



GAMBA

Softwaresuite AcouS STIFF®

**Beschreibung und Anwendungsbeispiel
an CLT-Konstruktionen**

**Herbsttagung
SGA-SSA 2023**



- Akustische Kenngrößen
- Die Software-Suite AcouS STIFF®/STING®/STICS21®
- AcouS STIFF® und seine Modelle
- AcouS STING® und seine Modelle
- AcouS STICS21® und seine Modelle
- Anwendungsbeispiele



Akustische Kenngrößen

Schalldämm-Mass: $R_W (C ; C_{tr})$

- Quantifiziert die Schalldämmung einer Wand
- Leistungsverhältnis

$$R = 10 \log \left(\frac{W_1}{W_2} \right) = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right)$$

Schalldämm-Verbesserungsmass: $\Delta R_W (C ; C_{tr})$

- Quantifiziert die Wirksamkeit einer Vorsatzschale oder eines Belags
- Bezug zu einer Referenz für die Berechnung des Gesamtwerts (direct / heavy / light)

$$\Delta R = R_{mit} - R_{ohne}$$

Standard-Schallpegel-Differenz eines Elements: $D_{n,eW} (C ; C_{tr})$

- Quantifiziert die Schalldämmung eines Elements (EA, CVR, RPT, ...)

$$D_{n,e} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{A_0}{A} \right)$$

$$R = D_{n,e} + 10 \log \left(\frac{S}{A_0} \right)$$



Definitionen in den Normen:
ISO 10140 und ISO 717

Akustische Kenngrößen

Norm-Trittschallpegel: $L_{n,w}$ (C_i ; $C_{i50-2500}$)

- Quantifiziert die Trittschalldämmung einer Decke

$$L_n = L + 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right)$$

Trittschall-Verbesserungsmass: ΔL_w

- Quantifiziert die Wirksamkeit eines Bodenbelags
- Bezug zu einer Referenz für die Berechnung des Gesamtwerts (heavy / light type 1, ...)

$$\Delta L = L_{n0} - L_n$$



Definitionen in den Normen:
ISO 10140 und ISO 717

Akustische Kenngrößen

Standard-Schallpegeldifferenz: $D_{nTW} (C; C_{tr})$

- Quantifiziert die Schalldämmung zwischen zwei Räumen oder einer Fassade
- Sämtliche Übertragungswege inbegriffen

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

Standard-Trittschallpegel: $L'_{nT,W} (C_i; C_{i50-2500})$

- Quantifiziert den Trittschallschutz zwischen zwei Räumen
- Sämtliche Übertragungswege inbegriffen

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

Definitionen in den Normen:
ISO 12354 und ISO 717

Akustische Kenngrößen

Norm-Flankenpegeldifferenz: $D_{n,f,w}$ (C ; C_{tr})

- Quantifiziert die Schalldämmung eines Anschlusses (durchgängige Decke, Fassade, durchgängiger Boden)

$$D_{n,f} = L_1 - L_2 - 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right)$$

Norm-Trittschallpegel flankierende Bauteile : $L_{n,f,w}$

- Quantifiziert den Trittschallschutz eines Anschlusses (durchgängiger Boden)

$$L_{n,f} = L_2 + 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right)$$

Definitionen in den Normen:
ISO 10848 et ISO 717

Akustische Kenngrößen

Richtungsgemittelte Schnellepegel-Differenz: $\overline{D_{v,ij}} = \frac{1}{2} (D_{v,ij} + D_{v,ji})$

- Quantifiziert die Körperschalldämmung einer Stossstelle mit der Schnellepegeldifferenz: $D_{v,ij} = L_{v,i} - L_{v,j}$

Äquivalente Absorptionslänge eines Bauteils i: a_i

- Länge einer fiktiven vollständig absorbierenden Stossstelle eines Bauteils, wenn $f_{c,i} = 1000$ Hz, welches denselben Gesamtverlust wie das Bauteil i in einer gegebenen Bausituation ergibt. Mit $T_{s,i}$ der Körperschallnachhallzeit, S_i der Fläche des Bauteils und f der Frequenz.

$$a_i = \frac{2.2 \pi^2 S_i}{T_{s,i} c_0 \sqrt{\frac{f}{f_{ref}}}}$$

Stossstellen-Dämm-Mass: K_{ij}

- K_{ij} bestimmbar aus Körperschallmessungen in beide Richtungen und Körperschallnachhallzeiten
- Quantifiziert die Körperschallverteilung bei einer Stossstelle
- Anpassbare Grösse « in-situ »

$$K_{ij} = \overline{D_{v,ij}} + 10 \log \left(\frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \right)$$

Software-Palette

- AcouS STIFF® : Luftschall Bauteile
- AcouS STING® : Trittschall Bauteile
- AcouS STICS21® : Schallschutz zwischen Räumen

- Auf Basis von Datenbanken konzipiert
- Module können verknüpft werden



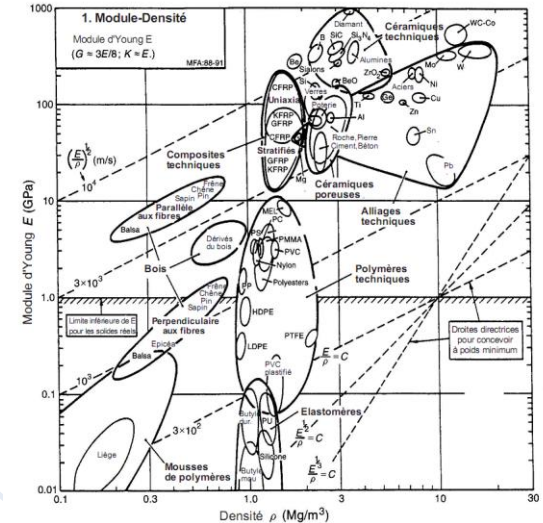
Eingangsdaten:

Materialien:

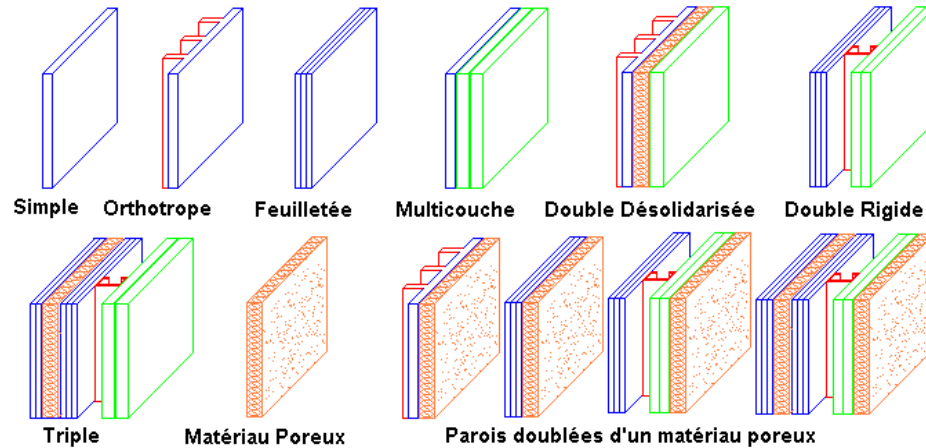
- $E(i)$: Elastizitätsmodul $\rho(i)$: Rohdichte
- $\eta(i)$: Verlustfaktor $\sigma(i)$: Strömungswiderstandverlust

Dimensionen: Länge (i), Breite (i), Dicke (i)

Anschlüsse: Linear / Punktuell / Flächig / Umlaufend



Die Berechnungen:
Wandtypologien:



Deckentypologien: *Betondecke, Hohlrplatten, CLT, Verbunddecken, Hourdisdecken, ...*

Belagstypen: *schwimmender UB, schwimmend verlegtes Parkett, Fliesen auf Unterlage, elastischer Boden, Platten auf Stelzen, ...*

AcouS STIFF® - Definition der Grundbestandteile



Die Platte:

- Fest – homogen - isotrop – rechteckig
- $h \ll l$ und L und λ (Wellenlänge)
- Luftdicht
- Biegung: keine Kompression, Scherung

Die wichtigen Parameter:

- Längen, Breiten (in m)
- Dicke (in mm)
- Rohdichte ρ (kg/m^3)
- Elastizitätsmodul E (N/m^2 oder Pa)
- Verlustfaktor η

AcouS STIFF® - Das einfache Wandmodell



Die kritische Frequenz: Frequenz bei welcher die Biegewellenlänge in der Platte der Wellenlänge in der Luft entspricht

$$f_c = \frac{c^2}{1.9h} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)m_s}{h^3 E}}$$

Wenn $f < f_c$: Massegesetz + Sewell

Wenn $f > f_c$: Cremer (η)

Die Einflussfaktoren:

- Länge, Breite: R bei tiefen f
- Dicke: f_c und R
- Rohdichte: f_c und R
- Elastizitätsmodul: f_c
- Verlustfaktor: R

AcouS STIFF® - Definition der Grundbestandteile



Der poröse Körper:

- Feststoffaggregat, welches mit einem Fluid gesättigt ist mit einer Struktur (Fasern, Matrizen, Körner) und einem Fluid (Luft)

Die wichtigen Parameter:

- Dicke (in mm)
- Strömungswiderstand (Pa.s/m² oder Rayls/s)
- Elastizitätsmodul (N/m² oder Pa) : Kompressibilität der Luft (Pascalsches Gesetz : $PV^\gamma = \text{konstante}$)
- Rohdichte (in kg/m³) : Zusammenhang mit dem Strömungswiderstand über den Faserungskoeffizienten

AcouS STIFF® - Modell einer Wand aus porösem Material



Gedämpfte Ausbreitung in Abhängigkeit der Dicke und des Strömungswiderstands

- Formulierung nach Delany und Bazley
- Erinnerung: Zusammenhang zwischen Strömungswiderstand und Rohdichte über den Faserungskoeffizienten

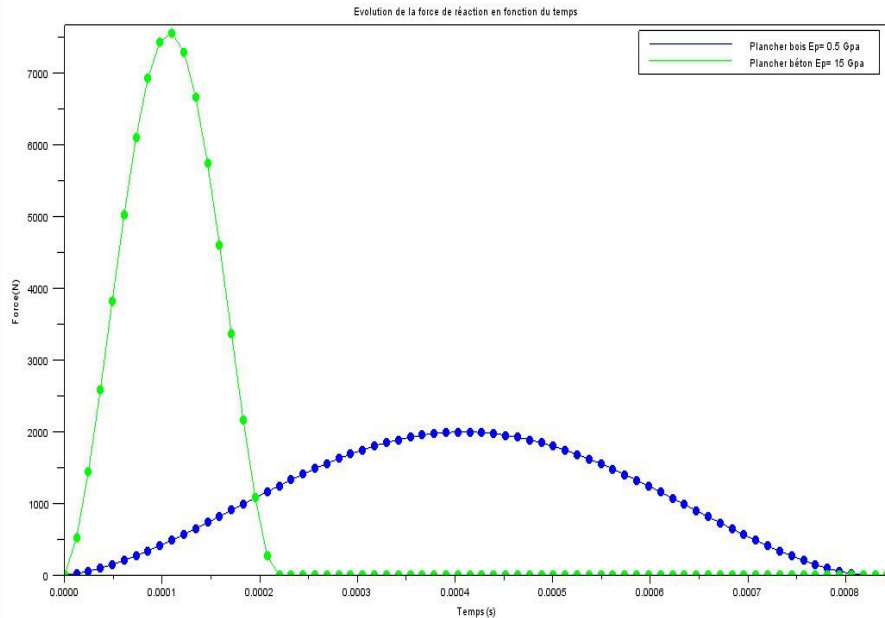
Die Einflussfaktoren:

- Dicke (in mm)
- Strömungswiderstand (in Pa.s/m²)

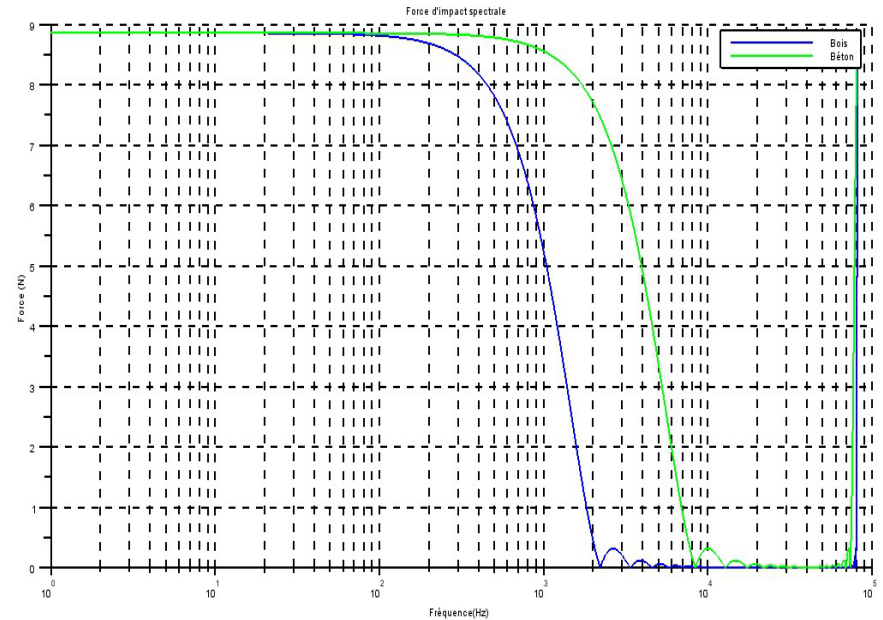
AcouS STING® - Homogene schwere Decke durch Kraft angeregt, je nach Material



- Zeitverlauf Kraft



- Spektrum

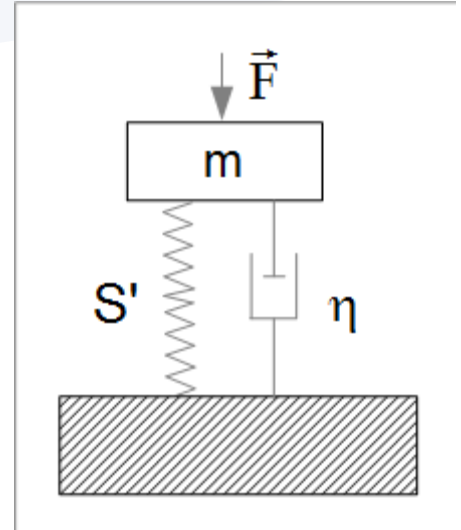


AcouS STING® - Modell schwimmender Bodenbelag

- Masse-Feder-Modell // Dämpfer
- Verhältnis der einwirkenden Kräfte mit und ohne Belag
- Kräfte auf den Belag werden auf die Rohdecke verteilt
- Rohdecke wird aktuell als träge angenommen:
- Masse Rohdecke >> Masse Belag

$$\Delta L = 20 \log \left| \frac{F_{no}}{F_n} \right| + 20 \log \left| 1 + \frac{Z_m}{Z_f} \right|$$

- Mit Z_m mechanische Impedanz des Hammers und Z_f diejenige des Belags



- **Die wenigen Referenznormen**

- Die Berechnung der Schalldämmung zwischen Räumen

EN 12354-1 : Luftschalldämmung

EN 12354-2 : Trittschall

EN 12354-3 : Fassadendämmung

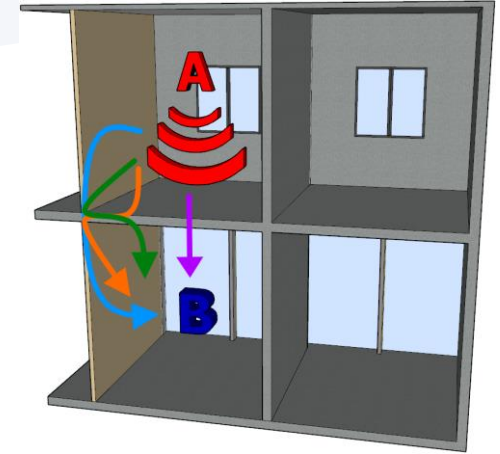
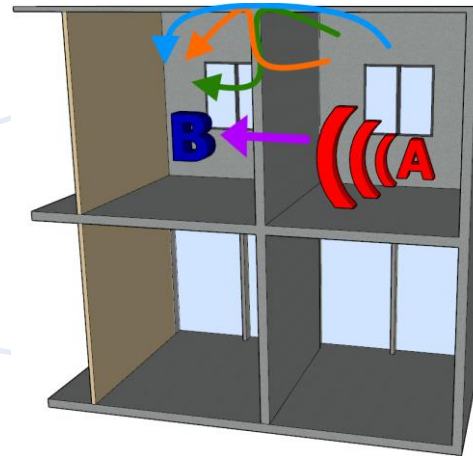
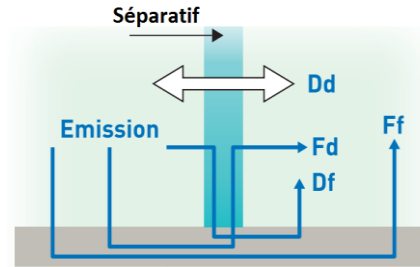
- Die Normen für die Messung der Modell-Eingangsdaten

ISO 10848-1 bis 4 : Messung von Nebenwegübertragungen für Luft- und Trittschall zwischen angrenzenden Räumen

ISO 10140-1 bis 5 : Labormessung der Schalldämmung von Bauteilen

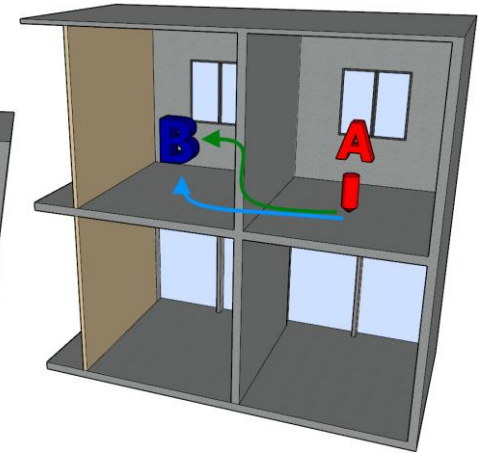
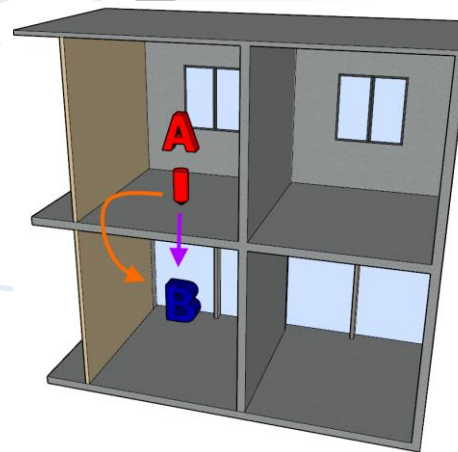
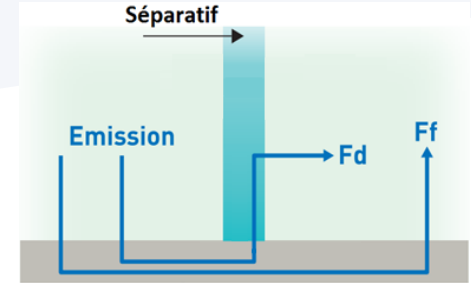
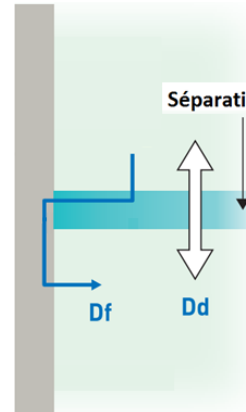
Luftschalldämmung zwischen Räumen

- Die Luftschalldämmung besteht aus der Summe von verschiedenen Übertragungswegen:
- Einem direkten Übertragungsweg
- 4x3 Nebenwegen:
Fd (= Flanking / direkt),
Df (= Direkt / flanking),
Ff (= Flanking / flanking)
- + Störübertragungen (Interphonie, Leckagen, ...)

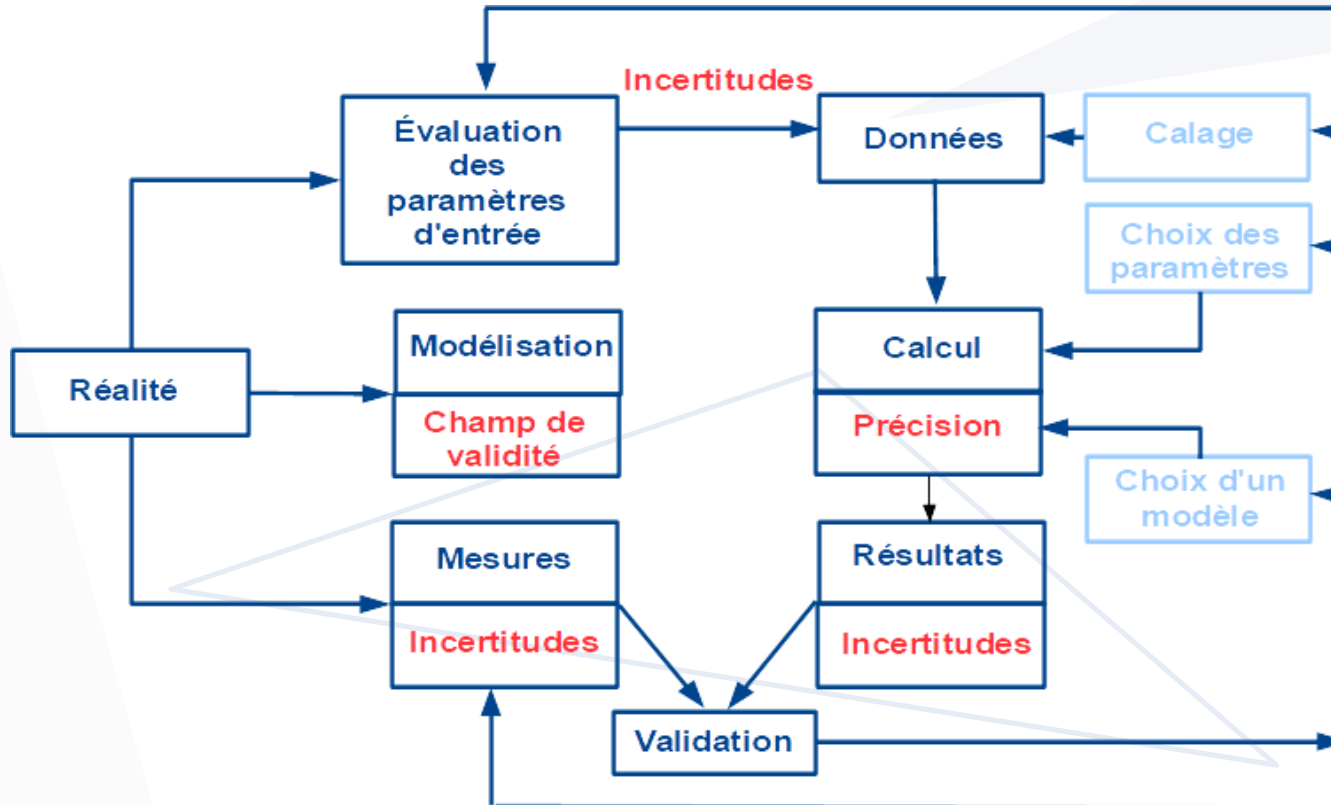


Prognosemodell – Trittschalldämmung

- Die Trittschalldämmung besteht aus der Summe von mehreren Übertragungswegen:
- Horizontal: zwei Nebenwege :
Ff (=Flanking/flanking)
Fd(=Flanking/direkt)
- Vertikal: ein direkter Übertragungsweg und vier Nebenwege:
Dd (=Direkt/direkt)
Df(=Direkt/flanking)

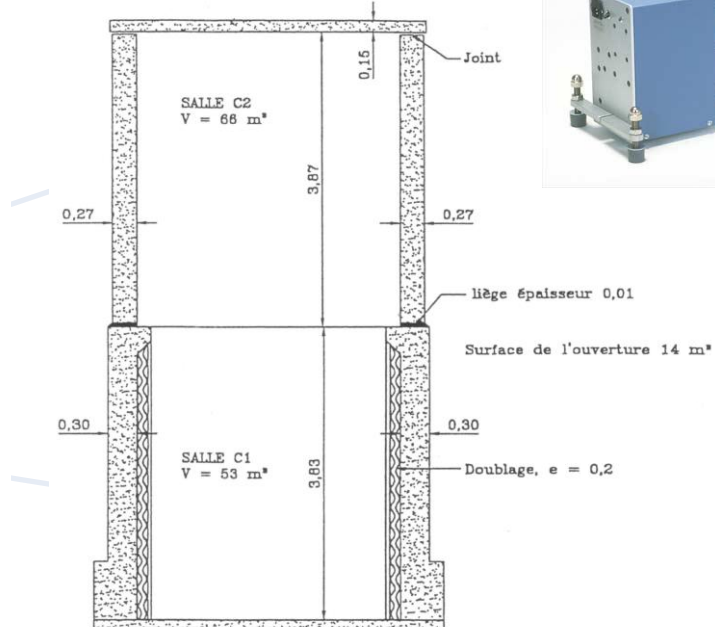
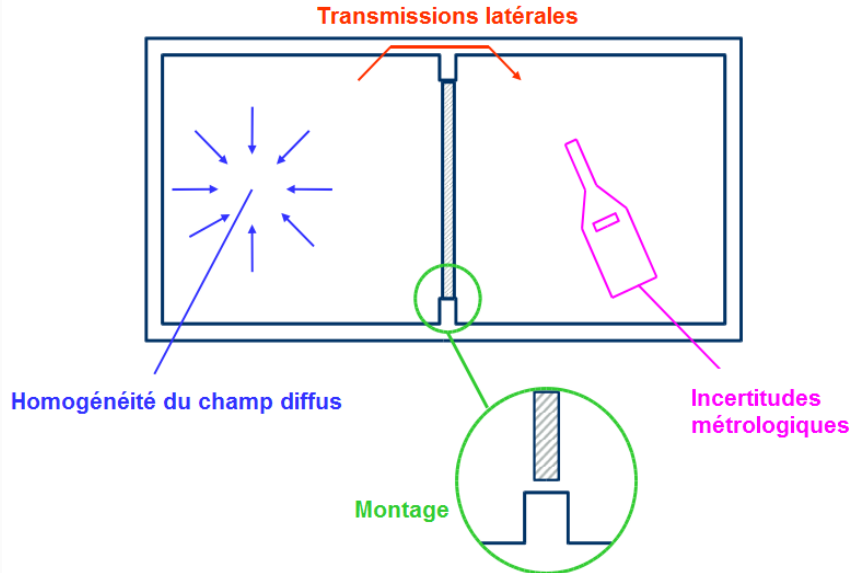


Validierung der Modelle



Messunsicherheiten

Die akustischen Messnormen: ISO10140, ISO10848, ISO3385, ...
Die Norm zu Unsicherheiten: ISO12999



Einfluss physikalischer Parameter

Gewisse physikalische Parameter variieren:

E : Elastizitätsmodul

ρ : Rohdichte

η : Verlustfaktor

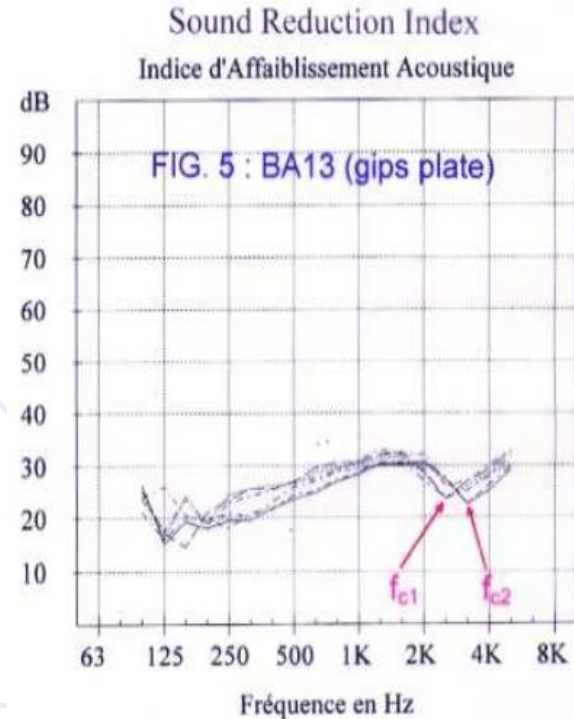
σ : Strömungswiderstand

Je nach :

Fabrikationsprozess,

Produktion,

Einbau

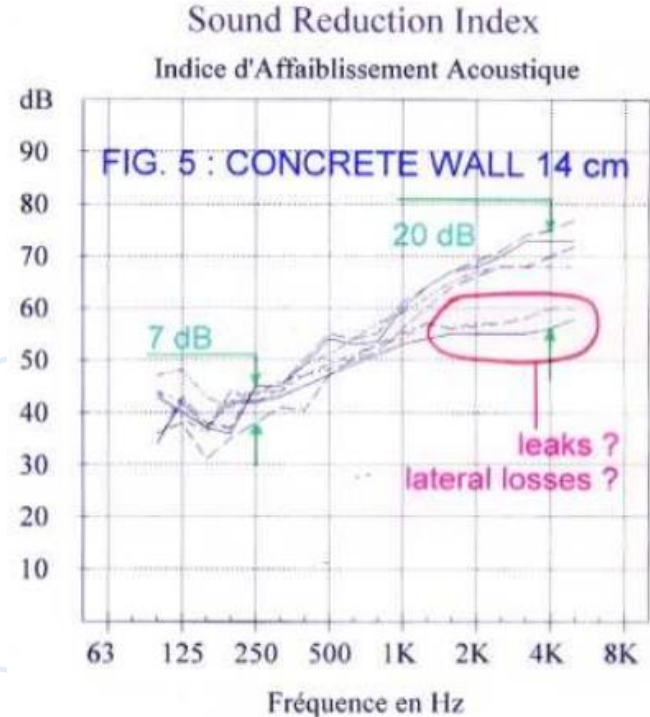


$$E_1 > E_2 \Leftrightarrow f_{c1} < f_{c2}$$

Einfluss des Einbaus

Materialtrocknung
Leckagen
Kraft oder Häufigkeit der
Verschraubung

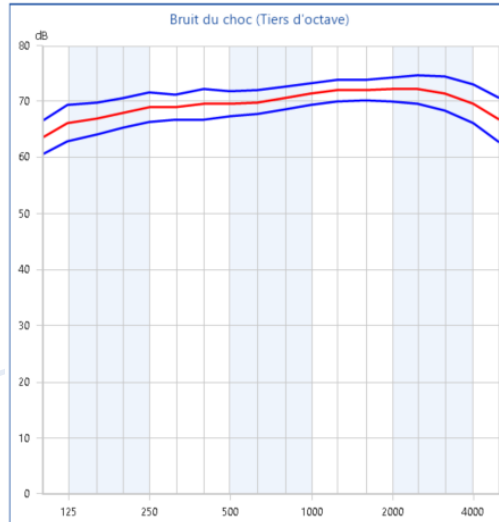
....



Einfluss des Einbaus

Variabilität der Wirkung der
Unterlagen für die Beläge

Gesamtwerte berechnet für eine
Referenzunterlage



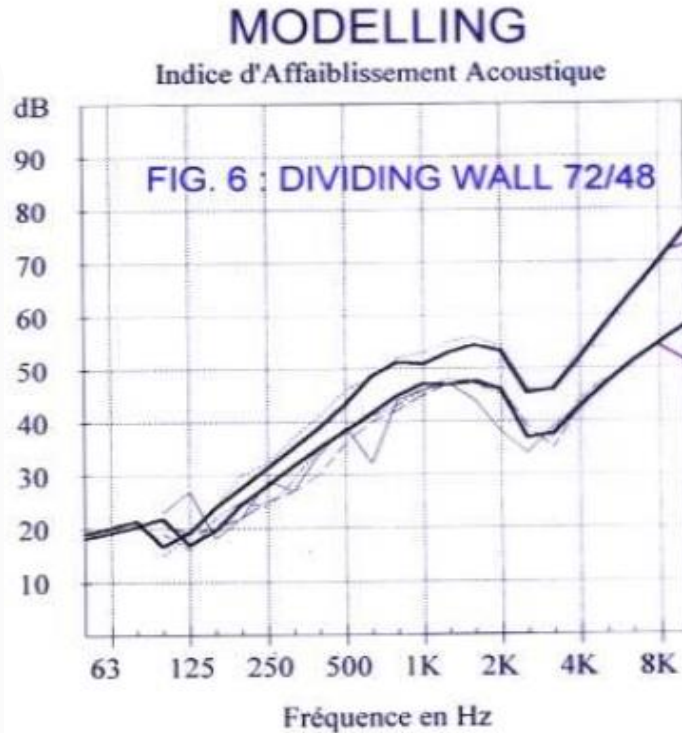
Lnw(C, 100-2500) dB

— Moyenne Ln BA 140 RE 13-03-2015: 78(-11)

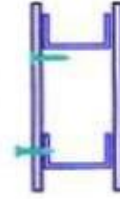
— May - Ecartype: 80(-11)

— May - Ecartype: 76(-11)

Modellierung: Hilfe zur Interpretation von Phänomenen



WITHOUT LINKS \Leftrightarrow
(DESOLIDARISEE)



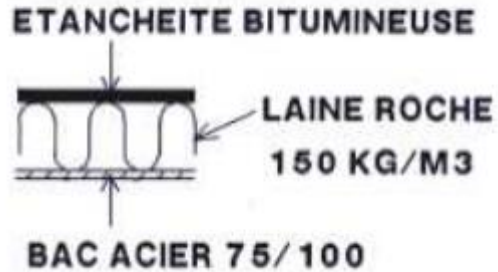
BA 13 (GIPS PLATE)



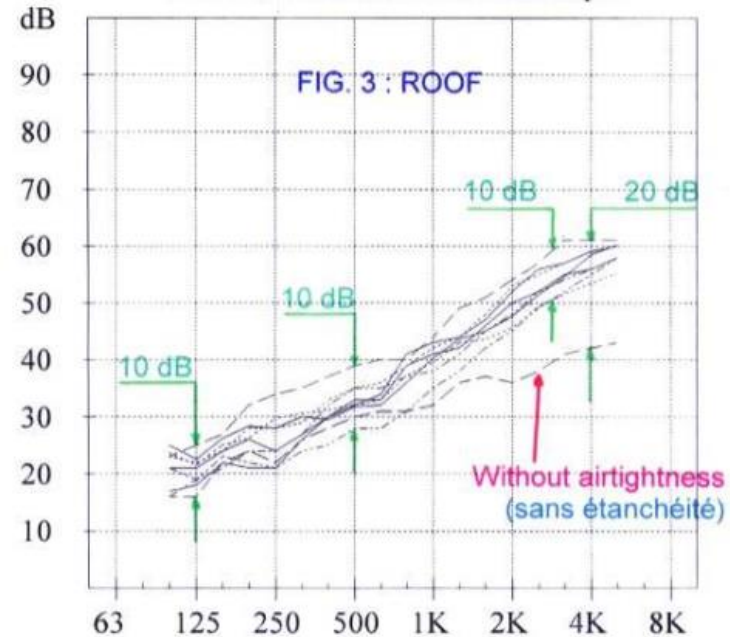
USUAL BUILDING
(MONTAGE USUEL)



Modellierung: Hilfe zur Interpretation von Phänomenen



Sound Reduction Index
Indice d'Affaiblissement Acoustique



Welche Methode wählen zur Schätzung der Modellunsicherheit in Bezug auf eine Situation?

-> Allgemeine Unsicherheit oder durch ein konstruktives System?

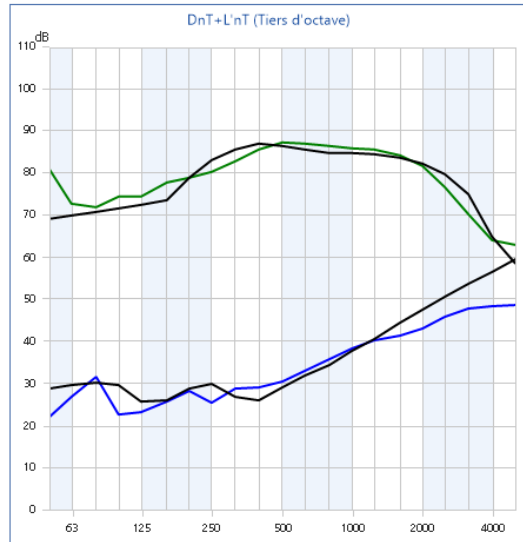
Berechnungsbeispiele mit CLT

Die berechneten Situationen sind Fälle aus der AdiVbois Studie, welche vom FCBA, dem CSTB und Qualitel durchgeführt wurde, welche Labormessungen nachbilden, R und Ln und am 1:1 Modell durchgeführt (EG+ 2 / 4 Räume pro Geschoss).



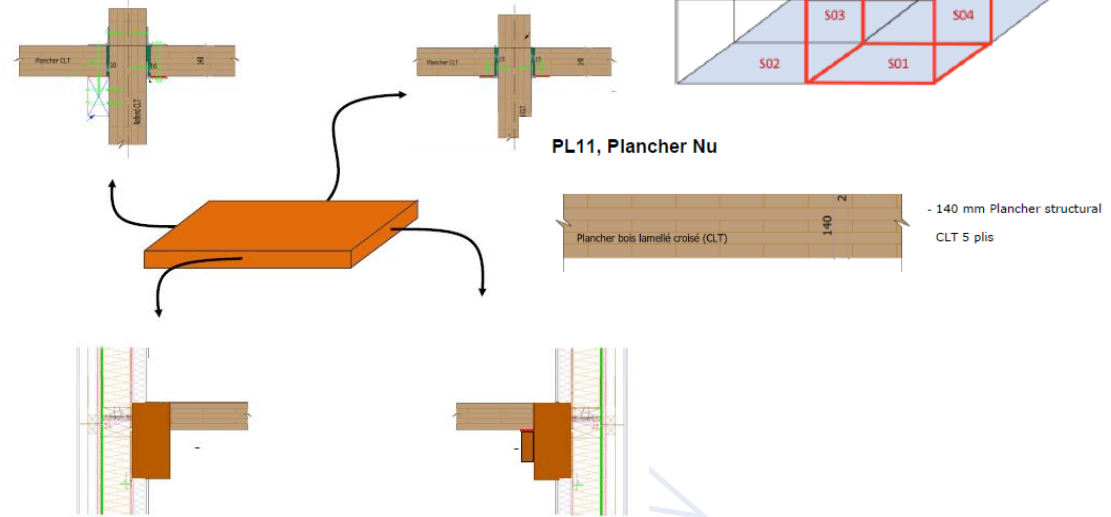
Fall 1

Eingangsdaten: Rohdecke im Labor gemessen, Kij vor Ort gemessen, Fassaden aus Holzrahmen und Vorsatzschalen, tragende Wände in CLT (roh)



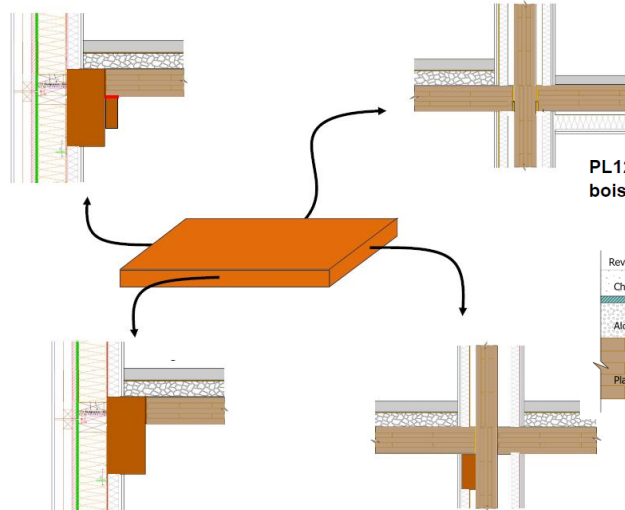
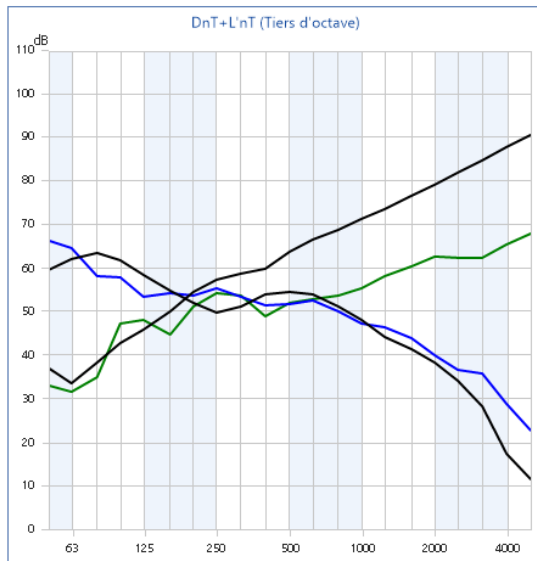
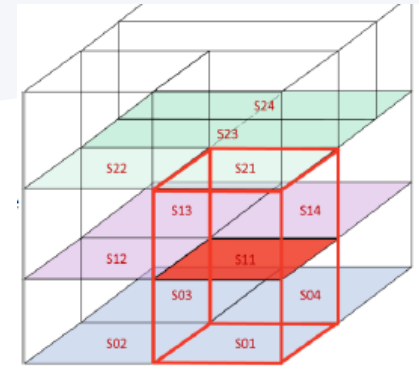
Rw(Ci: Ctr) ou Δ Rw(Ci: Ctr) ou Lnw(Ci) ou Δ Lw(Ci Δ) DnTw(Ci: Ctr) LnTw(Ci) ...

— S12-S2_nu LnT: 87(-7)
 — S1-S11 nu_2 DnT: 36(-1;-4)
 — 00-Isolment Vertical S11/S01_nu LnT: 87(-7)
 — 00-Isolment Vertical S11/S01_nu DnT: 36(-1;-4)

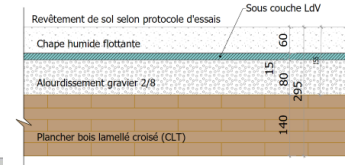


Fall 1 mit Vorsatzschale

Eingangsdaten: Decke + Splitt + Unterlagsboden im Labor gemessen, Kij am Modell gemessen, Fassaden aus Holzrahmen und Vorsatzschalen, tragende Wände in CLT



PL12, Plancher doublé, Gravier + Chape 60mm et sous-face en bois apparent

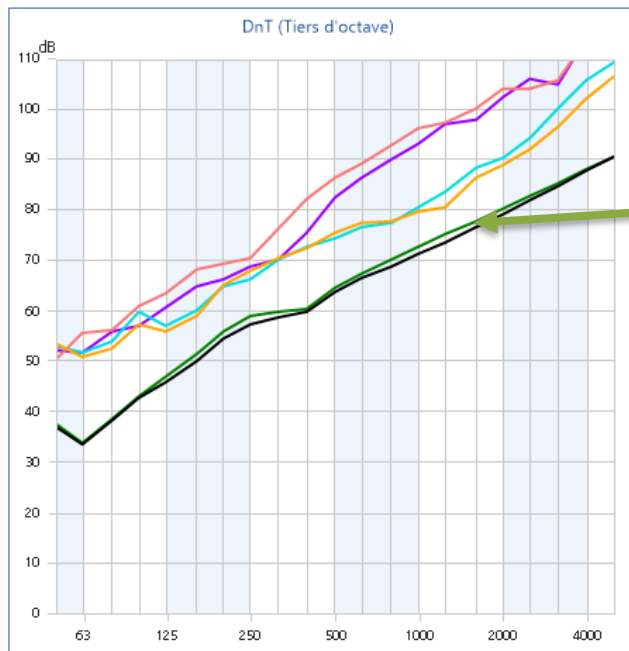


- 60 mm Chape liquide, béton
- Polyane
- 15 mm Sous-couche en laine de verre
- 80 mm Gravier 2/8
- 140 mm Plancher structural
- CLT 5 plis
- Sous-face, bois visible

Rw(C; Ctr) ou ΔRw(C; Ctr) ou Lnw(Ci) ou ΔLw(CiΔ) DnT(C; Ctr) LnTw(Ci) ...

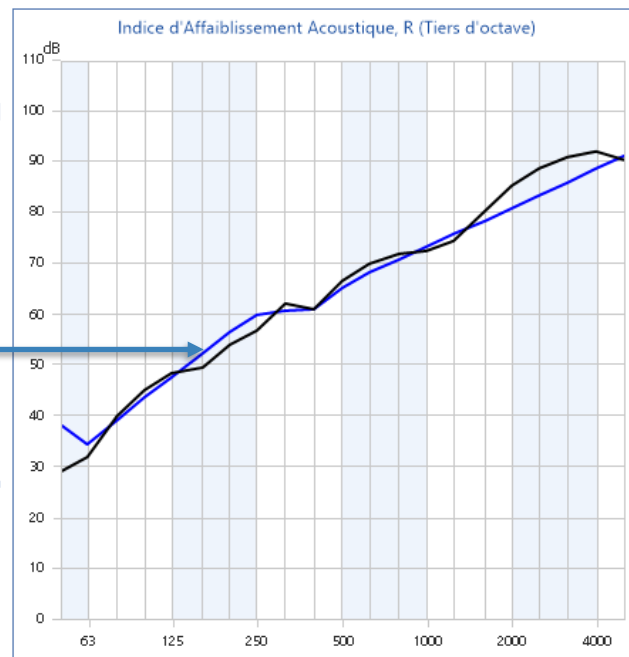
- S01-S11C chape + db, DnT: 57(-1;-3)
- S12-S02 chape + db, LnT2: 51(-2)
- 01-Isolément Vertical S11/S01_chape et doublage, LnT: 51(0)
- 01-Isolément Vertical S11/S01_chape et doublage, DnT: 66(-2;-7)

Fall 1 mit Vorsatzschale DnT



Dämmung durch Decke (direkt)

R der Decke mit UB im Labor



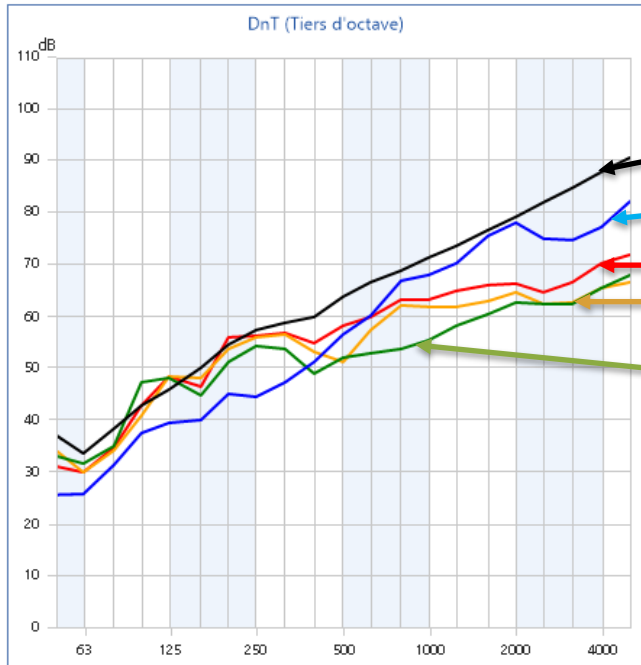
DnTw(C,Ctr) dB

— Mur façade 2 LN1a_DnT: 80(-1;-7)
 — Mur Intérieur 1 LN05_DnT: 77(-1;-6)
 — Mur Façade LN02
— Sol_DnT: 67(-2;-7)
 — 01-Isolement Vertical 511/S01_chape et doublage_DnT: 66(-2;-7)

Rw(C,Ctr) dB

— CLT +gravier + CF LV15: 68(-2;-8)
 — CLT+gravier+CF LV15_R: 68(-2;-8)

Fall 1 mit Vorsatzschale DnT



Berechnung AcouS STICS 21®

Berechnung anderes Modell

Messung nach Verschalung
der Balken

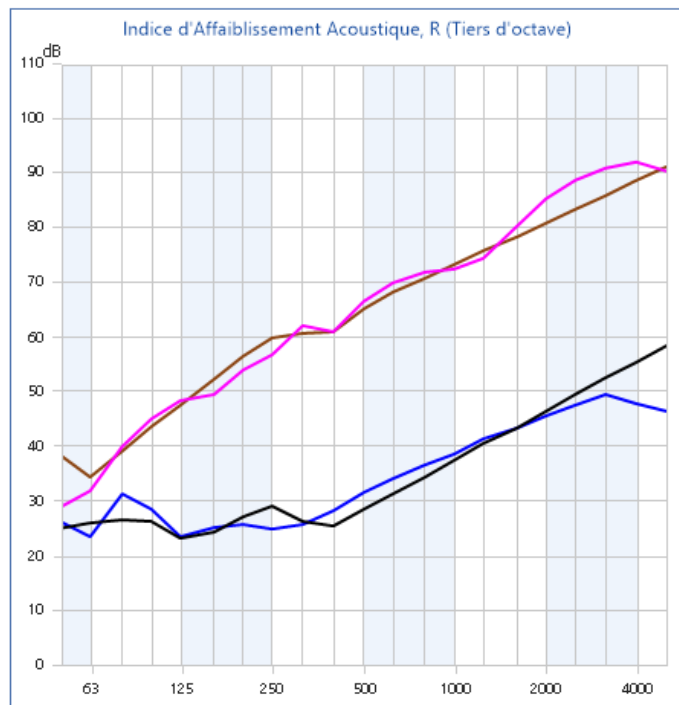
Messung vor Verschalung der
Balken

Die Analyse des Berichts AdivBois erwähnt,
dass durchgängige Holzpfosten nicht verschalt
wurden, was sicher die Differenz zwischen
Berechnung und Messung erklärt.

DnTw(C;Ctr) dB

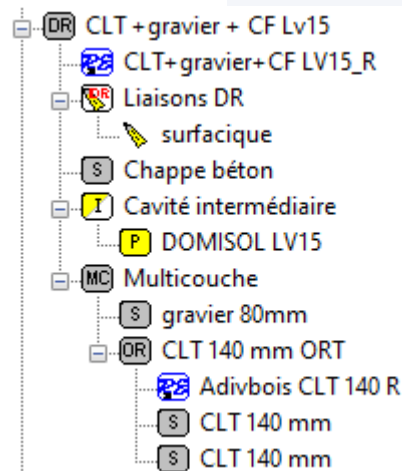
— mesures Placo/iso rebouche fuites + encoff DnT: 62(-1;-5) — mesures Placo/iso rebouche fuites DnT: 60(-2;-5) — S01-S11C chape + db. DnT: 57(-1;-3)
— calcul CSTB S01/S11 DnT: 57(-1;-6) — 01-Isolément Vertical S11/S01_chape et doublage_DnT: 66(-2;-7)

Fall 2: Decke - R

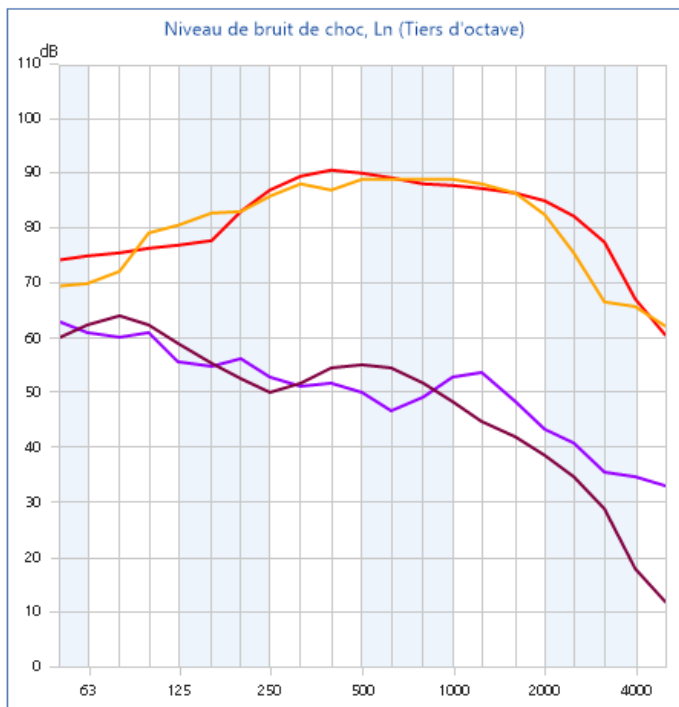


Rw(C,Ctr) dB

— CLT+gravier+CF Lv15: 68(-2;-8)
 — CLT+gravier+CF LV15_R: 68(-2;-8)
 — Adivbois CLT 140 R: 36(-1;-4)
 — CLT 140 mm ORT: 35(-1;-4)









Fall 2: Decke - Ln

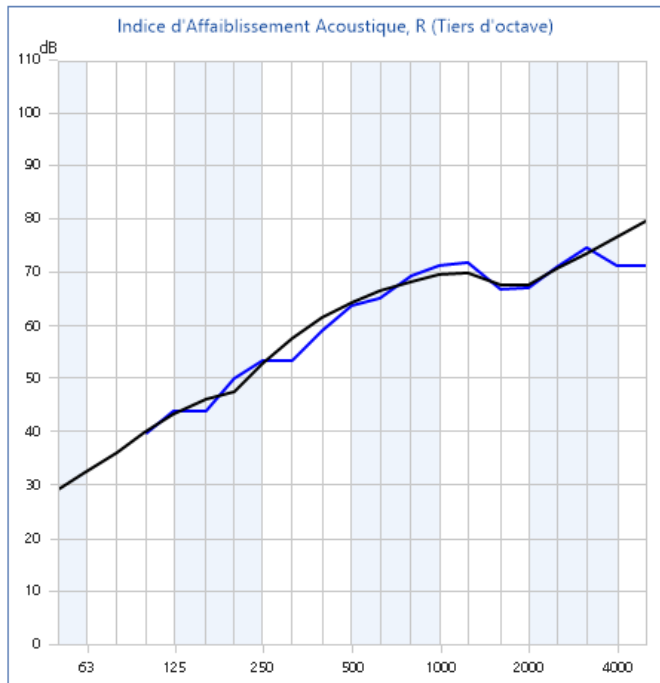


L_{nw}(Cl.100-2500) dB

— CLT+gravier+CF LV15_Ln: 53(-3)
 — Plancher+revêtement: 51(0)
 — CLT 140 mm Ln: 90(-6)
 — Adivois CLT 140 Ln: 88(-5)

-  **PL** Plancher+revêtement
-  CLT+gravier+CF LV15_Ln
-  **RS** Domisol LV15 sur CLT
-  **R** Chape 60
-  **S** Domisol LV15
-  **DS** CLT 140 mm Ln + gravier

Fall 3 : Holzfassade - R

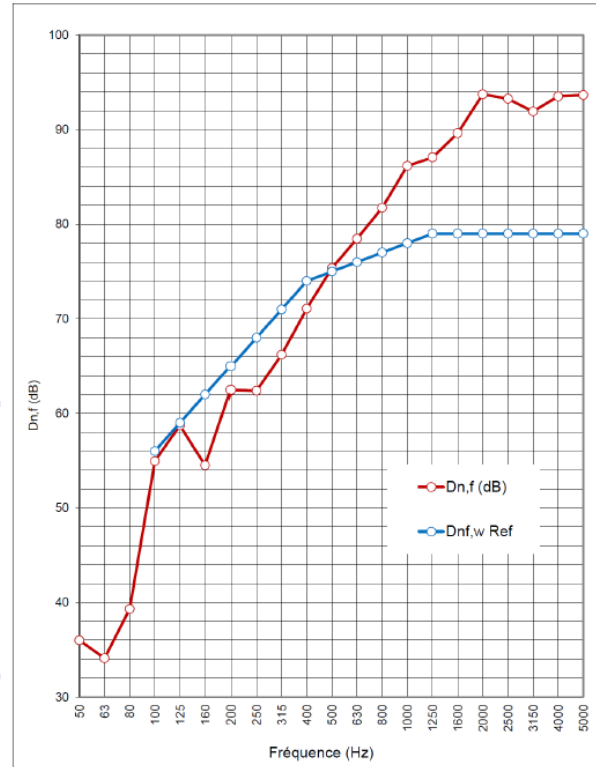
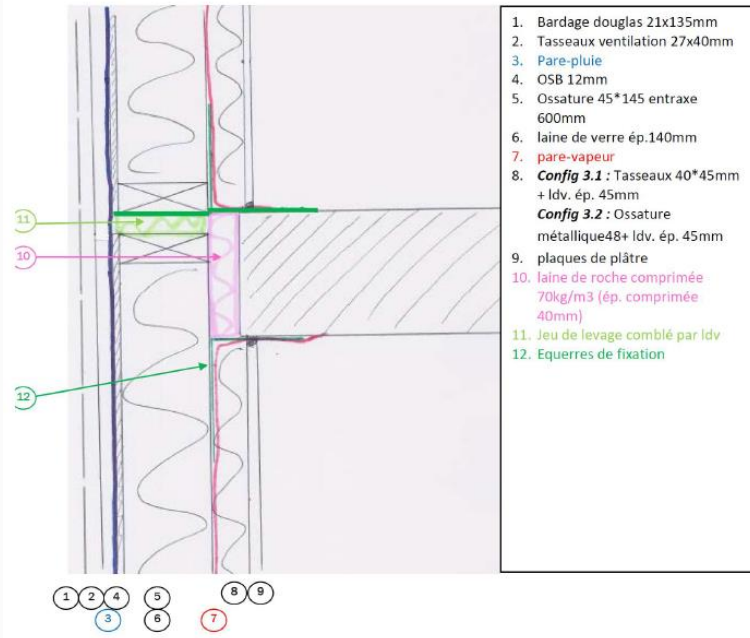


Rw(C,Ctr) dB

— AC16-26065597/2 - plaque sinit 20 mm: 63(-2;-8) — Façade Wether Defence 20mm + BA18: 64(-3;-8)

- DR Façade Wether Defence 20mm + BA18
- AC16-26065597/2 - plaque sinit 20 mm
- DR Liaisons DR
 - périphérique
- DR WD 20 mm Siniat
 - S Plaque Weather Defence Siniat
 - S Plaque Weather Defence Siniat
- I Cavité intermédiaire
 - P LV Semi-rigide
 - A Air
 - P LV Semi-rigide
- S BA18

Fall 4 : Integration Dnf Fassade

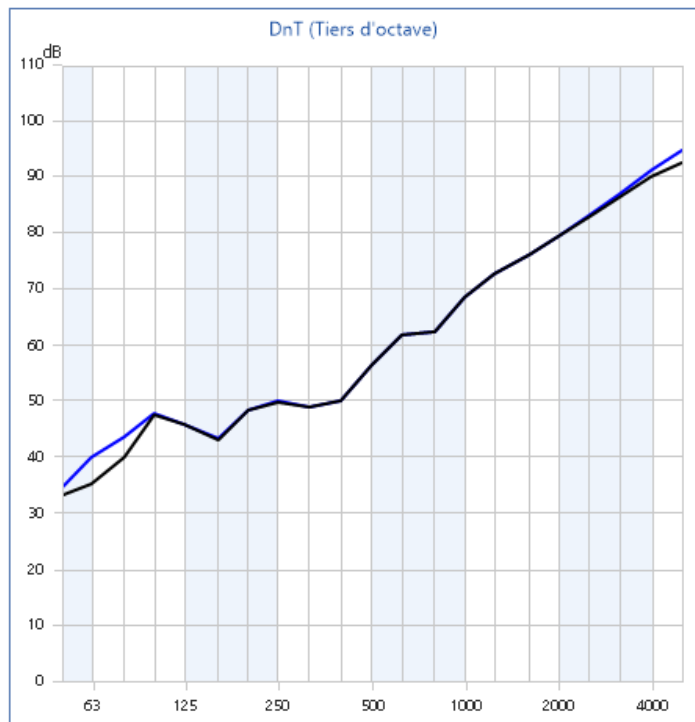


Fréquence (Hz)	D _{n,f} (dB)
50	36.0
63	34.1
80	39.3
100	54.9
125	58.7
160	54.5
200	62.5
250	62.4
315	66.2
400	71.1
500	75.4
630	78.5
800	81.7
1000	86.2
1250	87.1
1600	89.6
2000	93.7
2500	93.3
3150	91.9
4000	93.5
5000	93.7

D _{n,f,w} =	75
C =	-2
C _{tr} =	-7
C _{i(50-3150)} =	-9
C _{ex(50-3150)} =	-21

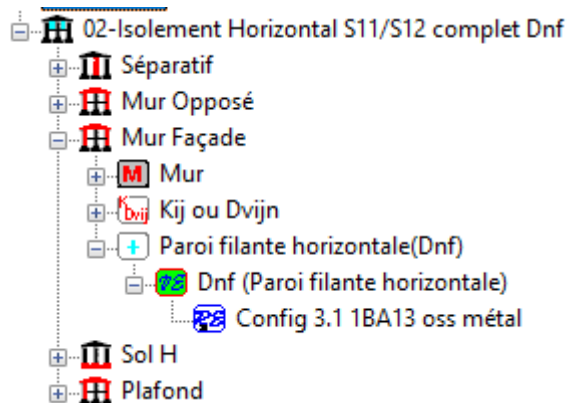
D _{n,f,w} + C =	73
--------------------------	----

Fall 4 : Integration Dnf Fassade



DnTw(C,Ctr) dB

— 02-Isolement Horizontal S11/S12 complet_DnT: 60(-1;-5) — 02-Isolement Horizontal S11/S12 complet Dnf_DnT: 60(-1;-5)





GAMBA

Standard national +33 5 62 24 36 76

contact@gamba.fr
www.gamba.fr

NOS AGENCES

Ile de France
93. SAINT-DENIS

OUEST
44. NANTES

SUD-OUEST
31. TOULOUSE
12. RODEZ

SUD-EST
13. MARSEILLE

EST
69. LYON

INTERNATIONAL
RIO DE JANEIRO - BRÉSIL

Groupe GAMBA, SAS au capital de 331 580 €