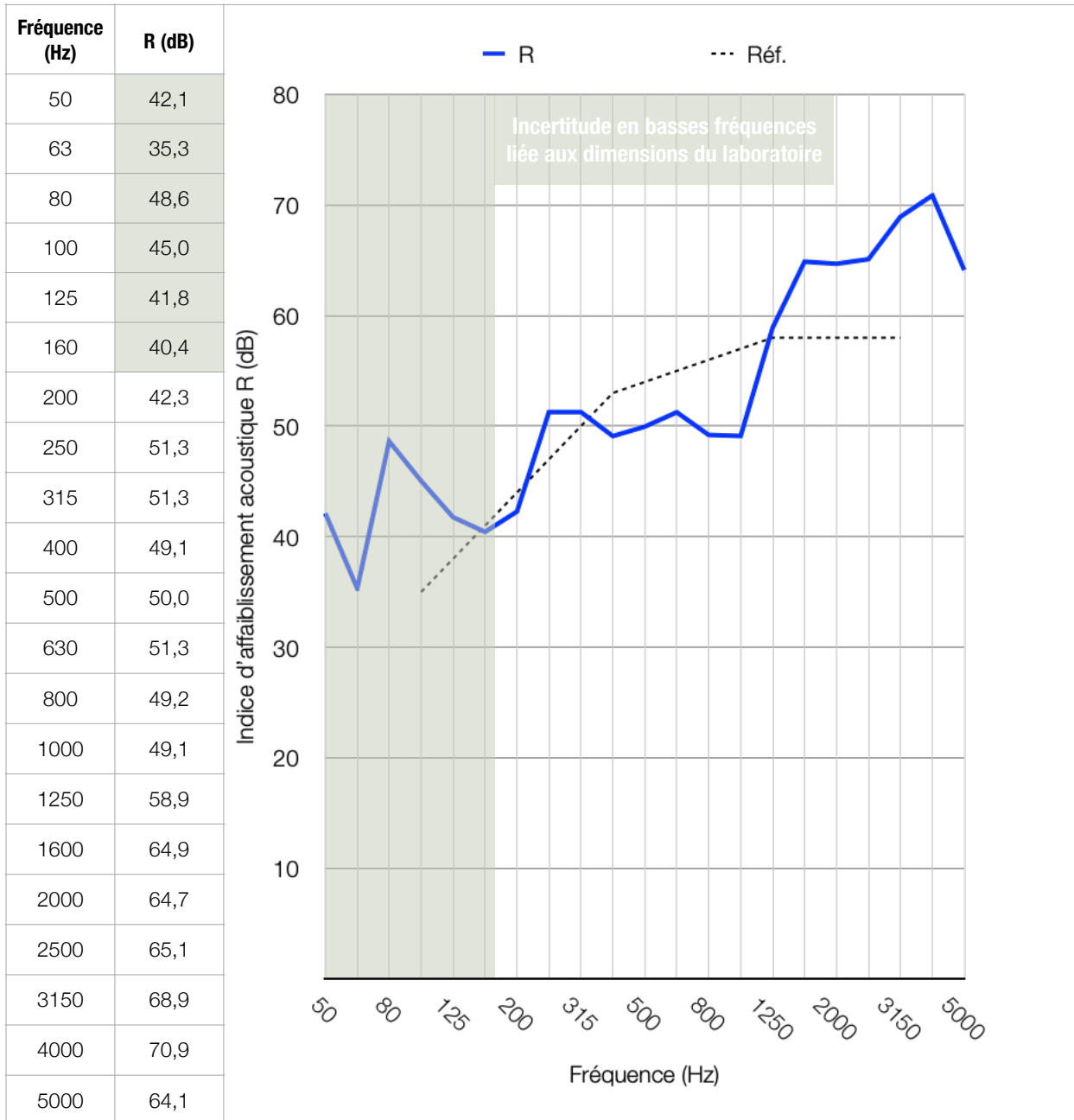
- Masse surfacique : 145 kg/m² ;



- ① enduit à l'argile minimum 5mm
- ② cloison terraplac 8cm
- ③ panneau de fibre de bois (GUTEX Termawall) 6cm
- ④ semelle souple (Pronouvo 5086) 1cm

**Indice d'affaiblissement acoustique conformément à l'ISO 16283-1:2014
Mesurage in situ de l'isolement au bruit aérien entre les pièces**

Mur briques de terre crue 8 cm enduit à l'argile sur sa face visible (base) avec panneau de fibre de bois (Gutex Termawall) 6 cm et enduit.



$R_w (C;C_{tr}) = 54 (-1 ; -4) \text{ dB}$

$R_w + C = 53 \text{ dB}$

Commentaires :

Le principe de doublage avec la laine de bois + enduit permet d'atteindre une performance élevée pour l'indice d'affaiblissement au bruit aérien.

Synthèse

La synthèse des résultats obtenus pour les tests d'indice d'affaiblissement est présentée dans le tableau ci-dessous :

Indice d'affaiblissement au bruit aérien R_w+C				
Essai	Composition	Epaisseur totale	Masse surfacique	R_w+C (mesuré)
1	Mur terre crue 8 cm d'épaisseur avec enduit à l'argile sur une face 0.5 cm.	8.5 cm	135 kg/m ²	43 dB
2	Double mur terre crue 8 cm d'épaisseur avec isolant 4 cm entre mur (2 x 2 cm laine minérale à joints croisés) et enduit à l'argile 0.5 cm sur une face chacun.	21 cm	275 kg/m ²	≥ 55 dB*
3	Mur en terre crue 8 cm d'épaisseur avec enduit à l'argile sur une face 0.5 cm + doublage ossature bois 4 cm avec laine minérale 4 cm et une plaque d'argile 16 mm d'épaisseur.	16 cm	160 kg/m ²	50 dB
4	Mur en terre crue 8 cm d'épaisseur avec enduit à l'argile sur une face 0.5 cm + doublage fibre de bois Gutex Thermawall 6 cm + 0.5 cm d'enduit terre	16 cm	145 kg/m ²	53 dB

*Limite haute de détermination de l'indice d'affaiblissement en laboratoire.

Possibilités d'usages

Selon les performances obtenues et en tenant compte des exigences habituellement rencontrées dans la construction, il est possible de prévoir les possibilités d'usages suivantes par composition. Les propositions ci-dessous demandent toutefois une analyse spécifique selon les projets.

Mur terre crue 8 cm d'épaisseur

_Murs à l'intérieur d'un appartement (répond aux recommandations de degré 1 pour l'isolation au bruit aérien selon annexe G SIA 181:2006). Une attention particulière est nécessaire en cas de contact avec des installations techniques de cuisines ou sanitaires ;

_Murs entre bureaux individuels ou salle de réunion sans confidentialité (degré 1 annexe G SIA 181:2006) ;

_Murs entre salles d'activités, repas, dans des crèches ou garderie ;

_Murs entre local sensible et circulation (par exemple chambre d'hôpital, EMS, salle de classe, vis-à-vis d'une circulation commune) ;

_Murs entre locaux moyennement sensibles de bâtiments publics.

Double mur terre crue 20 cm d'épaisseur

_Murs entre appartements avec exigences minimales ($D_i \geq 52$ dB) ;

_Murs entre salles de classe ou autres locaux sensibles dans les bâtiments d'enseignement ;

_Adaptation possible pour les murs de salles de musiques (augmentation de l'épaisseur d'isolation) ;

_Murs pour des bureaux ou salles de conférence avec confidentialité ;

_Murs de salles d'activité (usage multiple, par ex. maison de quartier).

Mur terre crue 8 cm d'épaisseur avec doublage plaque d'argile ou isolant bois

_Murs entre salles de classe ou autres locaux sensibles dans les bâtiments d'enseignement ;

_Murs entre chambres d'hôpital ou EMS ;

_Murs dans les bâtiments administratifs (bureaux, salle de conférence) ;

_Murs de salles d'activité (usage multiple, par ex. maison de quartier) ;

_Murs de locaux technique moyennement bruyant et tempéré (non chauffé mais dans l'enveloppe thermique).

Terminologie

Terme	Symbole	Définition
Bruit aérien		Son produit et se propageant dans l'air (onde acoustique)
Transmission des bruits aériens		Transmission des bruits aériens d'un local à l'autre à travers les éléments de construction.
Indice d'affaiblissement acoustique	R [dB]	Indice d'affaiblissement acoustique mesuré en laboratoire (sans transmissions latérales) selon ISO 140-3.
Indice d'affaiblissement acoustique pondéré	R _w [dB]	Valeur unique de l'affaiblissement acoustique R exprimée par bande de tiers d'octave, selon ISO 717-1.
Indice d'affaiblissement acoustique apparent	R' [dB]	Indice d'affaiblissement acoustique mesuré in situ (ou dans un laboratoire ancien avec transmission latérales) selon ISO 140-4 : $R' = D + 10 \lg (S/A)$ D = L ₁ -L ₂ isolation acoustique brute (dB) L ₁ niveau de pression acoustique moyen dans le local d'émission (dB) L ₂ niveau de pression acoustique moyen dans le local de réception (dB) S aire commune de l'élément de construction séparant les locaux (m ²) A aire d'absorption équivalente du local de réception (m ²) R' est indiqué pour chaque bande de 1/3 octave.
Indice d'affaiblissement acoustique apparent pondéré	R' _w [dB]	Valeur unique obtenue à partir des affaiblissements acoustiques R' dans chaque bande de 1/3 octave, selon ISO 717-1.
Indice d'affaiblissement apparent pondéré résultant	R' _{w,res} [dB]	Valeur unique résultant de différents indices d'affaiblissement acoustique apparent de plusieurs éléments composites (avec des surfaces et des affaiblissements acoustiques différents). L'indice d'affaiblissement acoustique résultant peut se calculer par addition énergétique.
Isolation acoustique normalisé	D _{nT} [dB]	Isolation acoustique brute, mesurée in situ, correspondant à un temps de réverbération de référence, selon ISO 140-4 : $D_{nT} = D + 10 \lg (T/T_0)$ D = L ₁ -L ₂ isolation acoustique brute (dB) L ₁ niveau de pression acoustique moyen dans le local d'émission (dB) L ₂ niveau de pression acoustique moyen dans le local de réception (dB) T Temps de réverbération dans le local de réception T ₀ = 0,5 s temps de réverbération de référence D _{nT} est indiqué pour chaque bande de 1/3 octave.
Valeur globale d'isolement au bruit aérien pour les sources de bruit intérieures	D _{i,tot}	Somme des grandeurs significatives de l'exigence applicable en matière d'isolement aux bruits aériens pour les sources de bruit intérieures.
Bruit continu		Bruit d'une durée supérieure à 3 minutes ou se produisant fréquemment durant la période considérée (jour ou nuit).
Valeur globale du bruit des installations	L _{H,tot} [dB(A)]	Somme des niveaux d'évaluation et de la correction de volume pour un bruit d'un équipement technique ou d'une installation fixe du bâtiment $L_{H,tot} = L_{r,H} + C_v$

Terme	Symbole	Définition
Terme d'adaptation du spectre	C [dB]	Terme d'adaptation du spectre prenant en compte les écarts importants dans un spectre de bruit (bruit intérieur).
	C_{tr} [dB]	Terme d'adaptation du spectre pour l'évaluation des bruits du trafic et de la musique pour lesquels les basses fréquences sont déterminantes.
Exigence	D_e [dB(A)]	Exigence pour l'isolement aux bruits aériens en provenance de sources extérieures
	L_H [dB(A)]	Exigence pour le bruit des équipements techniques et des installations fixes du bâtiment.
	D_i [dB(A)]	Exigence pour l'isolement aux bruits aériens en provenance de sources intérieures.
Niveau mixcm1 du bruit de courte durée	$L_{A,F}$ dB(A)	Niveau maximal d'un bruit de courte durée produit par un équipement technique ou une installation fixe du bâtiment, mesuré en utilisant la constante de temps FAST et le filtre de pondération A (méthode de mesurage simplifiée).

Bibliographie

SIA (2006). SIA 181:2006 *Protection contre le bruit dans le bâtiment édition 2006*. Société suisse des ingénieurs et des architectes.

SIA (2020). SIA 181:2020 *Protection contre le bruit dans le bâtiment édition 2020*. Société suisse des ingénieurs et des architectes.

OPB (1986) *Ordonnance pour la protection contre le bruit*. Confédération Suisse.

Elément 30 - *Protection contre le bruit dans le bâtiment 1er édition*. Association Suisse de l'Industrie de la Terre Cuite.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les services industriels de Genève (SIG) pour leur soutien dans le cadre de la réalisation de cette étude ainsi que l'HEPIA pour la mise à disposition du laboratoire d'essais acoustique.



h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève