



GAMBA

Suite logiciel AcouS STIFF®

**Description et exemple
d'application à la construction CLT**

**Journées d'automne
SGA-SSA 2023**



Déroulé de la présentation



- Les grandeurs acoustiques
- La gamme logiciel AcouS STIFF®/STING®/STICS21®
- AcouS STIFF® et ses modèles
- AcouS STING® et ses modèles
- AcouS STICS21® et ses modèles
- Exemples d'application



Les grandeurs acoustiques

Indices d'affaiblissement acoustique : $R_W (C ; C_{tr})$

- Caractérise la performance d'isolement d'une paroi
- Rapport de puissance

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

Indice d'amélioration de l'affaiblissement acoustique : $\Delta R_W (C ; C_{tr})$

- Caractérise la performance d'isolement d'un doublage ou d'un revêtement
- Référencé à un support pour le calcul de la valeur globale (direct / lourd / léger)

$$\Delta R = R_{avec} - R_{sans}$$

Isolement acoustique normalisé d'un élément : $D_{n,eW} (C ; C_{tr})$

- Caractérise la performance d'isolement d'un élément (EA, CVR, RPT, ...)

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

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



Définitions dans les normes :
ISO 10140 et ISO 717

Les grandeurs acoustiques

Niveaux de bruit de choc normalisé : $L_{n,w}$ (C_i ; $C_{i_{50-2500}}$)

- Caractérise la performance au bruit de choc d'un plancher

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

Amélioration de l'isolation au bruit de choc : ΔL_w

- Caractérise la performance d'un revêtement de sol au bruit de choc
- Référencé à un support pour le calcul de la valeur globale (lourd / léger type 1, ...)

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



Définitions dans les normes :
ISO 10140 et ISO 717

Les grandeurs acoustiques

Isolement acoustique normalisé : $D_{nTW}(C; C_{tr})$

- Caractérise la performance d'isolement entre deux locaux ou d'isolement de façade
- Toutes voies de transmission confondues

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

Niveau de bruit de choc standardisé : $L'_{nT,W}(C_i; C_{i50-2500})$

- Caractérise la performance de niveau de bruit de choc entre deux locaux
- Toutes voies de transmission confondues

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

Définitions dans les normes :
ISO 12354 et ISO 717

Les grandeurs acoustiques



Isolement acoustique latéral normalisé : $D_{n,f,W} (C ; C_{tr})$

- Caractérise la performance d'isolement d'un montage (plafond filant, façade, plancher filant)

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

Niveau de bruit de choc normalisé : $L_{n,f,W}$

- Caractérise la performance d'isolement au bruit de choc d'un montage (plancher filant)

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

Définitions dans les normes :
ISO 10848 et ISO 717

Les grandeurs acoustiques

Isolement vibratoire bidirectionnel : $\overline{D_{v,ij}} = \frac{1}{2}(D_{v,ij} + D_{v,ji})$

- Caractérise la performance d'isolement vibratoire d'une voie de transmission d'une jonction, avec l'isolement vibratoire : $D_{v,ij} = L_{v,i} - L_{v,j}$

Longueur d'absorption équivalente d'un élément i : a_i

- Longueur d'une jonction fictive totalement absorbante de l'élément, si $f_{c,i} = 1000$ Hz, donnant la même perte que les pertes totales de l'élément i dans une situation donnée. Avec $T_{s,i}$ la durée de réverbération structurale, S_i la surface de l'élément et f la fréquence

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

Indice d'affaiblissement vibratoire : K_{ij}

- K_{ij} déterminable à partir de la mesure d'isolement vibratoire bidirectionnel et de durées de réverbération structurale
- Caractérise la répartition vibratoire à la traversée d'une typologie de jonction
- Grandeur adaptable « in-situ »

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

Définitions dans les normes :
ISO 10848

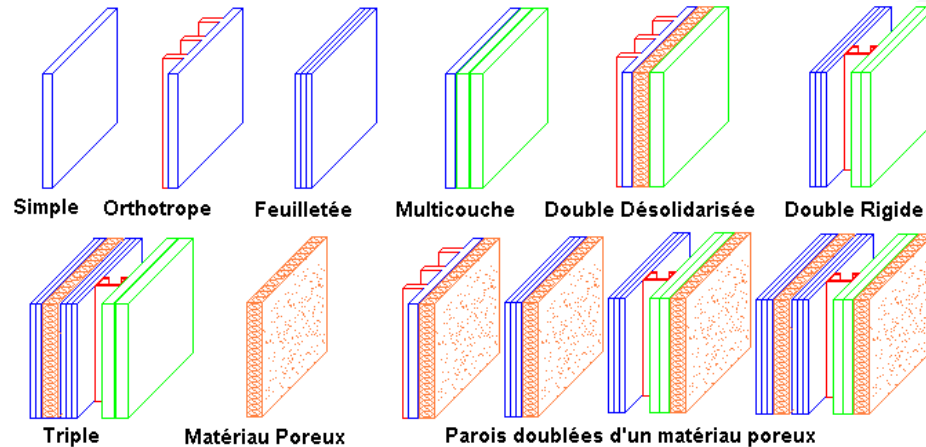
La gamme logiciel

- AcouS STIFF® : Bruit aérien d'élément
- AcouS STING® : Niveaux de bruit de choc d'élément
- AcouS STICS21® : Isolement entre locaux

- Fonctionnement en base de données
- Interconnectivité entre modules



Les calculs :
Types de parois :



Types de planchers : *Plancher béton, dalle alvéolée, CLT, bac collaborant, planchers hourdis, ...*

Types de revêtements : *chape flottante, parquets flottant, carrelage sur sous-couche, sol souple, dalles sur plots, ...*

AcouS STIFF® - Définition des constituants de base



La plaque :

- Solide – homogène - isotrope – rectangulaire
- $h \ll l$ et L et λ (longueur d'onde)
- Etanche à l'air
- Flexion : pas de compression, cisaillement

Les paramètres importants :

- Longueurs, largeurs (en m)
- Epaisseur (en mm)
- Masse volumique ρ (kg/m^3)
- Module d'Young E (N/m^2 ou Pa)
- Facteur de perte η

AcouS STIFF® - Le modèle de paroi simple



La fréquence critique : fréquence pour laquelle la longueur d'onde de flexion dans la plaque correspond à la longueur d'onde dans l'air

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

Quand $f < f_c$: loi de masse + Sewel

Quand $f > f_c$: Cremer (η)

Les paramètres influents :

- Longueur, largeur : R en BF
- Épaisseur : f_c et R
- Masse volumique : f_c et R
- Module d'Young : f_c
- Facteur de perte : R

AcouS STIFF® - Définition des constituants de base



Le poreux :

- Agrégat d'éléments solides saturé par un fluide avec une structure (fibres, matrices, grains) et un fluide (air)

Les paramètres importants :

- Epaisseur (en mm)
- Résistivité à l'écoulement de l'air (Pa.s/m² ou Rayls/s)
- Module d'Young (N/m² ou Pa) : Compressibilité de l'air (loi de Pascal : $PV^\gamma = \text{cste}$)
- Masse volumique (en kg/m³) : en relation avec la résistivité à l'écoulement de l'air via le coefficient de fibrage

AcouS STIFF® - Le modèle de paroi composée d'un matériau poreux



Propagation dissipative en fonction de l'épaisseur et de la résistivité à l'écoulement de l'air

- formulation de Delany et Bazley
- Rappel : résistivité à l'écoulement de l'air en relation avec la masse volumique par le coefficient de fibrage

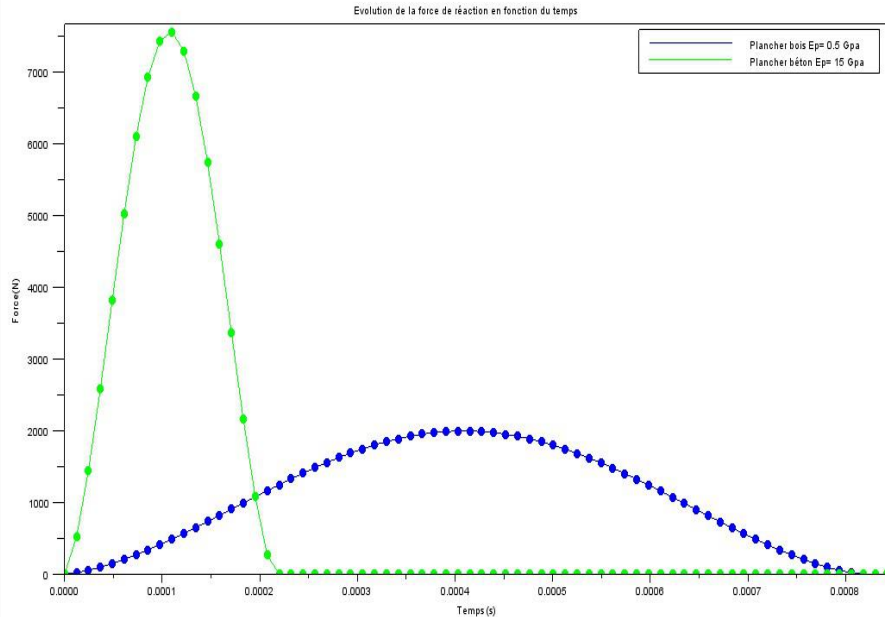
Les paramètres influents :

- Epaisseur (en mm)
- Résistivité à l'écoulement de l'air (en Pa.s/m²)

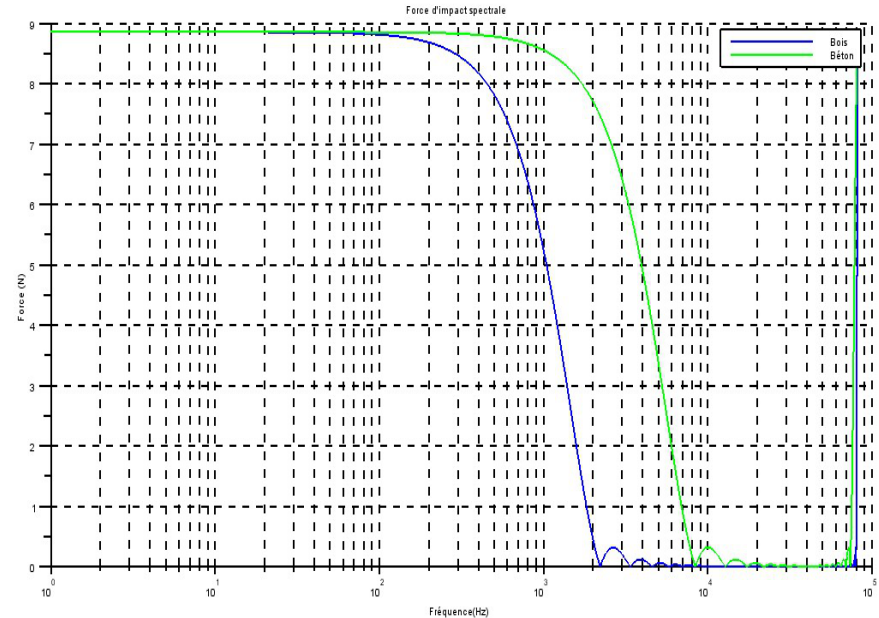
AcouS STING® - Plancher lourd homogène avec force injectée dépendant du support



- Force temporelle



- Force fréquentielle

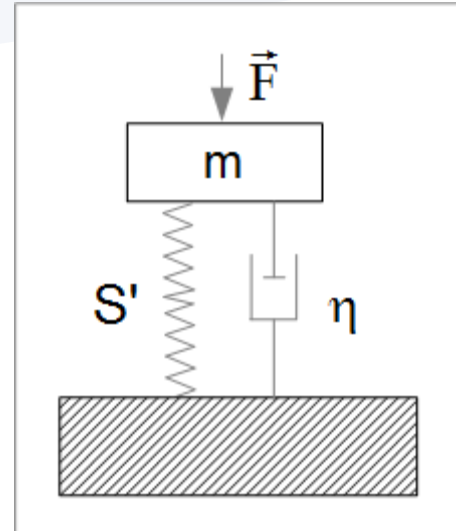


AcouS STING® - Modèle de revêtement de sol flottant

- Théorie masse – ressort // amortisseur
- Rapport des forces appliquées avec et sans revêtements
- Forces appliquées via le résilient réparties sur le plancher support
- Plancher support actuellement considéré inerte :
- Masse plancher \gg masse revêtement

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

- Avec Z_m impédance mécanique du marteau et Z_f celle du revêtement



- **Les quelques normes références**

- Les calculs d'isolement entre locaux

EN 12354-1 : Isolement au bruit aérien

EN 12354-2 : Niveaux de bruit de choc

EN 12354-3 : Isolement de façade

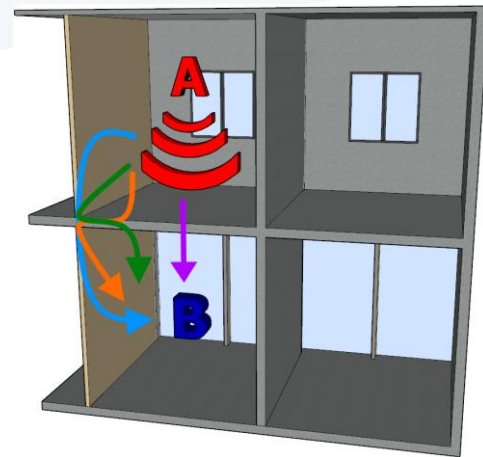
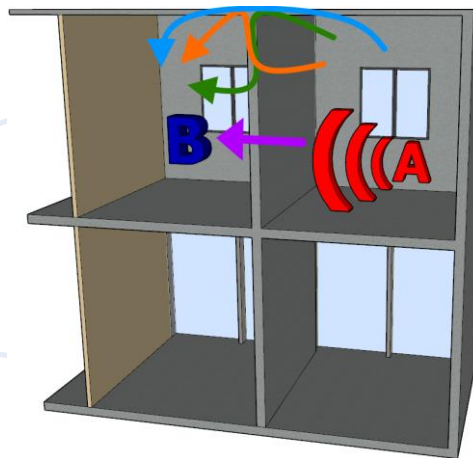
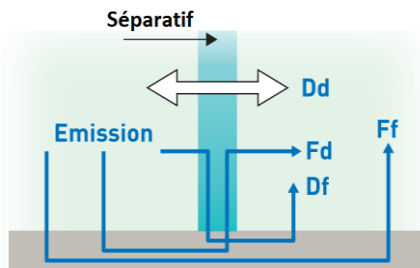
- Les normes pour la mesure des données d'entrée du modèle

ISO 10848-1 à 4 : Mesures des transmissions latérales du bruit aérien et des bruits de choc entre pièces adjacentes

ISO 10140-1 à 5 : Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction

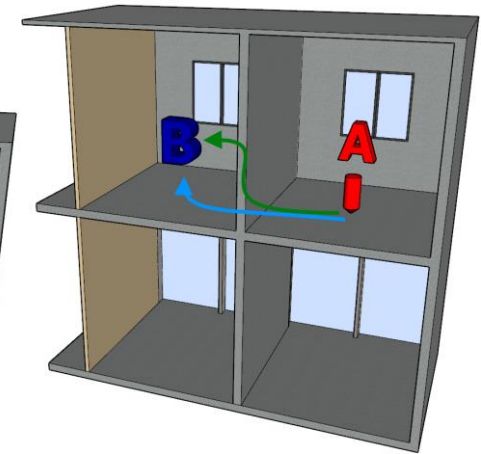
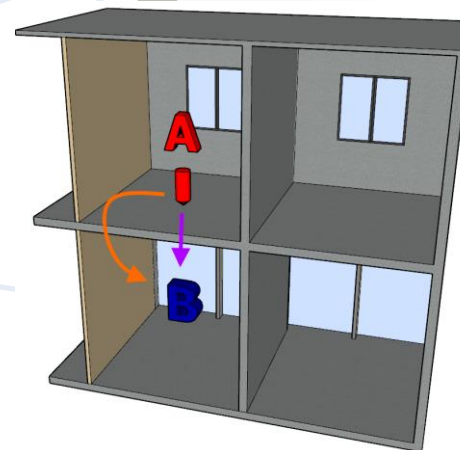
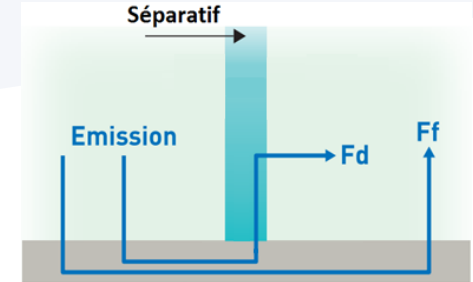
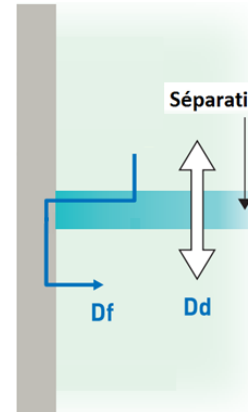
Isolement au bruit aérien entre locaux

- L'isolement au bruit aérien est la somme des contributions de plusieurs voies de transmission :
- Un voie de transmission directe
- 4x3 voies de transmissions latérales :
Fd (= Flanking / direct),
Df (= Direct / flanking),
Ff (= Flanking / flanking)
- + transmission parasites (interphonie, fuites, ...)

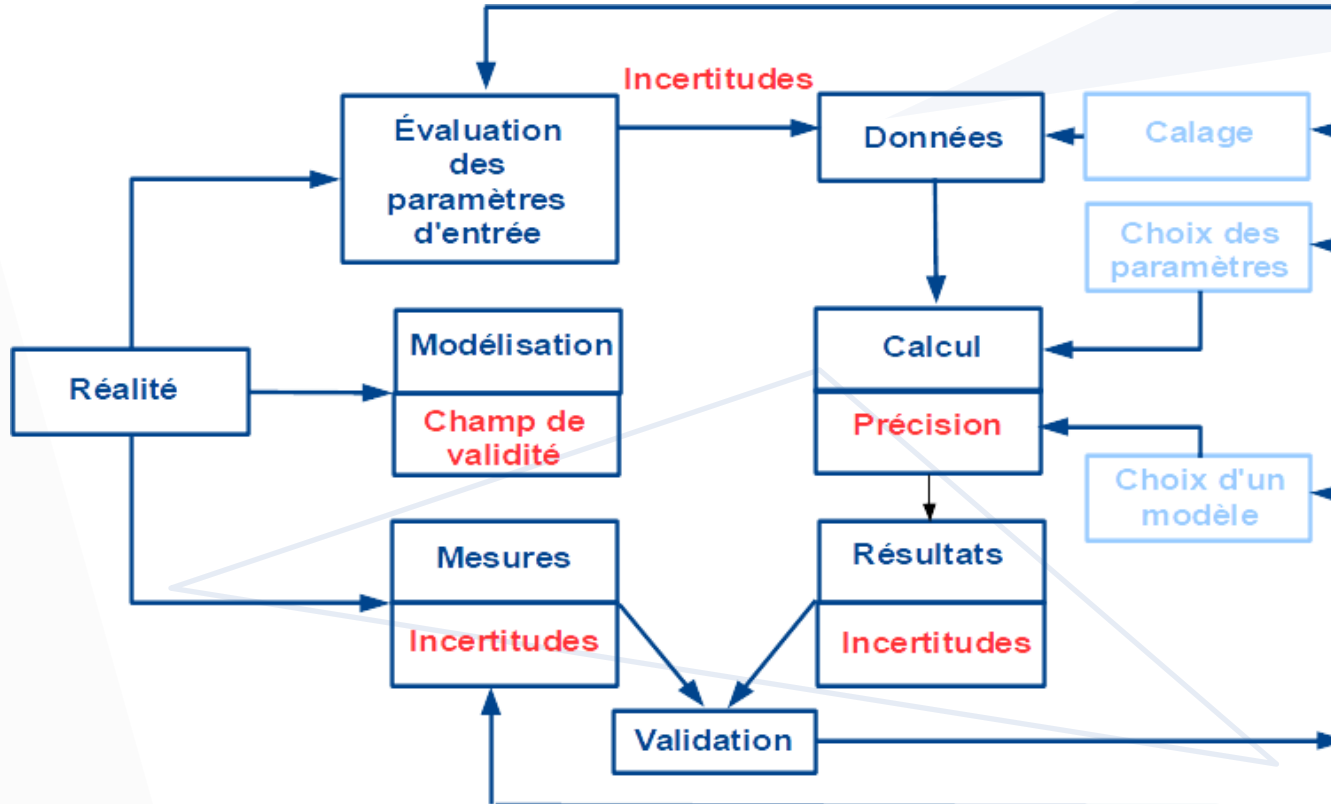


Modèle de prévision – Isolement au bruit de choc

- L'isolement au bruit de choc est la somme des contributions de plusieurs voies de transmission :
- En horizontal : deux voies de transmissions latérales :
Ff (=Flanking/flanking)
Fd(=Flanking/direct)
- En vertical : une voie de transmission directe et quatre voies de transmissions latérales :
Dd (=Direct/direct)
Df(=Direct/flanking)

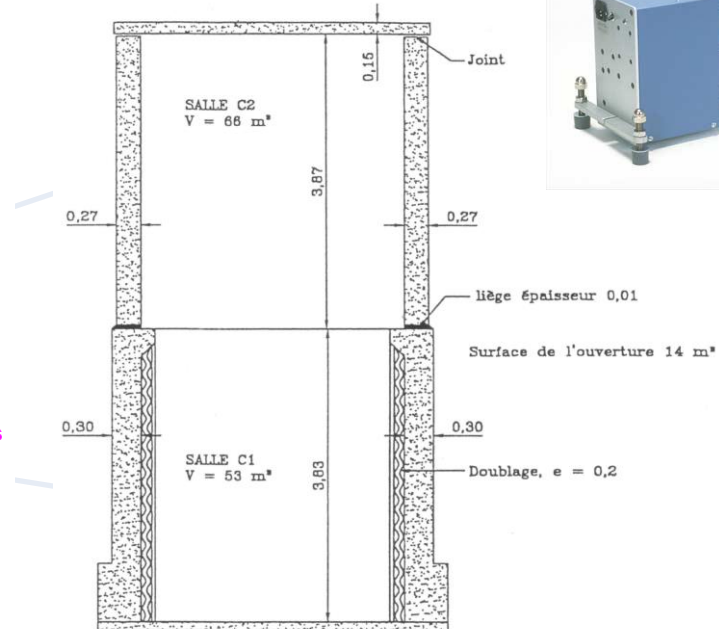
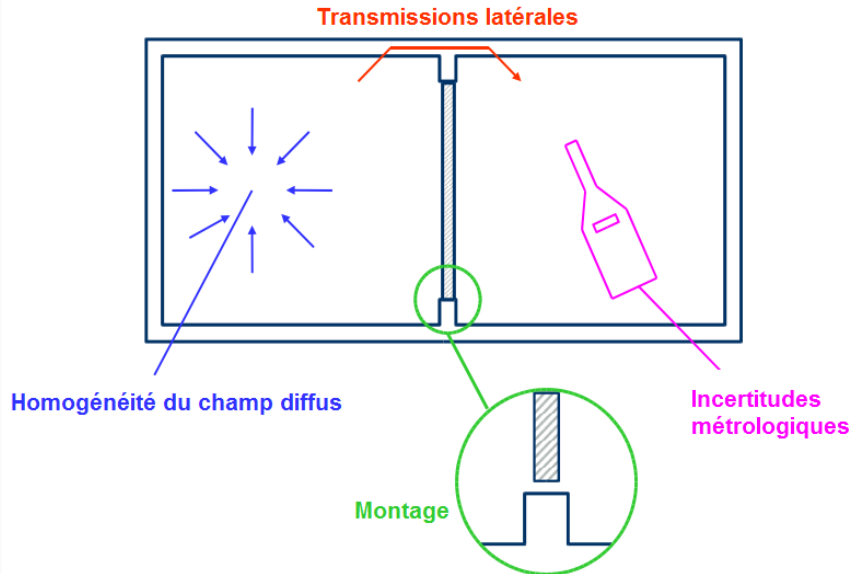


Charte de validation des modèles



Les variations des mesures acoustiques

Les normes de mesures acoustiques : ISO10140, ISO10848, ISO3385, ...
La norme relative aux incertitudes : ISO12999



L'influence des paramètres physiques

Certains paramètres physiques varient :

E : Module d'Young

ρ : Masse volumique

η : Facteur de perte

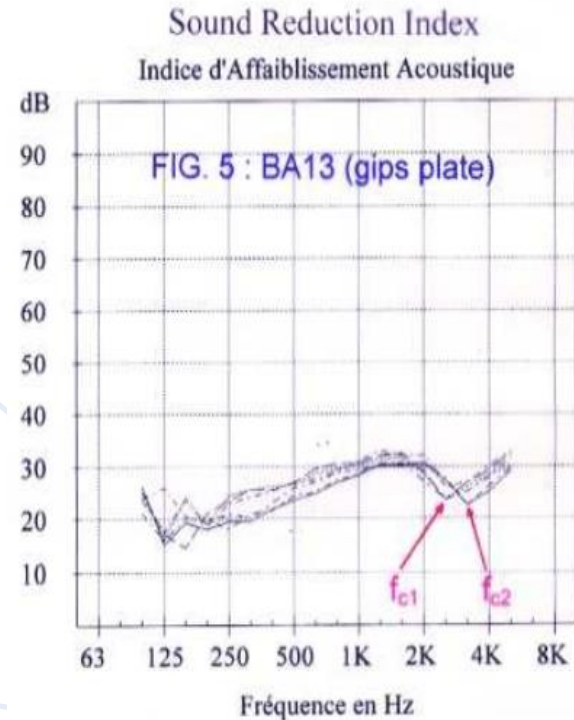
σ : Résistivité à l'écoulement de l'air

Selon :

Processus de fabrication,

Production,

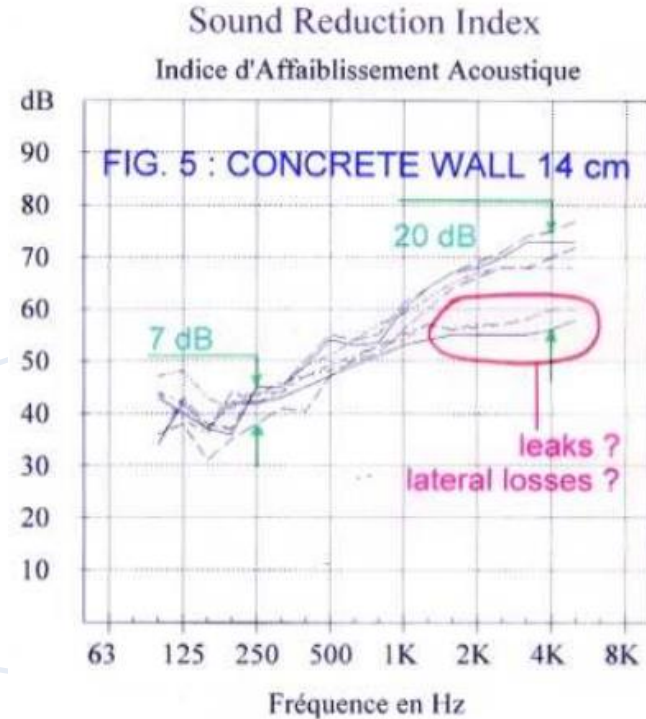
Mise en œuvre



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

L'influence de la mise en oeuvre

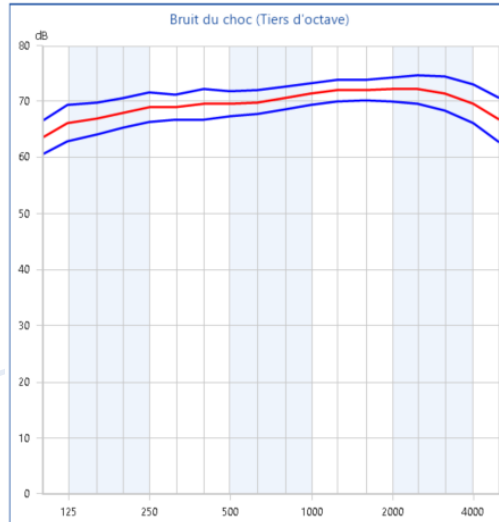
- Séchage du matériau
- Fuites
- Force ou densité de vissage
-



L'influence de la mise en oeuvre

Variabilité des performances des supports pour les revêtements

Valeurs globales calculées sur un support de référence



Lnw(C, 100-2500) dB

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

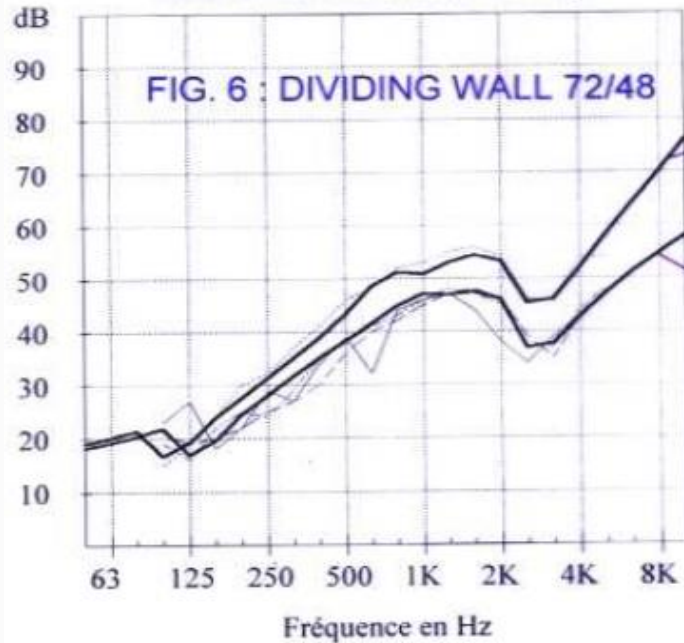
— Moy - Ecartype: 80(-11)

— Moy - Ecartype: 76(-11)

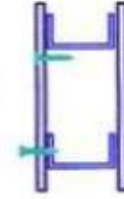
La modélisation : une aide à l'interprétation des phénomènes

MODELLING

Indice d'Affaiblissement Acoustique



WITHOUT LINKS \Leftrightarrow
(DESOLIDARISEE)



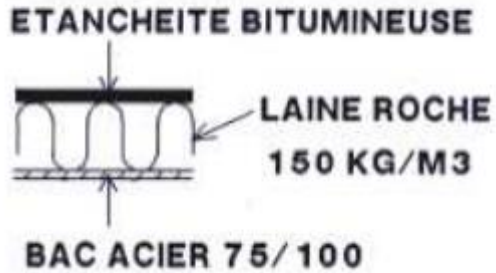
BA 13 (GIPS PLATE)



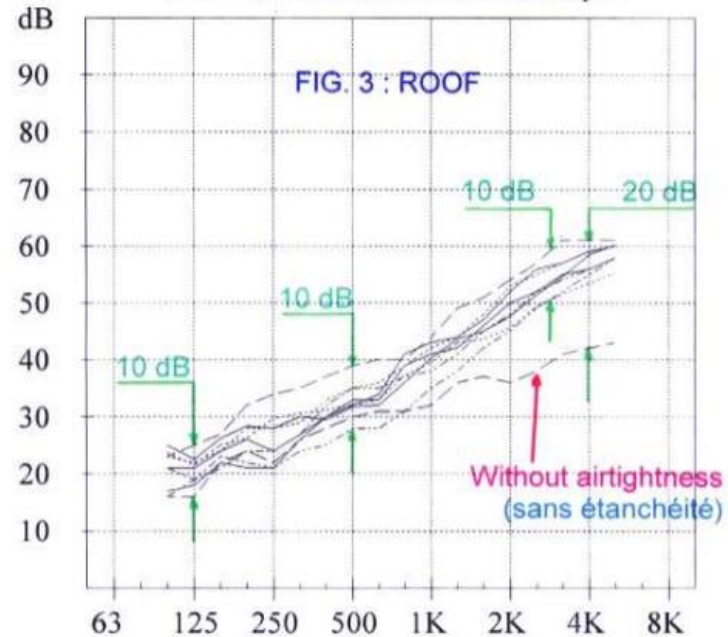
USUAL BUILDING
(MONTAGE USUEL)



La modélisation : une aide à l'interprétation des phénomènes



Sound Reduction Index
Indice d'Affaiblissement Acoustique



Incertitudes sur les complexes R et Ln

Quelle méthode adopter pour estimer l'incertitude d'un modèle vis-à-vis d'une situation ?

-> Incertitude générale ou par système constructif ?



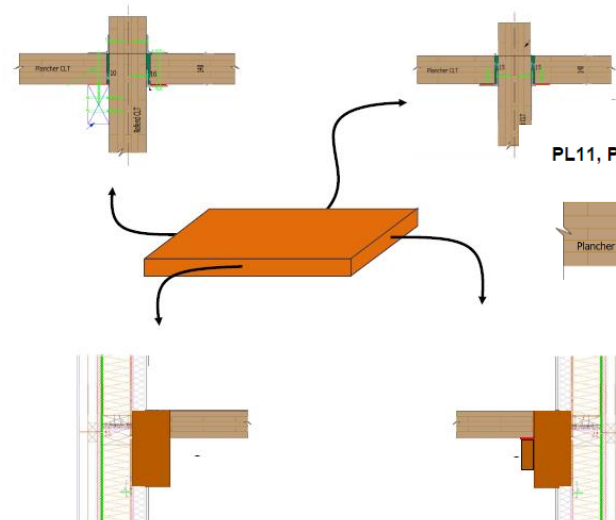
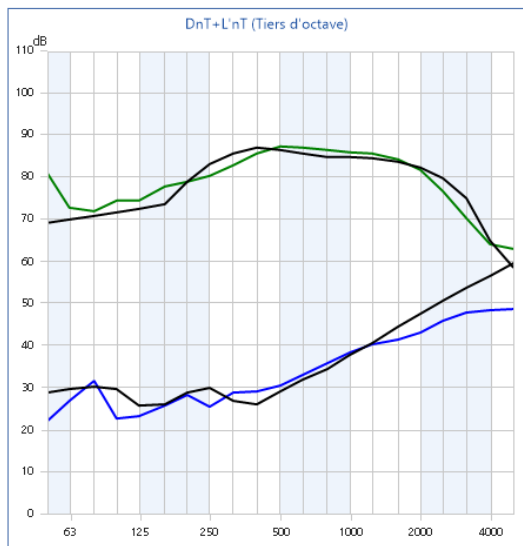
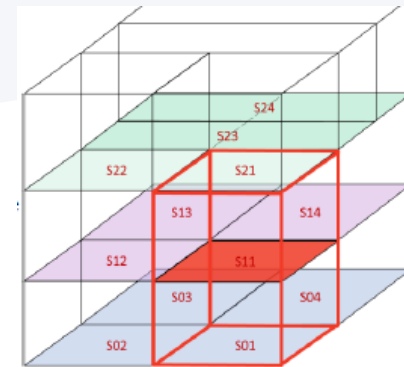
Exemples de calculs en construction CLT

Les situations calculées sont des cas pris de l'étude Adivbois, réalisées par le FCBA, le CSTB et Qualitel, qui porte sur une série de mesures en laboratoire, R et Ln et sur une maquette à taille réelle RDC+ 2 / 4 locaux par niveau.

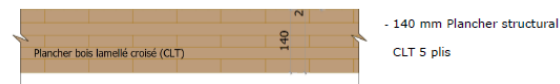


Cas n°1

Données d'entrée : plancher nu mesuré en laboratoire, Kij mesurés sur place, composition des façades FOB et doublages ainsi que refends en CLT (nus)



PL11, Plancher Nu

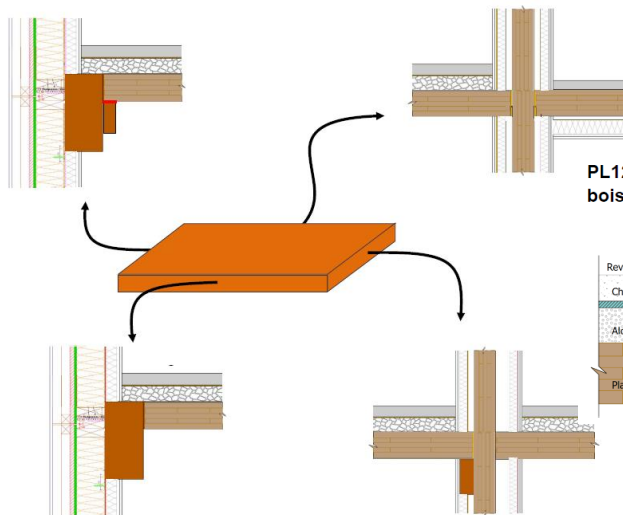
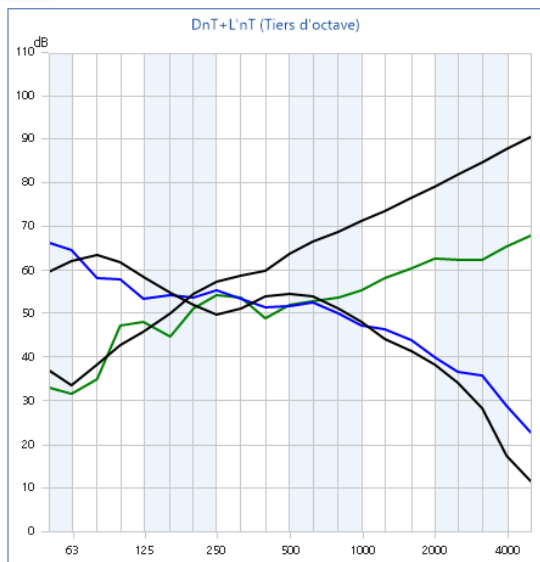
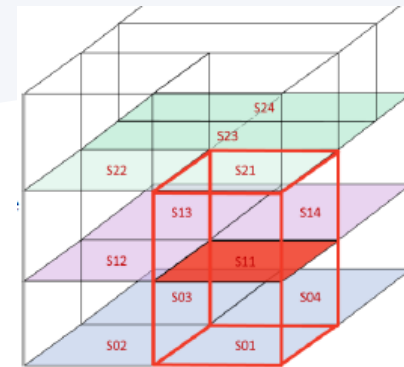


Rw(C; Ctr) ou ΔRw(C; Ctr) ou Lnw(C) ou ΔLw(C; Δ) DnT w(C; Ctr) LnT w(C) ...

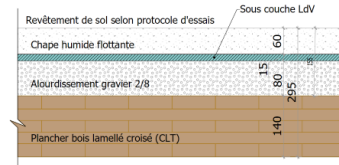
— S12-S2_nu LnT: 87(-7)
 — S1-S11 nu_2 DnT: 36(-1;-4)
 — 00-Isolément Vertical S11/S01_nu_LnT: 87(-7)
 — 00-Isolément Vertical S11/S01_nu_DnT: 36(-1;-4)

Cas n°1 doublé

Données d'entrée : plancher + gravier + chape mesurée en laboratoire, Kij mesurés sur la maquette, composition des façades FOB et doublages ainsi que refends en CLT



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

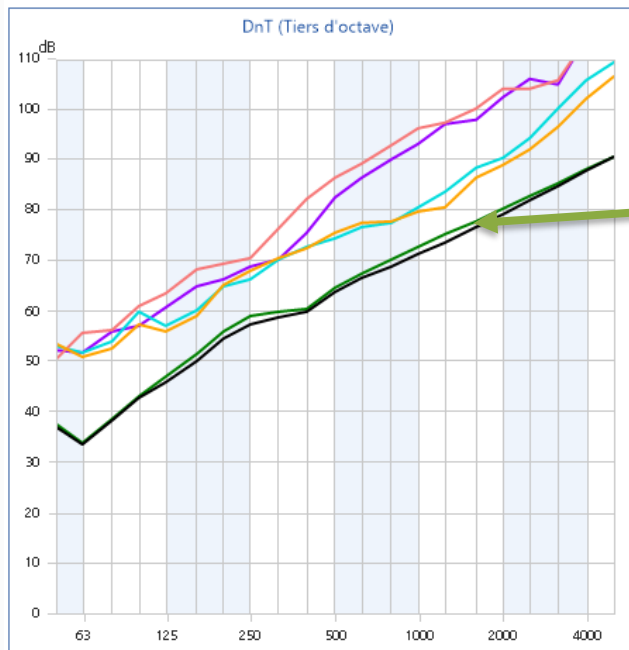


- 60 mm Chape liquide, béton
- Polyane
- 15 mm Sous-couche en laine de verre
- 80 mm Gravier 2/8
- 140 mm Plancher structural
- CLT 5 plis
- Sous-face, bois visible

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

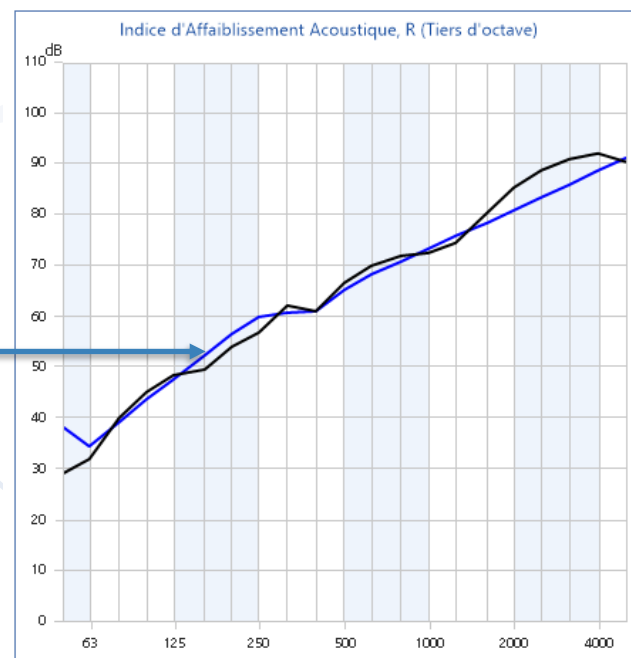
- S01-S11C chape + db, DnT: 57(-1;-3)
- S12-S02 chape + db, LnT2: 51(-2)
- 01-Isolément Vertical S11/S01_chape et doublage, LnT: 51(0)
- 01-Isolément Vertical S11/S01_chape et doublage, DnT: 66(-2;-7)

Cas n°1 doublé DnT



L'isolement est fait par le sol (direct)

R du plancher doublé labo



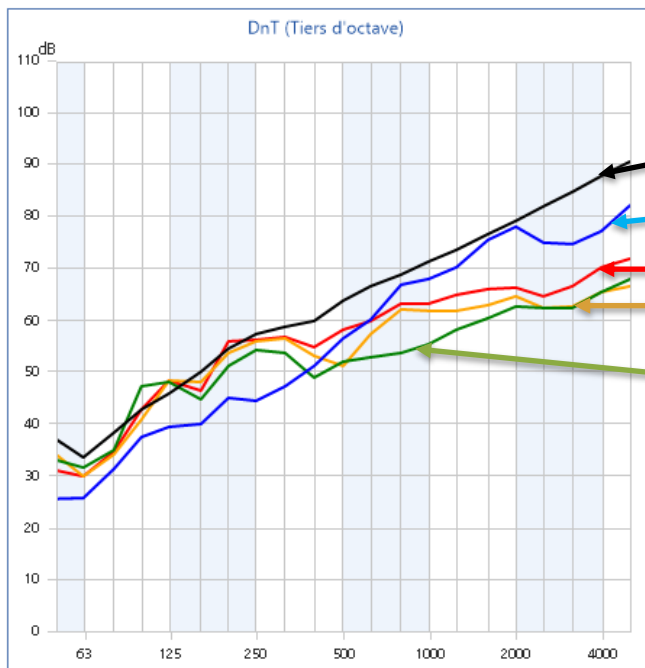
DnTw(C,Ctr) dB

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-Isolément 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)

Cas n°1 doublé DnT



Calcul AcouS STICS 21®

Calcul autre modèle

Mesures après coffrages des poutres

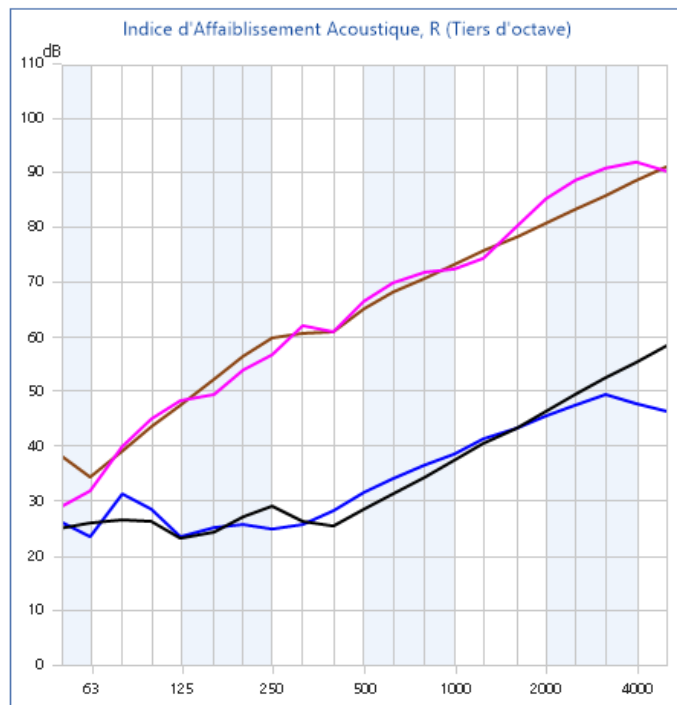
Mesure avant coffrage poutres

L'analyse du rapport AdivBois indique que des poteaux bois filants ne sont pas doublés, ce qui explique certainement la différence entre calcul et mesure

DnTw(C:Ctr) dB

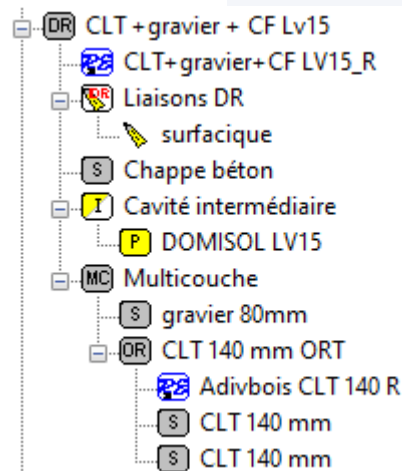
— mesures Placo/iso rebouche fuites + encoff DnT: 62(-1;-5) — mesures Placo/iso rebouche fuites DnT: 60(-2;-5) — S01-S11C chape + db. DnT: 57(-1;-3)
— calcul CSTB S01/S11 DnT: 57(-1;-6) — 01-Isolement Vertical S11/S01_chape et doublage_DnT: 66(-2;-7)

Cas n°2 : plancher - R

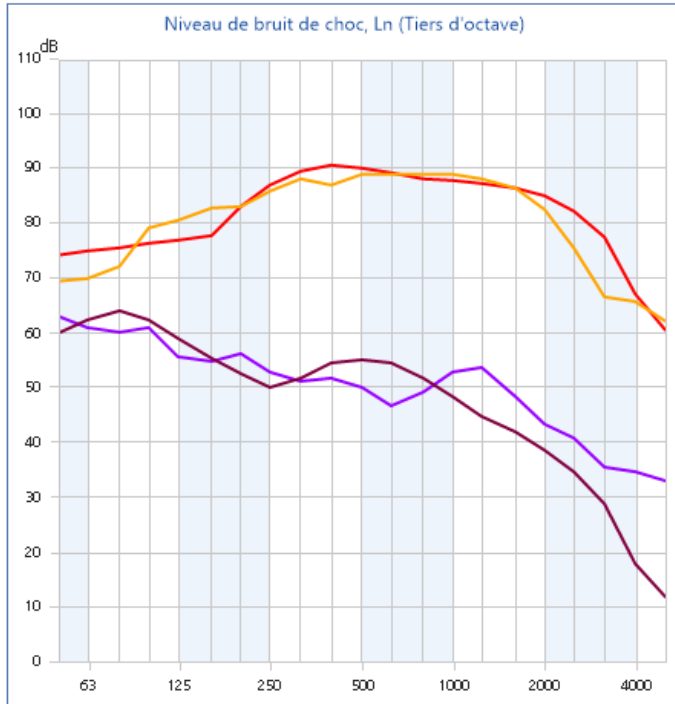


Rw(C;Ctr) dB

— 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)









Cas n°2 : plancher - Ln

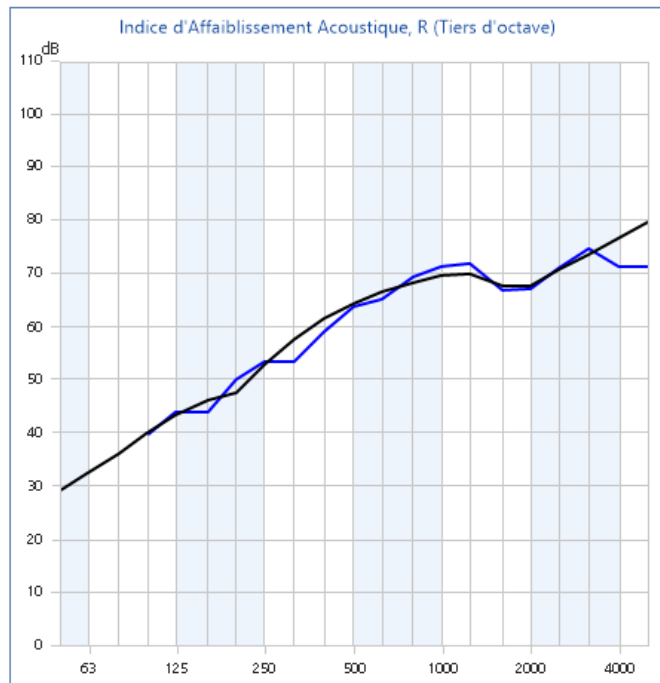


L_{nw}(Cl.100-2500) dB

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

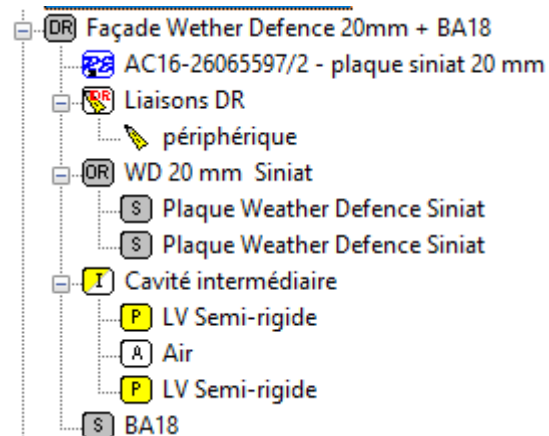
-  **PL** Plancher+revêtement
-  CLT+gravier+CF LV15_Ln
-  **RS** Domisol LV15 sur CLT
-  **R** Chape 60
-  **S** Domisol LV15
-  **DS** CLT 140 mm Ln + gravier

Cas n°3 : façade bois - R

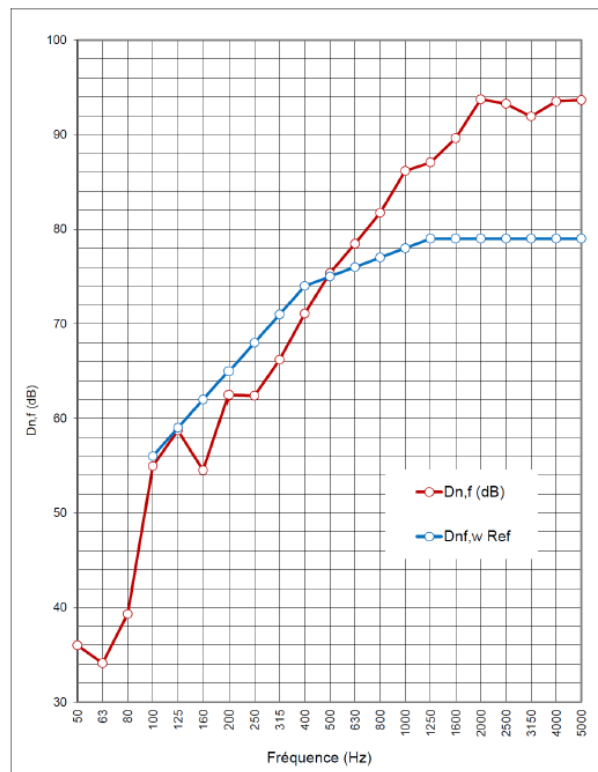
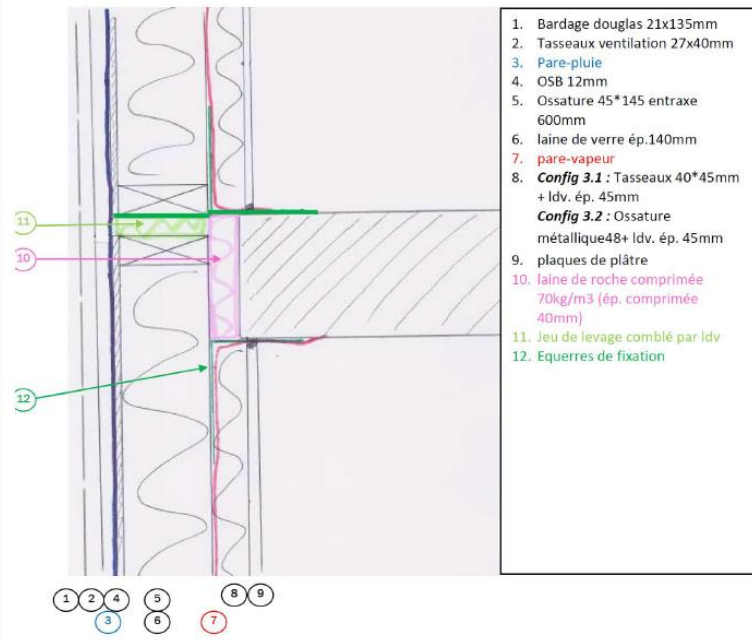


Rw(C,Ctr) dB

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



Cas n°4 : intégration Dnf Façade

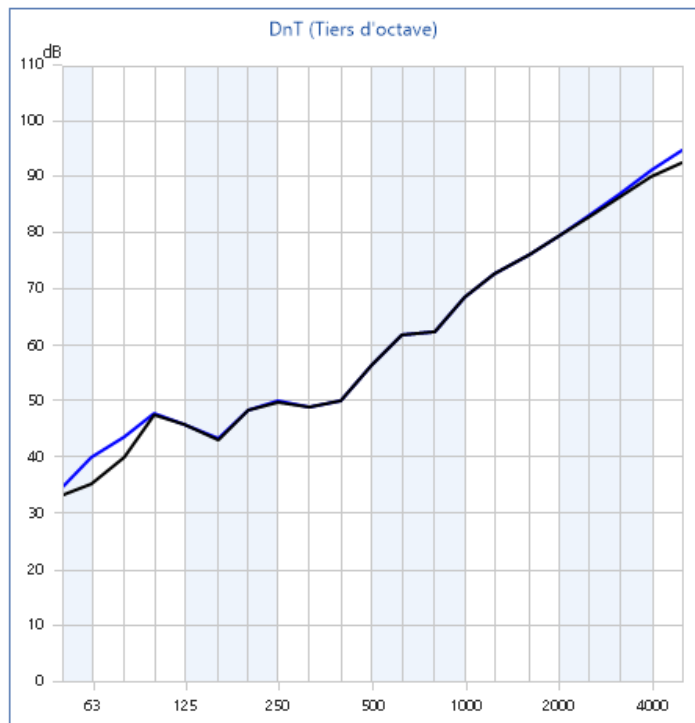


Fréquence (Hz)	D _{n,f} (dB)
50	36.0
63	34.1
80	39.3
100	54.9
125	58.7
160	54.5
200	62.5
250	62.4
315	66.2
400	71.1
500	75.4
630	78.5
800	81.7
1000	86.2
1250	87.1
1600	89.6
2000	93.7
2500	93.3
3150	91.9
4000	93.5
5000	93.7

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

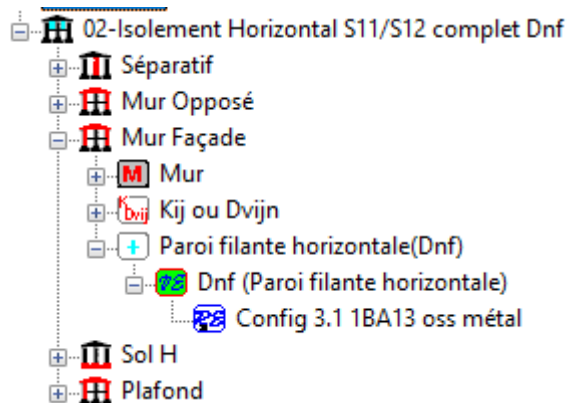
D _{n,f,w} + C =	73
--------------------------	----

Cas n°4 : intégration Dnf Façade



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 €