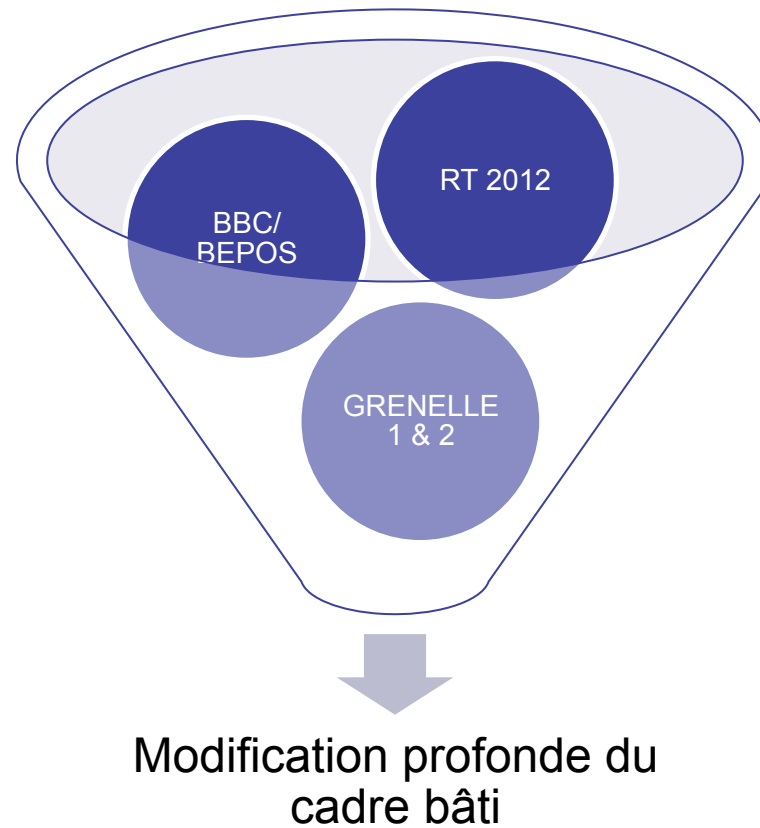




Jean Baptiste Chéné – Responsable de la Division Essais Acoustiques du CSTB

# La problématique thermique/acoustique dans le bâtiment



**Une LOCOMOTIVE : la thermique... et des WAGONS qui doivent suivre :**



**Pour une finalité : le confort et l'acceptation de l'habitant, de l'utilisateur**

- 1. Notion d'acoustique**
- 2. Conception architecturale**
- 3. Bâtiment bien « isolé »**
- 4. Des matériaux aux systèmes**

- 1. Notion d'acoustique**
2. Conception architecturale
3. Bâtiment bien « isolé »
4. Des matériaux aux systèmes



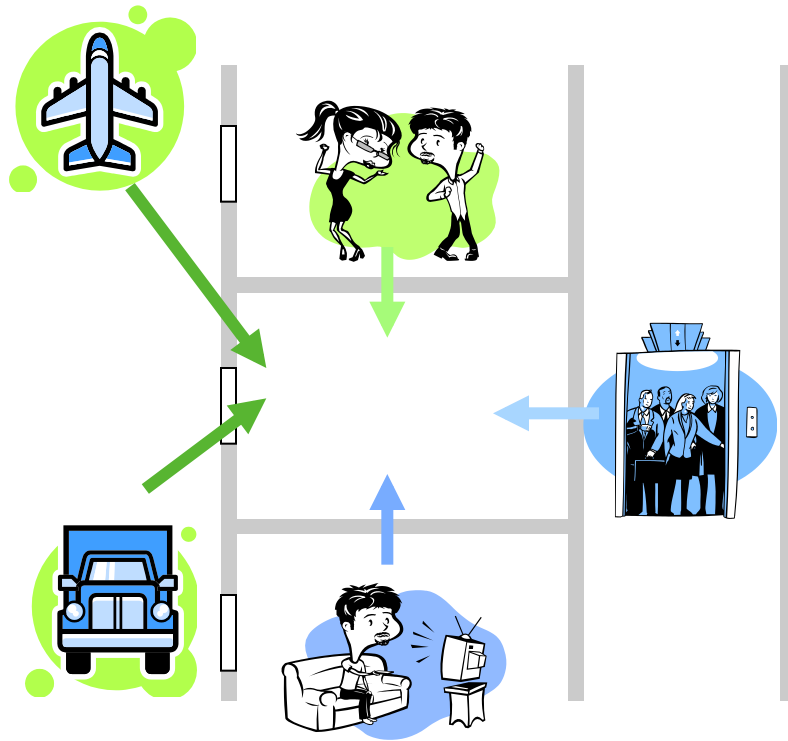
➤ **Bruits aériens**



➤ **Bruits d'impact**



➤ **Bruits d'équipements**



**1. Bruit aérien extérieur :** bruit créé par le trafic routier, ferroviaire ou aérien

**2. Bruit aérien intérieur :** bruit créé par les conversations, la télévision, les chaînes hi-fi

**3. Bruit de choc :** bruit créé par le déplacement de personne ou de meuble, par chute d'objet

**4. Bruit d'équipement :** bruit créé par les ascenseurs, la robinetterie, la ventilation, la climatisation

- **Quatre types de bâtiments réglementés :**
  - Bâtiment d'habitation (Arrêté du 30 juin 1999)
  - Hôtel (Arrêté du 25 avril 2003)
  - Établissement scolaire (Arrêté du 25 avril 2003)
  - Établissement de santé (Arrêté du 25 avril 2003)
- **À venir :**
  - Établissements sociaux et médico-sociaux (crèches,...)
  - Locaux sportifs
- **Bruit de voisinage : Arrêté 31 aout 2006**



**La réglementation française est une obligation de résultats et non de moyens**

- **Cinq caractéristiques sont réglementées à ce jour**
  - Isolement au bruit aérien entre l'intérieur et l'extérieur :  $D_{nT,W} + C_{tr}$  (en dB)
  - Isolement au bruit aérien entre l'intérieur et l'intérieur :  $D_{nT,W} + C$  (en dB)
  - Niveau de bruit de choc :  $L'_{nTw}$  (en dB)
  - Niveau de bruit d'équipement :  $L_{nAT}$  (en dB(A))
  - Correction acoustique : A (en m<sup>2</sup>) ou Tr (en s)

Principaux Textes Réglementaires	
Arrêté du 30 juin 1999 :	Relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation
Arrêté du 30 juin 1999 :	Relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique
Arrêté du 25 avril 2003 :	Relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement
Arrêté du 25 avril 2003 :	Relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé
Arrêté du 25 avril 2003 :	Relatif à la limitation du bruit dans les hôtels
Circulaire du 25 avril 2003 :	Relatif à l'application de la réglementation acoustique des bâtiments autres que d'habitation



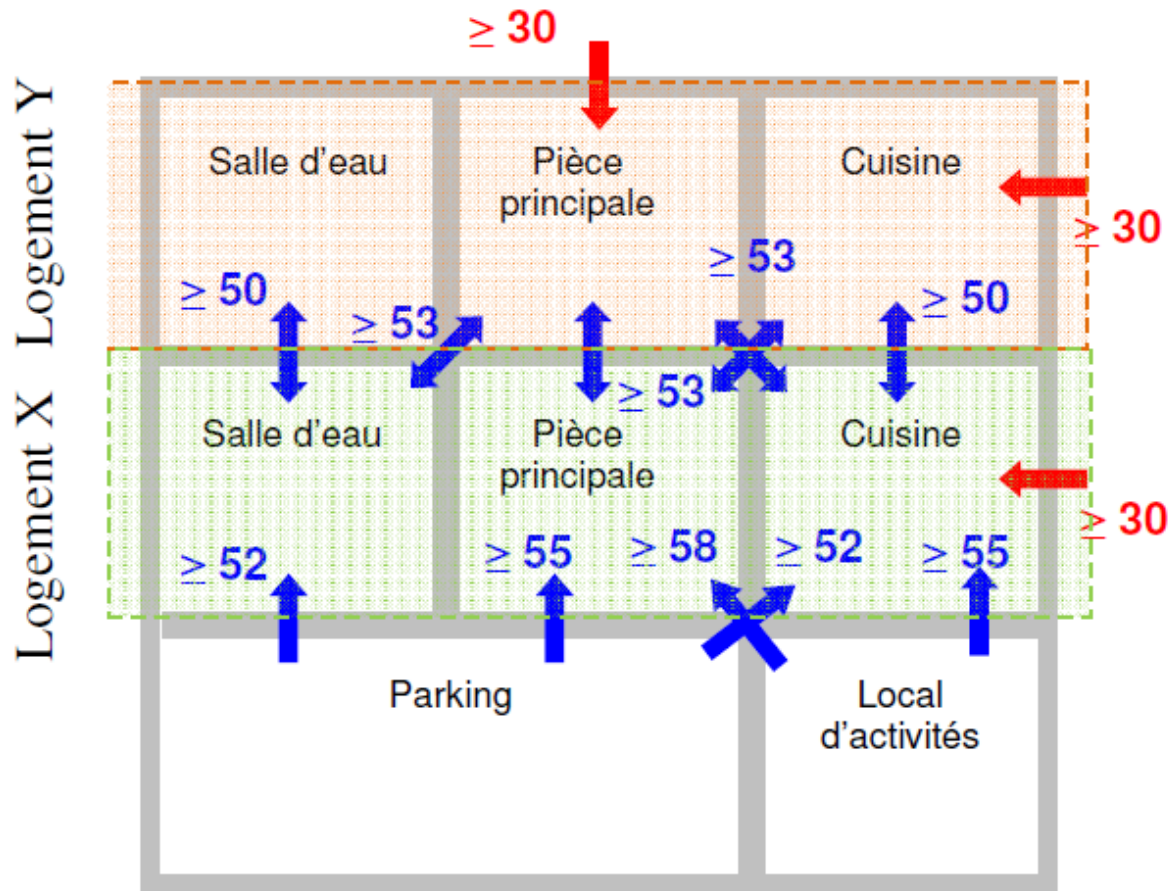
Site web : <http://labe.cstb.fr/>

		Bruit Aérien		Bruit de choc	Correction acoustique	Niveau de pression acoustique généré par un appareil
		Intérieur	vis-à-vis de l'extérieur			
Performance de l'ouvrage	Indice	$D_{nT,A}$	$D_{nT,A,Tr}$	$L_{nTw}$	A ou Tr	$L_{nAT}$
	Nom	Isolement acoustique standardisé pondéré	Isolement acoustique standardisé pondéré	Niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé	Aire d'absorption équivalente ou temps de réverbération	Niveau de pression acoustique normalisé
	Valeur réglementaire	Les exigences varient selon la destination des bâtiments et la nature des locaux	$\geq 30$ en général, sauf dans des zones classées (proches de certaines infrastructures de transport, aéroportuaire ou industrielle)	$\leq 58$ pour les bâtiments d'habitation et $\leq 60$ pour les autres (hôtels, santé et enseignement)	A pour les halls et circulations communes et Tr pour certains locaux. Les exigences varient selon la destination des bâtiments et la nature des locaux	Les exigences varient selon la destination des bâtiments et la nature des locaux
Passerelles	Méthode	NF EN 12345-1	NF EN 12345-3	NF EN 12345-2	NF EN 12354-6	Projet (NF EN 12354-5)
	Outils	ACOUBAT; Exemples de Solutions Acoustiques; Méthode Qualitel	ACOUBAT; Exemples de Solutions Acoustiques; Méthode Qualitel	ACOUBAT; Exemples de Solutions Acoustiques; Méthode Qualitel	Théorie de sabine Méthode Qualitel	
Performance du produit	Indice	$R_w+C (=R_A)$ et $D_{ne,w+C}$	$R_w+C_{tr} (=R_{A,tr})$ et $D_{ne,w+C_{tr}}$	$L_{nw}$ et $\Delta L_w$	$\alpha_w$ pour les éléments plan et A sinon	$L_{wa}$
	Nom	Indice d'affaiblissement acoustique pondéré et Isolement acoustique normalisé	Indice d'affaiblissement acoustique pondéré et Isolement acoustique normalisé	Niveau de pression pondéré du bruit de choc normalisé et Réduction du niveau de bruit de choc pondéré	Coefficient d'absorption et Aire d'absorption acoustique équivalente	Niveau de puissance acoustique
	Produits concernés	Mur, cloison, doublage, plancher, faux plafond, chape flottante, porte, système de ventilation, ...	Toiture, fenêtre de toit, fenêtre, coffre de volet roulant, entrée d'air, porte extérieure, mur, doublage, façade rideau, bardage, ...	Plancher, revêtement de sol, faux plafond, ...	Faux plafond, revêtement de sol textile, revêtement mural, baffle acoustique, mobilier...	Équipement électrique, hydraulique et aérodynamique
Unité		dB	dB	dB	A (en $m^2$ ); Tr (en s); $\alpha_w$ (sans unité)	dB(A)
La performance augmente quand les indices :		↑	↑	↓ (sauf pour le $\Delta L_w$ ↑)	↑ (Pour A et $\alpha_w$ ) et encadrement pour Tr	↓

# Notion d'acoustique : Isolement au bruit aérien

**1. Bruit aérien extérieur :**  
bruit créé par le trafic routier,  
ferroviaire ou aérien

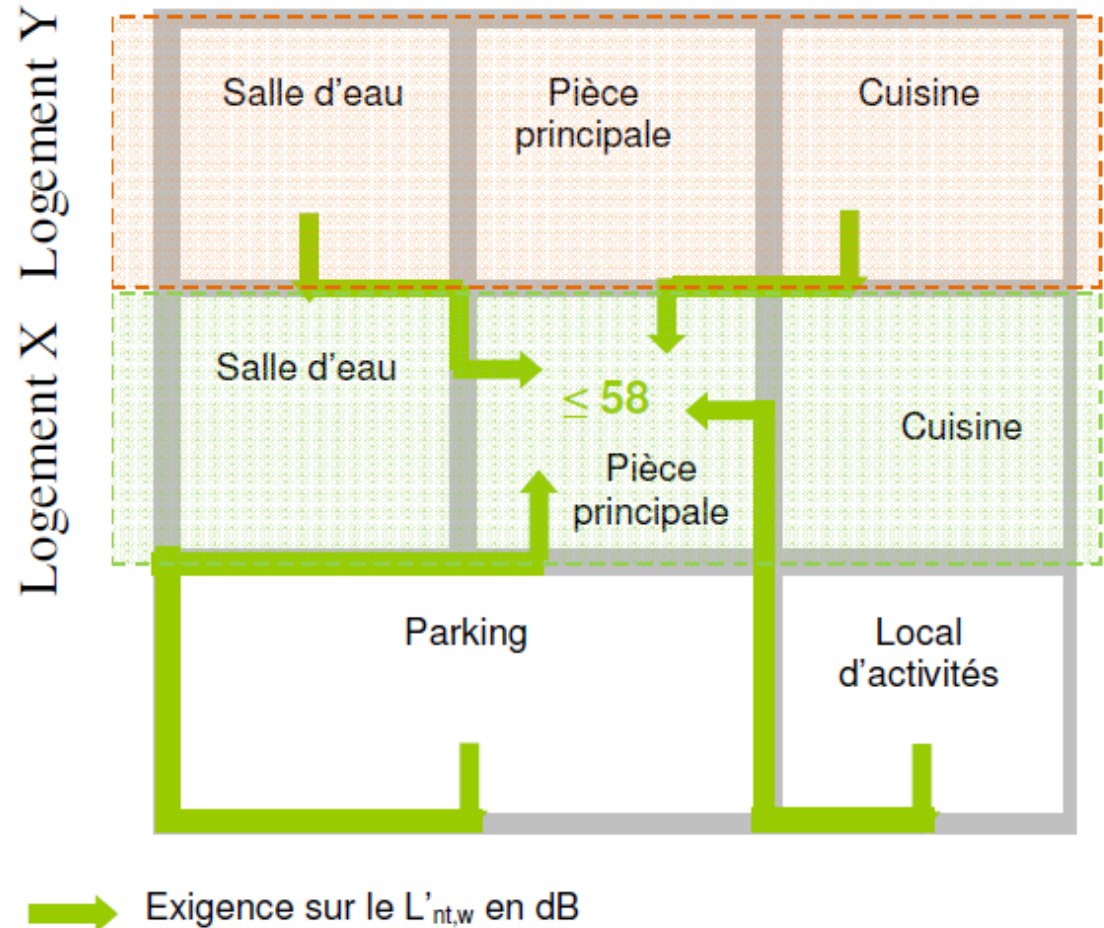
**2. Bruit aérien intérieur :**  
bruit créé par les  
conversations, la télévision,  
les chaines hi-fi



↔ Exigence sur le  $D_{n,T,A}$  en dB

↔ Exigence sur le  $D_{n,T,A,tr}$  en dB

3. **Bruit de choc** : bruit créé par le déplacement de personne ou de meuble, par chute d'objet



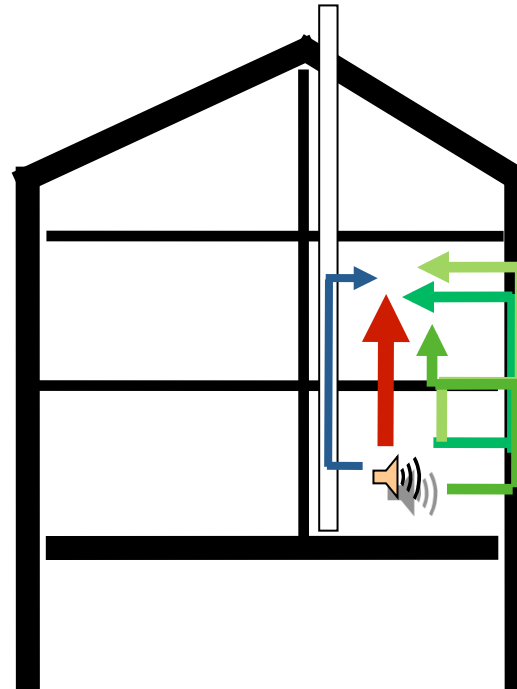
# Notion d'acoustique : *Les chemins de transmission*

Pour chaque source de bruit précédemment présentée, il peut exister différentes voies de transmission :

→ **Transmission directe**

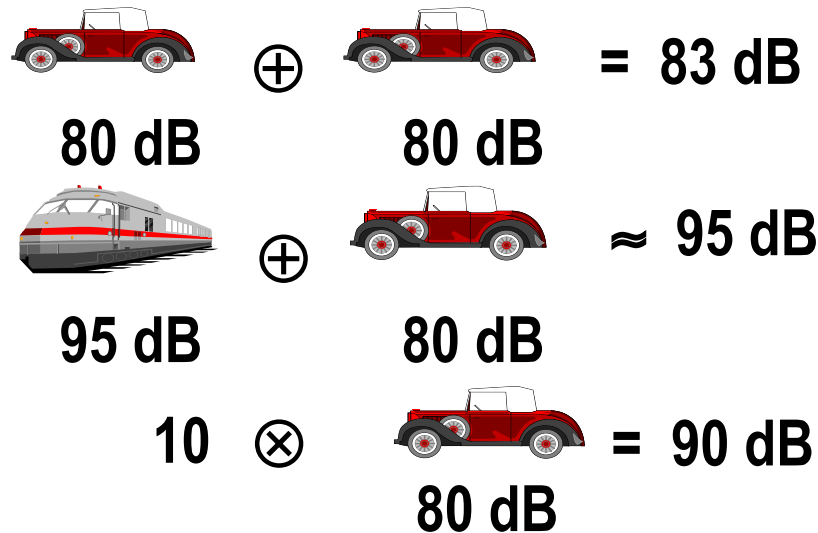
→ **Transmission latérale**

→ **Transmission parasite**



**De nombreux chemins de transmission...**

### ■ Le décibel, une échelle logarithmique



### ■ Sensibilité de l'oreille :

- +3dB ≈ seuil de perception d'une différence
- +10dB ≈ perception d'un doublement du niveau sonore

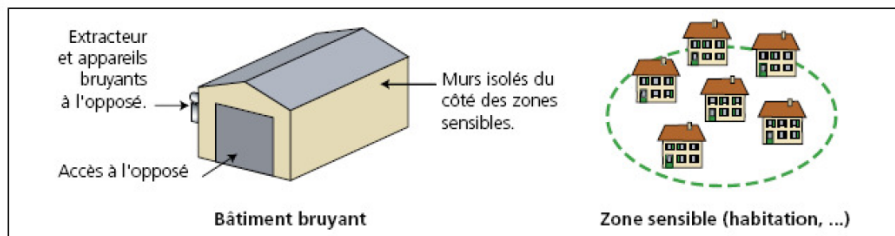
1. Notion d'acoustique
- 2. Conception architecturale**
3. Bâtiment bien « isolé »
4. Ventilation, Confort d'été,...



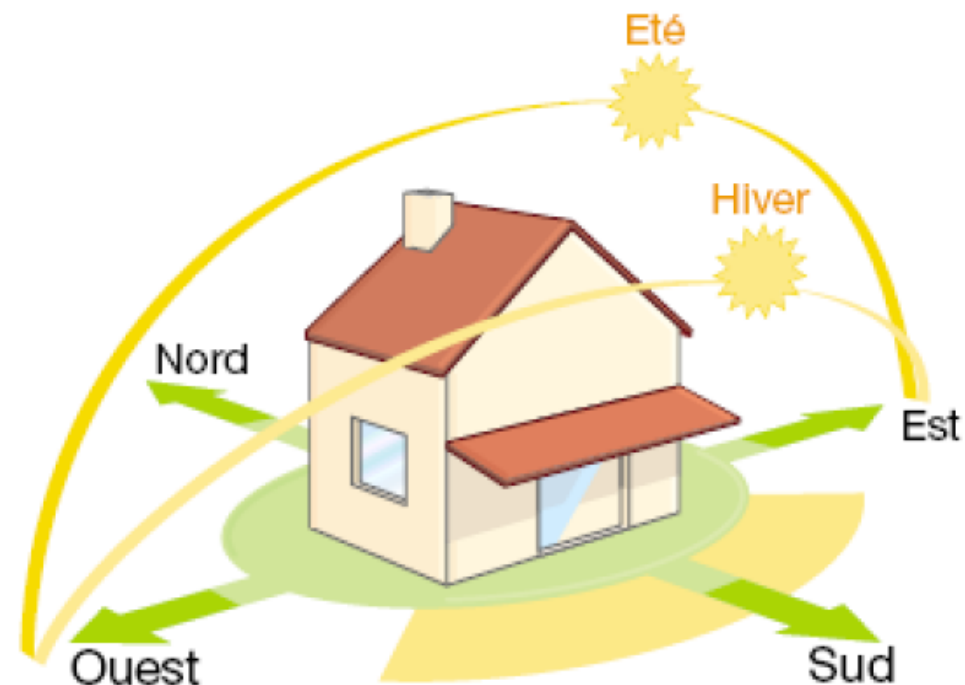
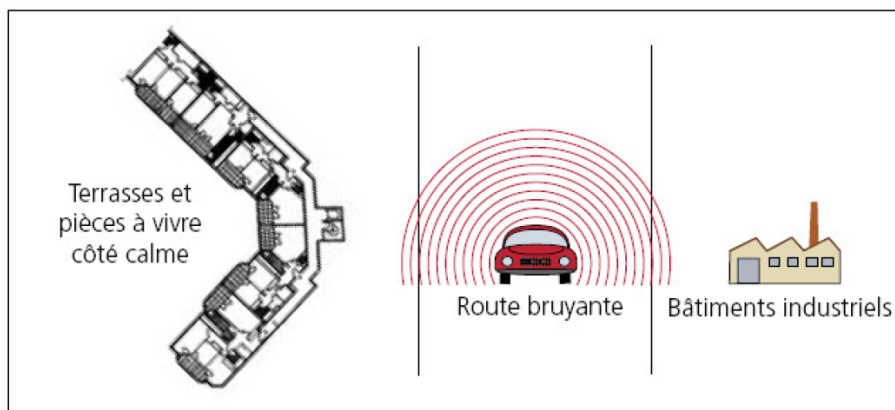
- **L'implantation sur la parcelle et l'orientation des façades**
- **La forme du bâtiment (compacité,...)**
- **Organisation des espaces intérieurs**



1 – Orienter les bâtiments et les équipements bruyants par rapport aux bâtiments et zones sensibles au bruit en utilisant l'effet d'écran du bâtiment.



2 – Orienter les logements et les autres bâtiments sensibles aux nuisances sonores en fonction des sources de bruit existantes.



Avantages	Inconvénients
Permet une bonne utilisation de l'espace sans exposer les pièces sensibles aux nuisances sonores.	Une façade reste directement exposée aux bruits
Permet la mixité habitat - activité	Solution utilisable seulement lorsqu'elle est compatible avec les contraintes d'ensoleillement et de vue

Figure 3.1.1 S'orienter : Extrait du guide « Plan Local d'Urbanisme & Bruit – La boîte à outils de l'aménageur »

**En acoustique l'ordre de  
difficulté est généralement le  
suivant :**

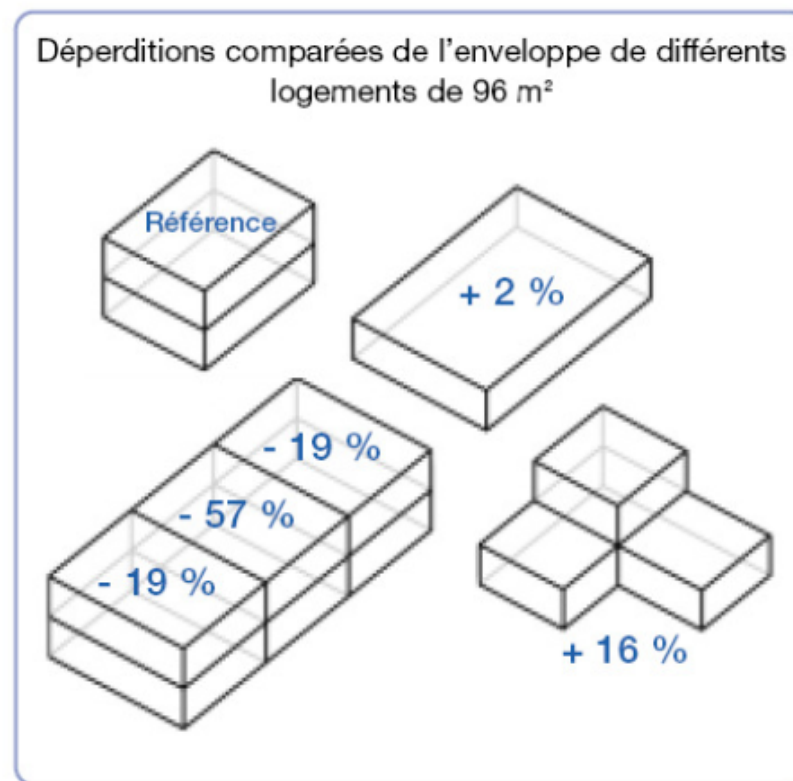
**Immeuble collectif**



**Maisons en bandes**



**Maison individuelle isolée**



**Principe général :**

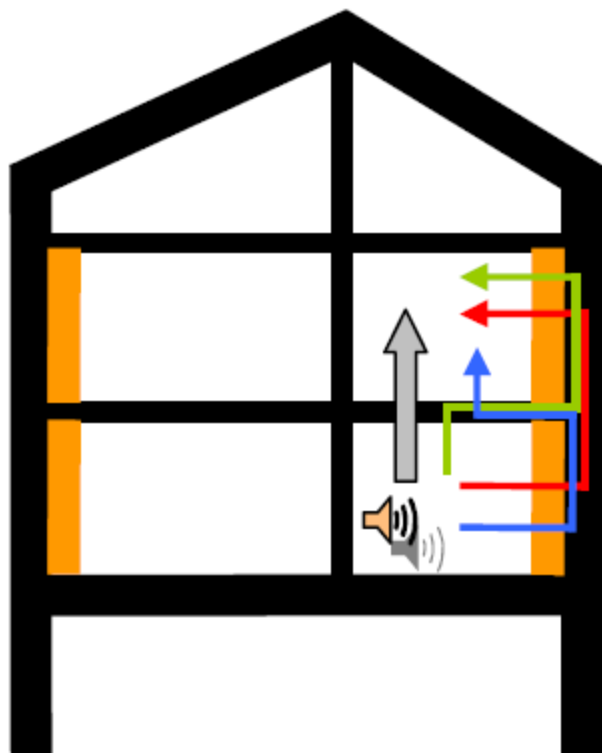
**Éloigner les pièces sensibles des zones bruyantes**

1. Notion d'acoustique
2. Conception architecturale
- 3. Bâtiment bien « isolé »**
4. Des matériaux aux systèmes

- **Systeme d'isolation thermique rapportee par l'interieur (ITI)**
- **Systeme d'isolation thermique rapportee par l'exterieur (ITE)**
- **Systeme constructif a isolation thermique repartie (ITR)**
- **Rupteur de pont thermique**
- **Toiture : Procédé d'isolation thermique par-dessus la charpente**
- **Toiture : Procédé d'isolation thermique entre et/ou sous la charpente**
- **Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par la sous face**
- **Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par chape flottante thermo-acoustique**
- **Choisir ses baies**

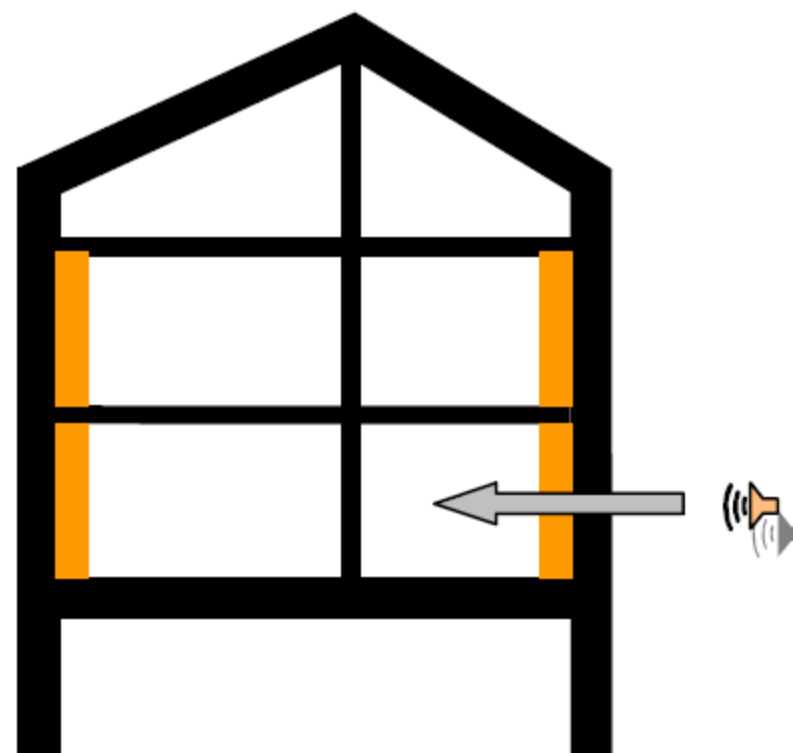
- **Systeme d'isolation thermique rapportee par l'interieur (ITI)**
- **Systeme d'isolation thermique rapportee par l'exterieur (ITE)**
- **Systeme constructif a isolation thermique repartie (ITR)**
- Rupteur de pont thermique
- Toiture : Procédé d'isolation thermique par-dessus la charpente
- Toiture : Procédé d'isolation thermique entre et/ou sous la charpente
- Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par la sous face
- Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par chape flottante thermo-acoustique
- Choisir ses baies

## Modification des transmissions latérales

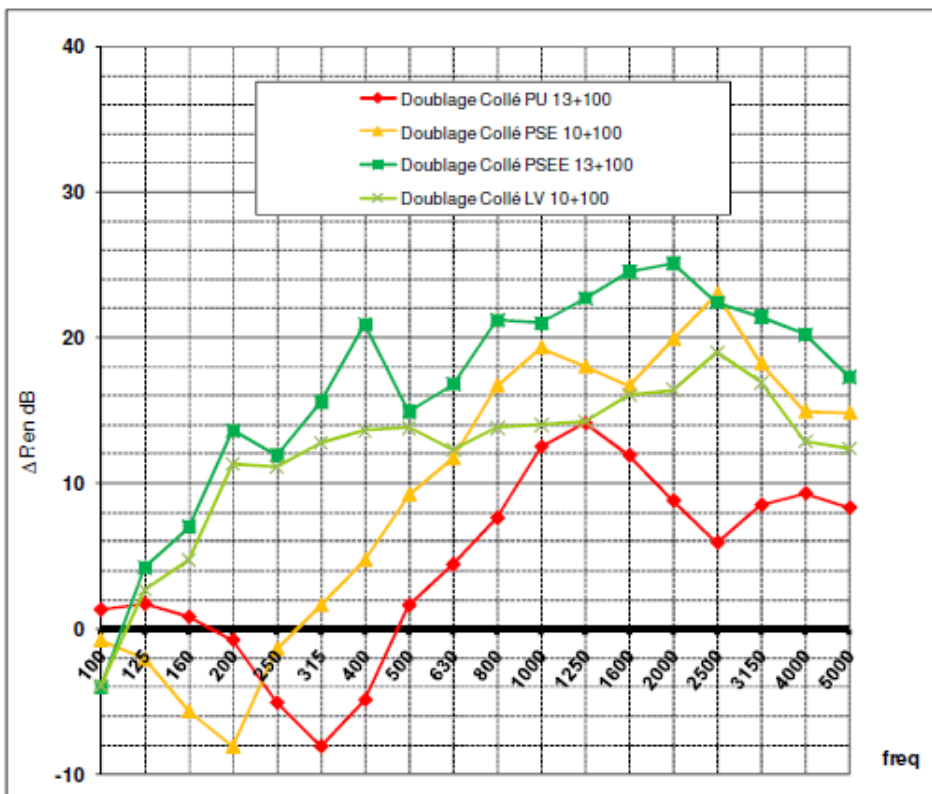


**Isolement  
acou int/int**

## Modification de la transmission directe



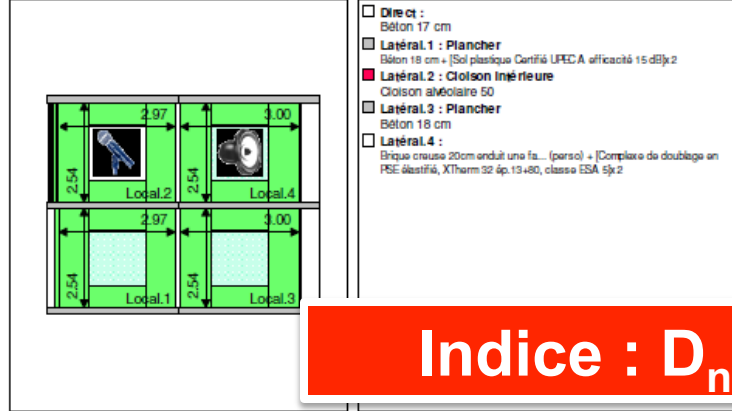
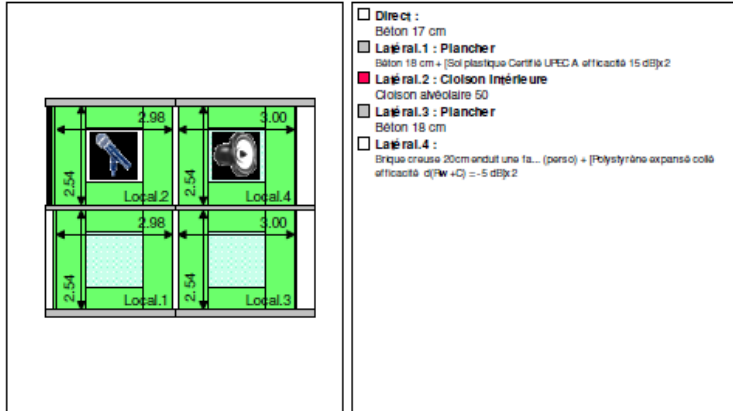
**Isolement  
acou ext/int**



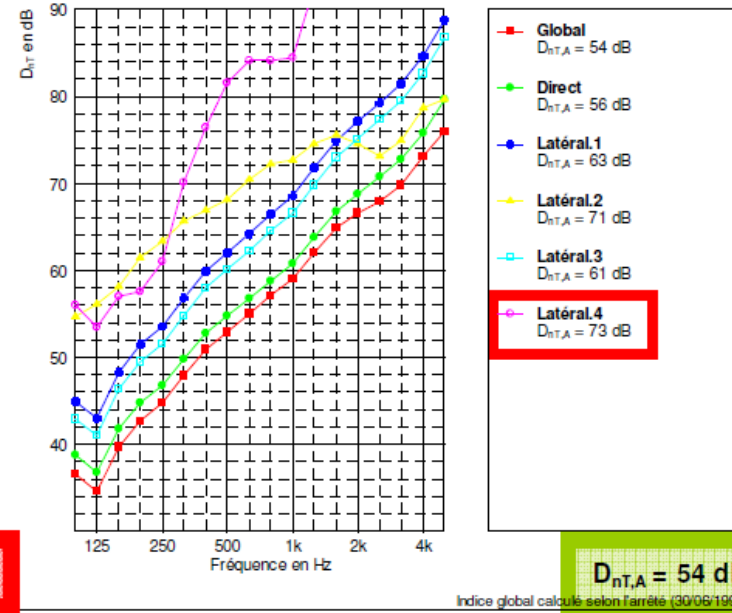
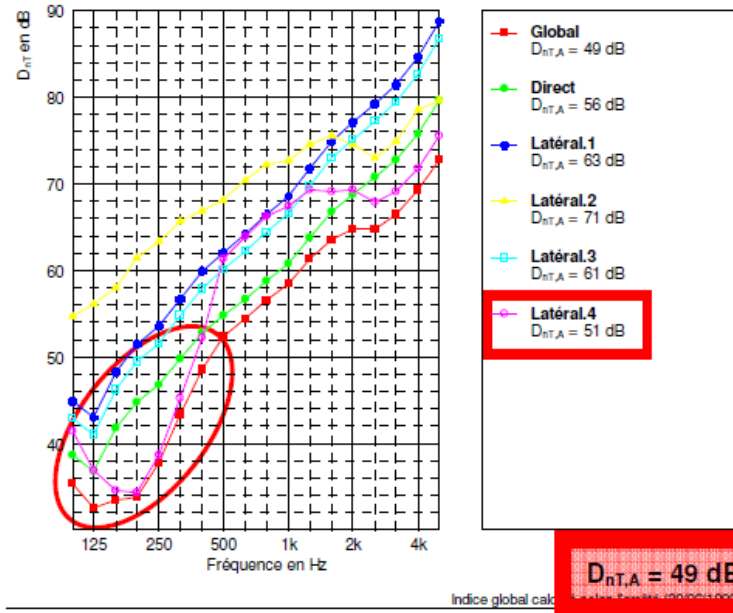
	Doublage collé PU 13+100	Doublage collé PSE 10+100	Doublage collé PSEE 13+100	Doublage collé LV 10+100
support béton 160mm				
Mur support $R_w(C;C_{tr})$	58(-2;-5)	60(-1;-5)	58(-2;-5)	59(-1;-5)
Mur doublé $R_w(C;C_{tr})$	55(-2;-6)	59(-4;-9)	69(-3;-10)	68(-3;-10)
$\Delta (R_w+C)_{directe}^*$	(-3)	(-4)	(10)	(7)
$\Delta (R_w+C)_{lourd}^*$	-3	-2	10-	8

**Indice :  $\Delta(R_w+C)$  et  $\Delta(R_w+C_{tr})$**





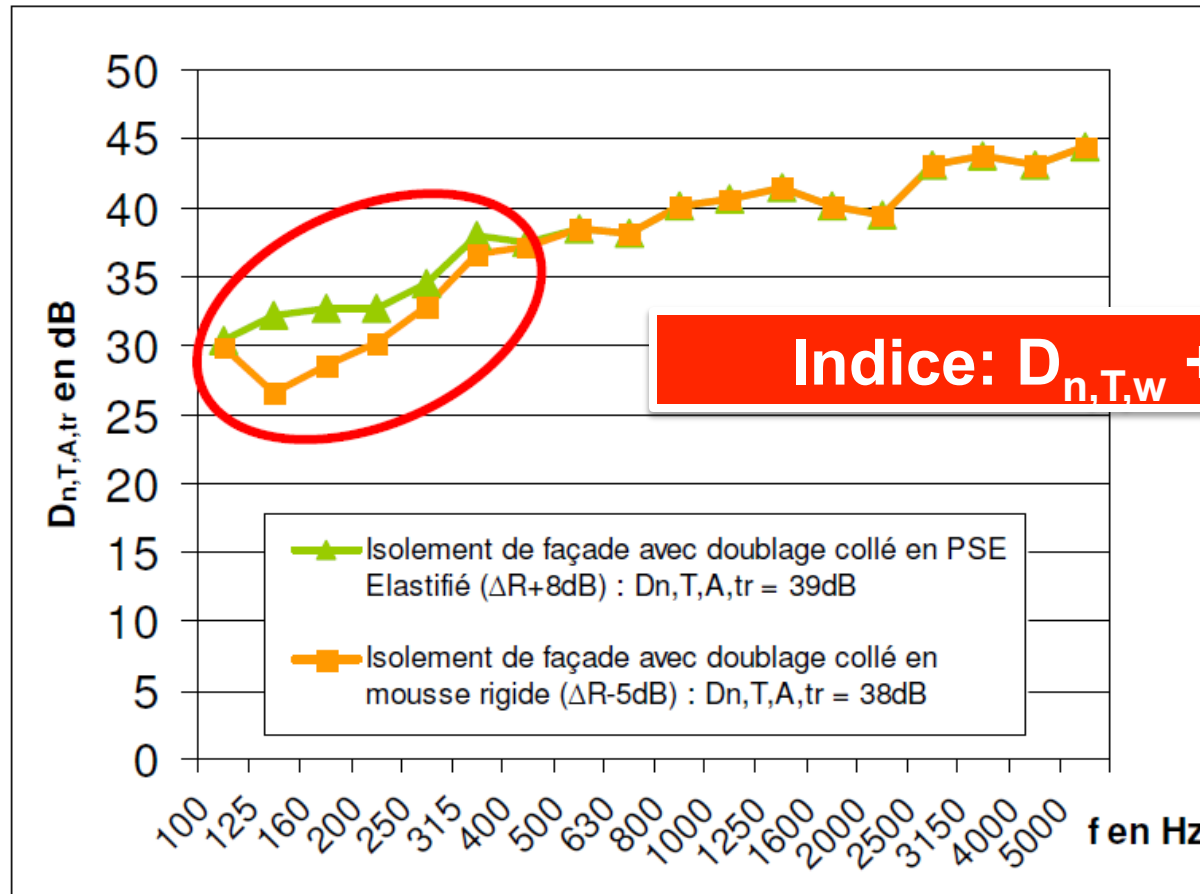
**Indice :  $D_{n,T,w} + C = D_{n,T,A}$**



Doublage de façade  $\Delta R_{ESA} = -5$ dB

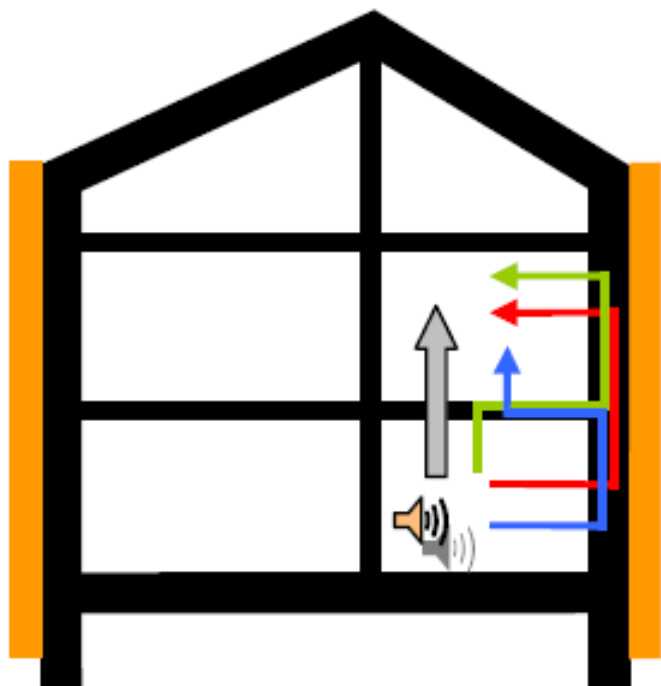
Doublage de façade  $\Delta R_{ESA} = +8$ dB

(Chemin de transmission « Latéral 4 »)



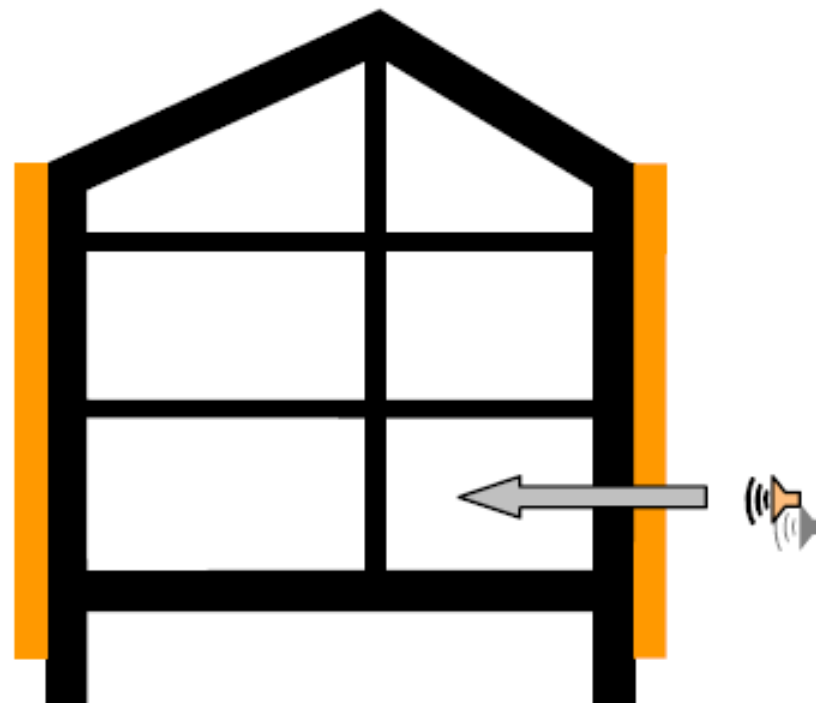
**Figure 4.1.12 Impact du type de doublage (Thermique ou Thermo-acoustique) sur l'isolement acoustique de façade d'une pièce de 10 m<sup>2</sup> en pignon (simulations ACOUBAT V6.0) avec façade en béton de 160 mm**

## Modification des transmissions latérales



**Isolement  
acou int/int**

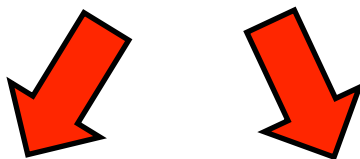
## Modification de la transmission directe



**Isolement  
acou ext/int**

**Performance « produit » : Même principe que pour l'ITI**

**Performance « ouvrage » :**



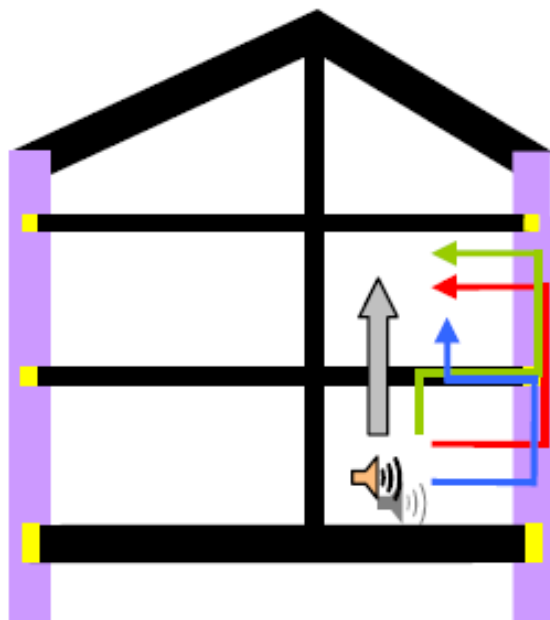
**Isolement acou int/int :**

**Pas d'influence sur le mur support**

**Isolement acou ext/int :**

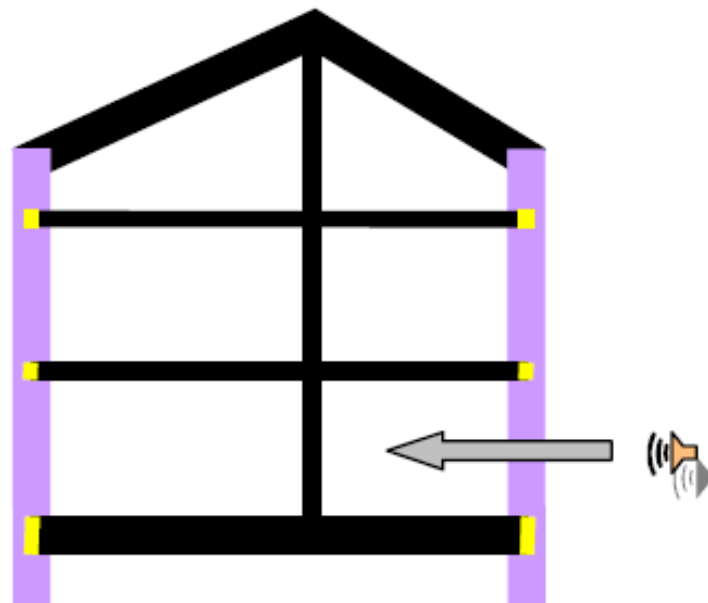
**Même principe que pour l'ITI**

## Modification des transmissions latérales



## Isolement acou int/int

## Modification de la transmission directe



## Isolement acou ext/int

□ **Indice d'affaiblissement acoustique :  $R_w(C;C_{tr})$**

$$38 \text{ dB} \leq R_w + C_{tr} \leq 45 \text{ dB}$$

□ **Indice d'affaiblissement vibratoire pour chaque chemin de transmission ij en dB d'une jonction :  $K_{ij}$**

## ❑ Isolement acoustique intérieur / intérieur :

- Limitation forte liée à l'action combinée de  $K_{ij}$  peu favorable et d'un  $R_w+C$  assez faible.
- L'objectif de base  $D_{n,T,A} \geq 53\text{dB}$  nécessite déjà des précautions fortes (épaisseur des planchers et refend, longueur d'encastrement,...)

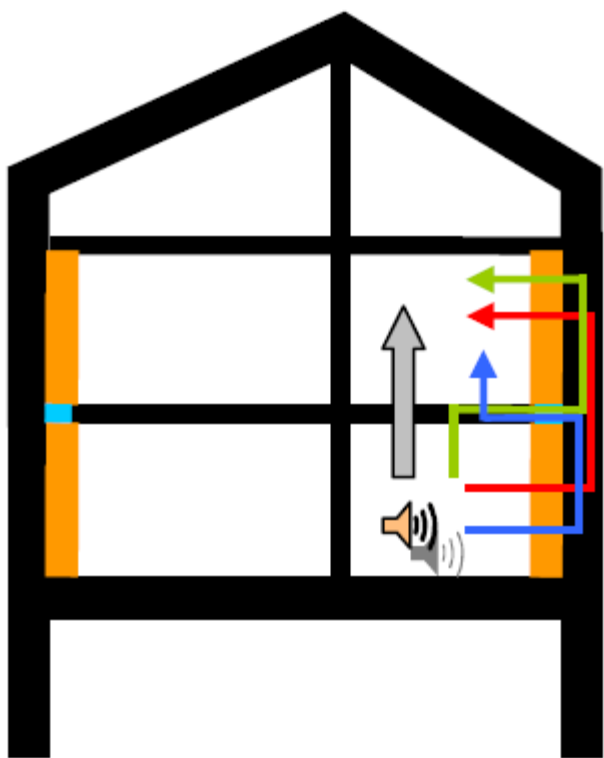
## ❑ Isolement acoustique extérieur / intérieur :

- Des limitations peuvent apparaître lorsqu'on cherche à atteindre des isolements importants ( $D_{n,T,A,tr} \geq 38\text{dB}$ )

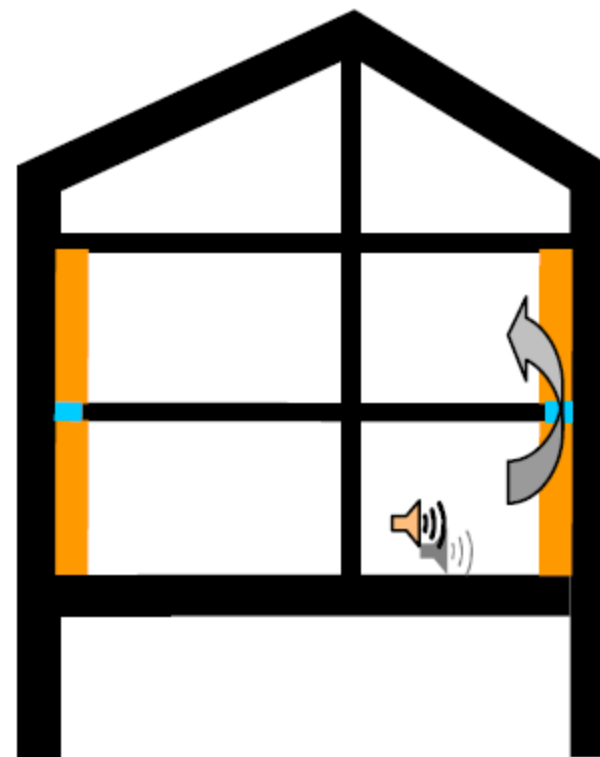
- Systeme d'isolation thermique rapportée par l'intérieur (ITI)
- Systeme d'isolation thermique rapportée par l'extérieur (ITE)
- Systeme constructif à isolation thermique répartie (ITR)
- **Rupteur de pont thermique**
- Toiture : Procédé d'isolation thermique par-dessus la charpente
- Toiture : Procédé d'isolation thermique entre et/ou sous la charpente
- Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par la sous face
- Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par chape flottante thermo-acoustique
- Choisir ses baies



### Modification des transmissions latérales



### Modification de la transmission directe

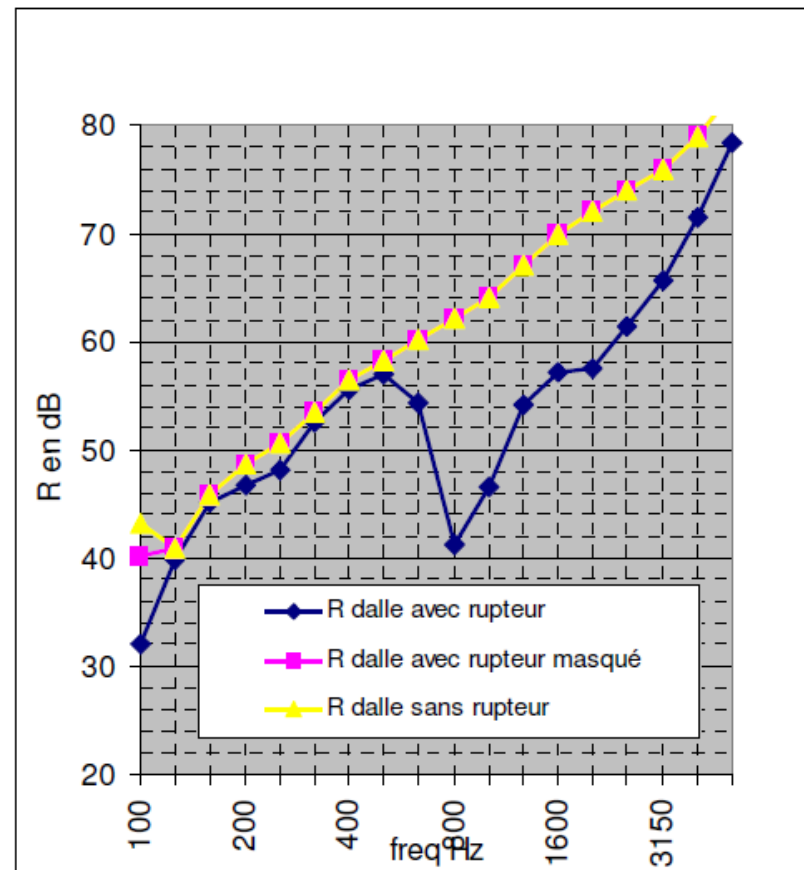


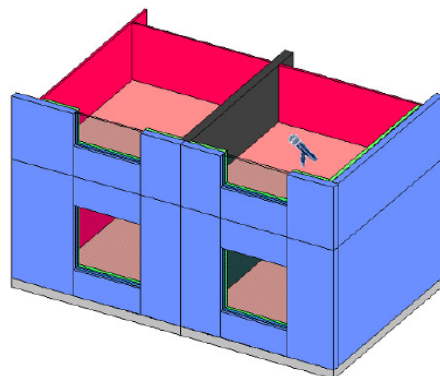
### Isolement acou int/int

□ Isolement acoustique normalisé :

$$D_{n,e,w}(C;C_{tr})$$

□ Indice d'affaiblissement vibratoire pour chaque chemin de transmission  $ij$  en dB d'une jonction :  $K_{ij}$





Configuration de base :

- refends et dalles de 180 mm de béton
- façade de 160 mm de béton avec doublages intérieurs
- cloisons alvéolaires

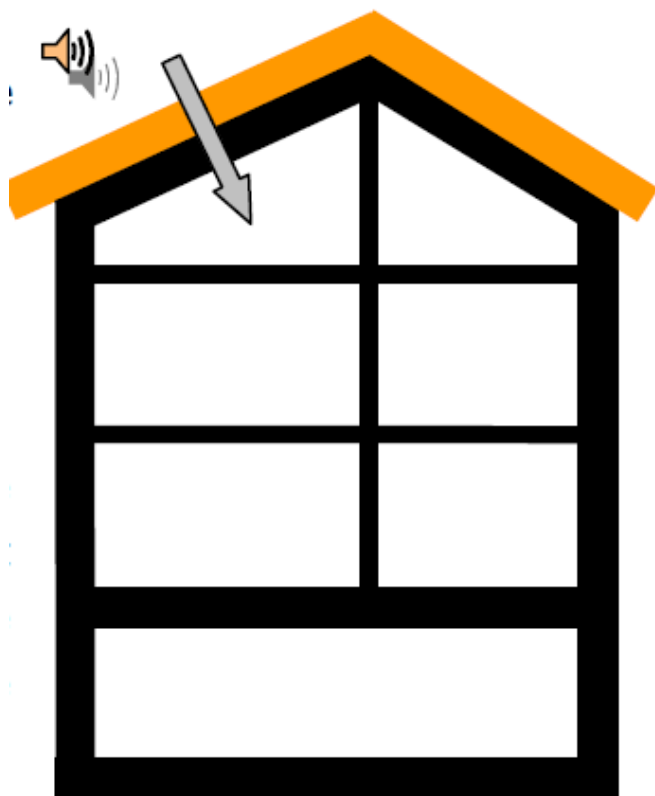
Local courant (une façade)	Doublage thermique ( $\Delta(R_w+C)_{\text{lourd}} \geq -1 \text{ dB}$ )*		Doublage thermo acoustique ( $\Delta(R_w+C)_{\text{lourd}} \geq 3 \text{ dB}$ )*	
	Sans rupteur	Avec rupteur	Sans rupteur	Avec rupteur
Isolement $D_{n,T,A}$	52,1 dB	50,3 dB	54,2 dB	53,7 dB

Local en pignon (deux façades)	Doublage thermique ( $\Delta(R_w+C)_{\text{lourd}} \geq -1 \text{ dB}$ )*		Doublage thermo acoustique ( $\Delta(R_w+C)_{\text{lourd}} \geq 3 \text{ dB}$ )*	
	Sans rupteur	Avec rupteur	Sans rupteur	Avec rupteur
Isolement $D_{n,T,A}$	50,2 dB	47,3 dB	53,3 dB	52,1 dB

Local en pignon (deux façades)	Doublage thermo acoustique amélioré ( $\Delta(R_w+C)_{\text{lourd}} \geq 7 \text{ dB}$ )*		Doublage thermo acoustique ( $\Delta(R_w+C)_{\text{lourd}} \geq 3 \text{ dB}$ )* et séparatif épaissi de 20 mm	
	Sans rupteur	Avec rupteur	Sans rupteur	Avec rupteur
Isolement $D_{n,T,A}$	54,8 dB	54,7 dB	54,5 dB	52,8 dB

- Systeme d'isolation thermique rapportée par l'intérieur (ITI)
- Systeme d'isolation thermique rapportée par l'extérieur (ITE)
- Systeme constructif à isolation thermique répartie (ITR)
- Rupteur de pont thermique
- **Toiture : Procédé d'isolation thermique par-dessus la charpente**
- **Toiture : Procédé d'isolation thermique entre et/ou sous la charpente**
- Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par la sous face
- Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par chape flottante thermo-acoustique
- Choisir ses baies

### Modification de la transmission directe **Sarking, caisson, sandwich**



### Isolement acou ext/int

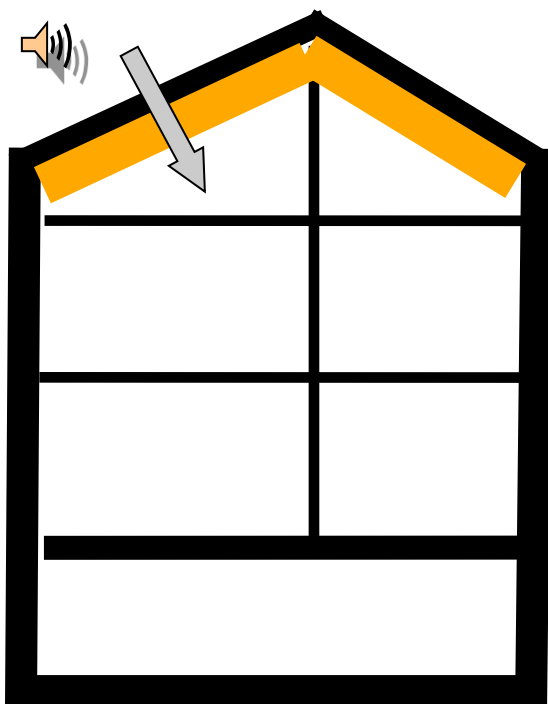
Indice d'affaiblissement  
acoustique :  $R_w + C_{tr}$

$$20 \text{ dB} \leq R_w + C_{tr} \leq 35 \text{ dB}$$

Isolement acoustique ext/int :  
 $D_{n,T,w} + C_{tr}$

Très difficile d'atteindre les 30 dB pour les systèmes à base de mousse

### Modification de la transmission directe



### Systemes traditionnels

Indice d'affaiblissement  
acoustique :  $R_w + C_{tr}$

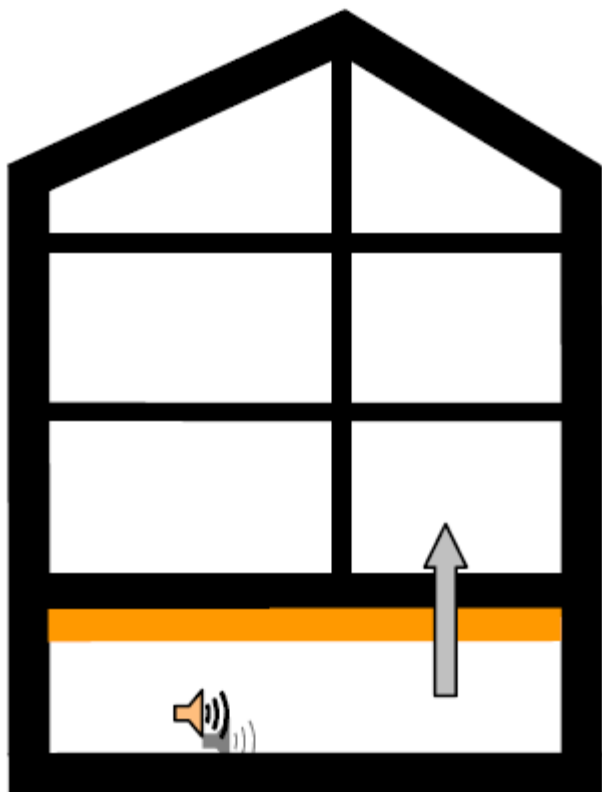
Isolement acoustique ext/int :  
 $D_{n,T,w} + C_{tr}$

L'utilisation forte d'isolant thermique à cellules ouvertes et la flexibilité sur le parement en sous face permet de s'adapter plus facilement à l'isolement requis

### Isolement acou ext/int

- Systeme d'isolation thermique rapportee par l'interieur (ITI)
- Systeme d'isolation thermique rapportee par l'exterieur (ITE)
- Systeme constructif a isolation thermique repartie (ITR)
- Rupteur de pont thermique
- Toiture : Procédé d'isolation thermique par-dessus la charpente
- Toiture : Procédé d'isolation thermique entre et/ou sous la charpente
- **Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par la sous face**
- **Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par chape flottante thermo-acoustique**
- Choisir ses baies

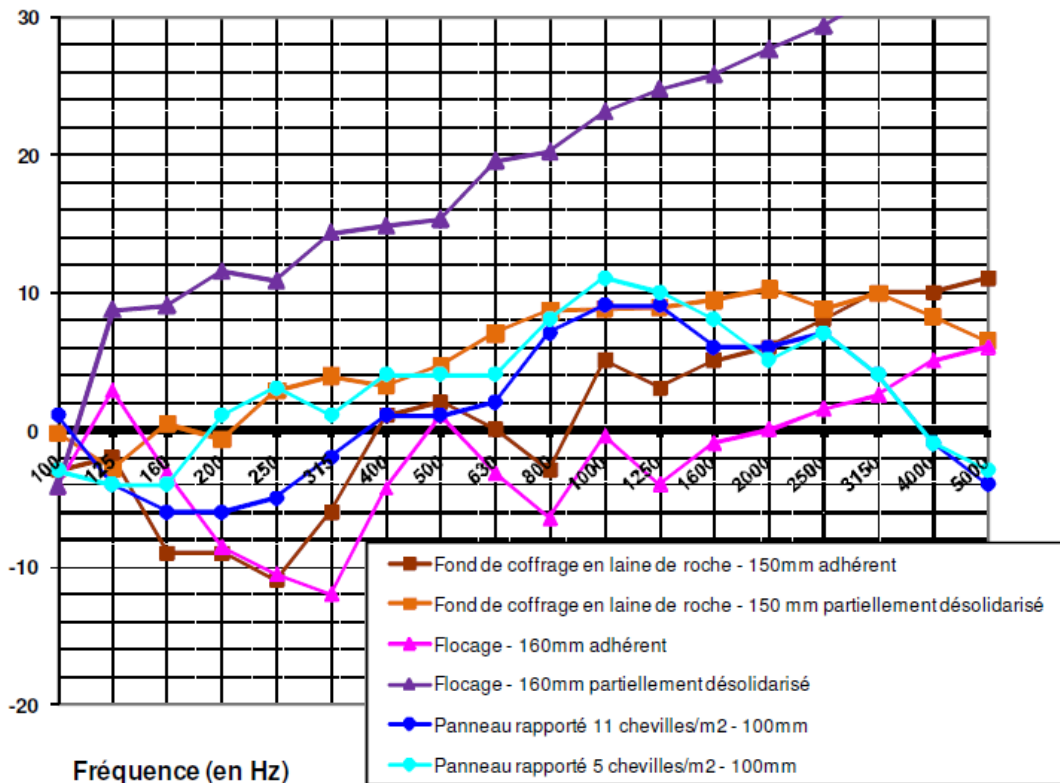
### Modification de la transmission directe



Flocage, fond de coffrage, panneau rapporté sous dalle...

### Isolement acou int/int





**Indice:  $\Delta(R_w+C)$**

Système	$\Delta(R_w+C)$ dB
Fond de coffrage en laine de roche - 150 mm adhérent	-7
Fond de coffrage en laine de roche - 150 mm partiellement désolidarisé	2
Flocage - 160 mm adhérent	-7
Flocage - 160 mm partiellement désolidarisé	7
Plancher support 220 mm + Panneau rapporté 100 mm - 11 attaches/m <sup>2</sup>	-3
Plancher support 220 mm + Panneau rapporté 100 mm - 5 attaches/m <sup>2</sup>	0

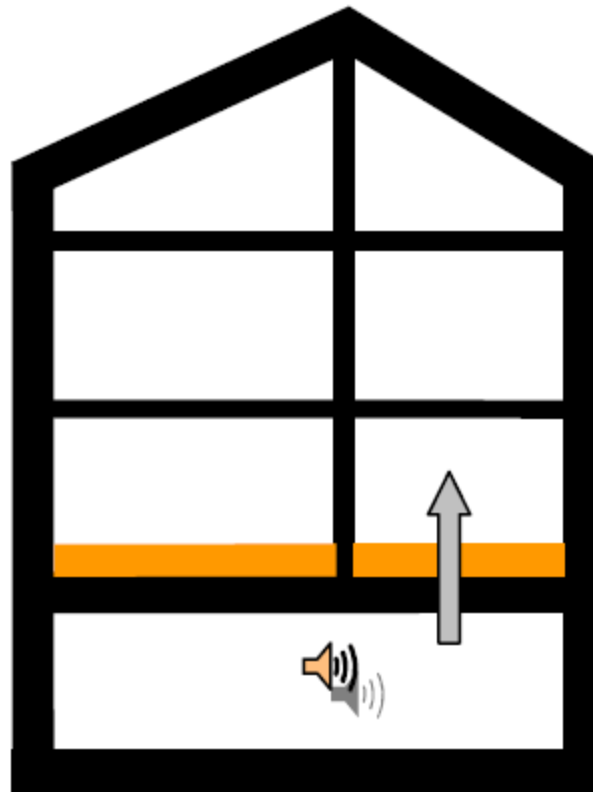
$$\text{Indice : } D_{n,T,w} + C = D_{n,T,A}$$

**$D_{n,T,A}$  entre logement et local non chauffé (parking ou local d'activité) assez élevé (55dB et 58dB)**

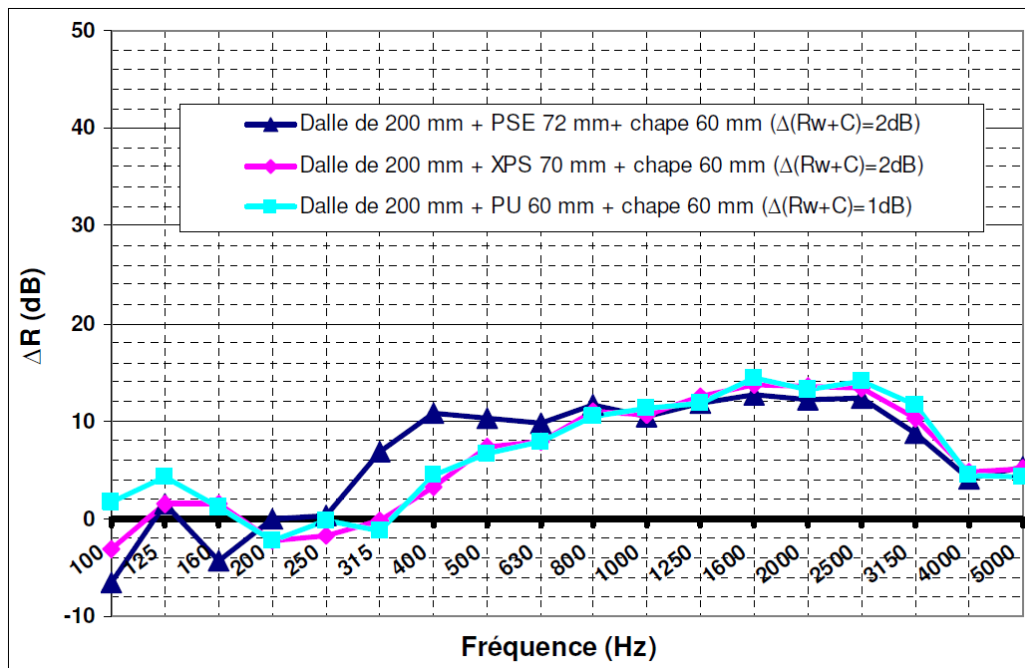
**⇒ Difficile d'utiliser des systèmes qui dégradent la performance du plancher**

**⇒ Peu de systèmes compatibles (feu / Thermique / acoustique)**

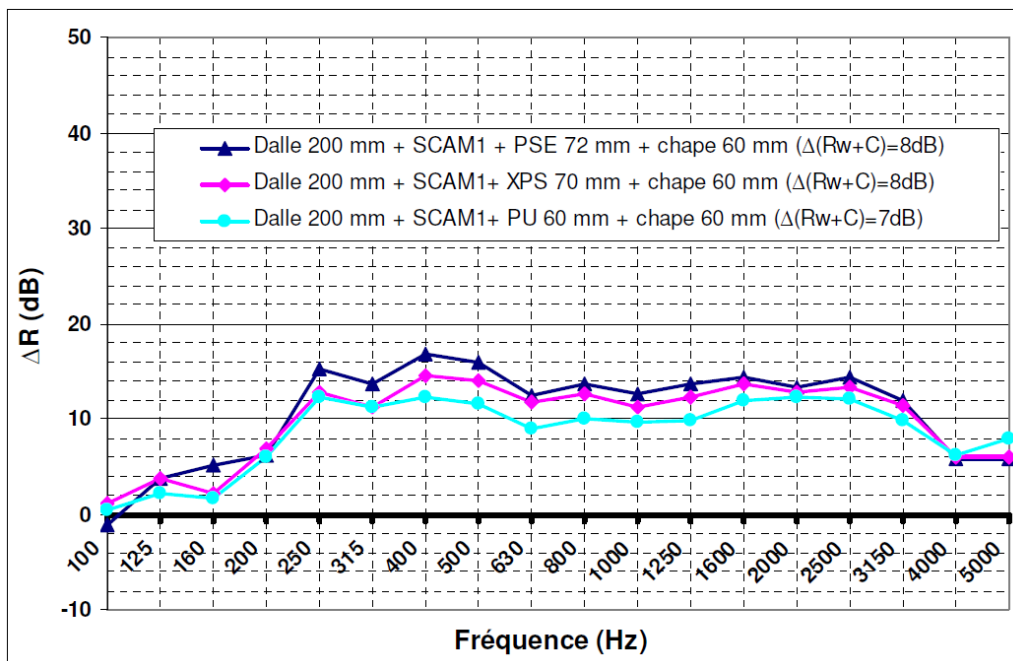
### Modification de la transmission directe



### Isolément acou int/int



**Indice :  $\Delta(R_w+C)$**

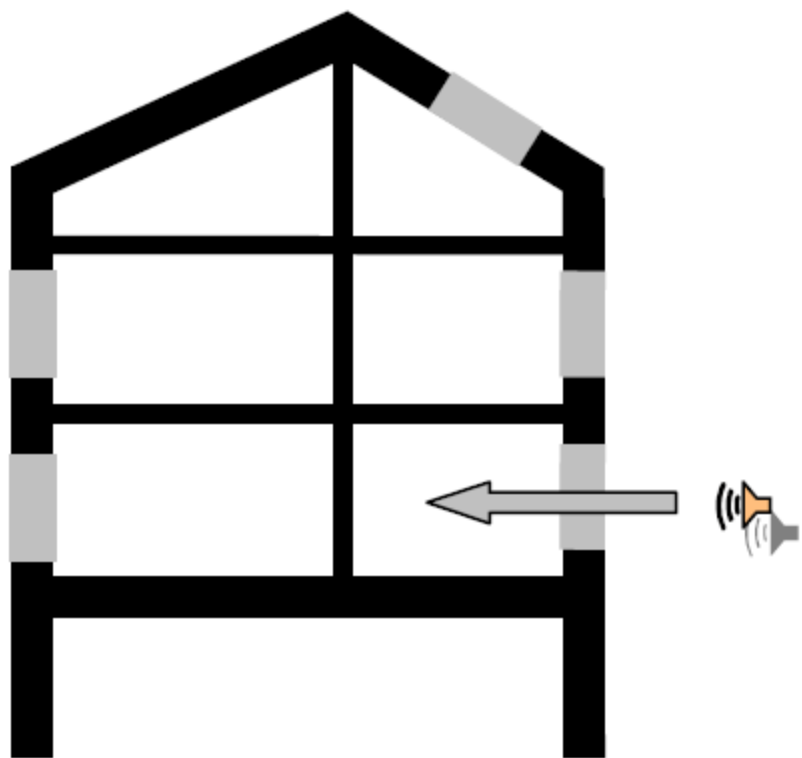


$$\text{Indice : } D_{n,T,w} + C = D_{n,T,A}$$

- **Contexte identique à celui des traitements par la sous face.**
- **Des bonnes sous-couches thermo-acoustique (ou de bonnes associations de sous-couches) permettent d'obtenir des solutions réglementaires**
- **Solution bien adaptée aux ITI sur le plan thermique**

- Système d'isolation thermique rapportée par l'intérieur (ITI)
- Système d'isolation thermique rapportée par l'extérieur (ITE)
- Système constructif à isolation thermique répartie (ITR)
- Rupteur de pont thermique
- Toiture : Procédé d'isolation thermique par-dessus la charpente
- Toiture : Procédé d'isolation thermique entre et/ou sous la charpente
- Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par la sous face
- Plancher bas : Procédé d'isolation thermique par chape flottante thermo-acoustique
- **Choisir ses baies**

### Modification de la transmission directe



Indice d'affaiblissement  
acoustique :  $R_w + C_{tr}$

Pour une fenêtre:  
 $24 \text{ dB} \leq R_w + C_{tr} \leq 40 \text{ dB}$

Isolement acoustique ext/int :  
 $D_{n,T,w} + C_{tr}$

### Isolement acou ext/int

Choisir ses baies  
Perf. « Produit »

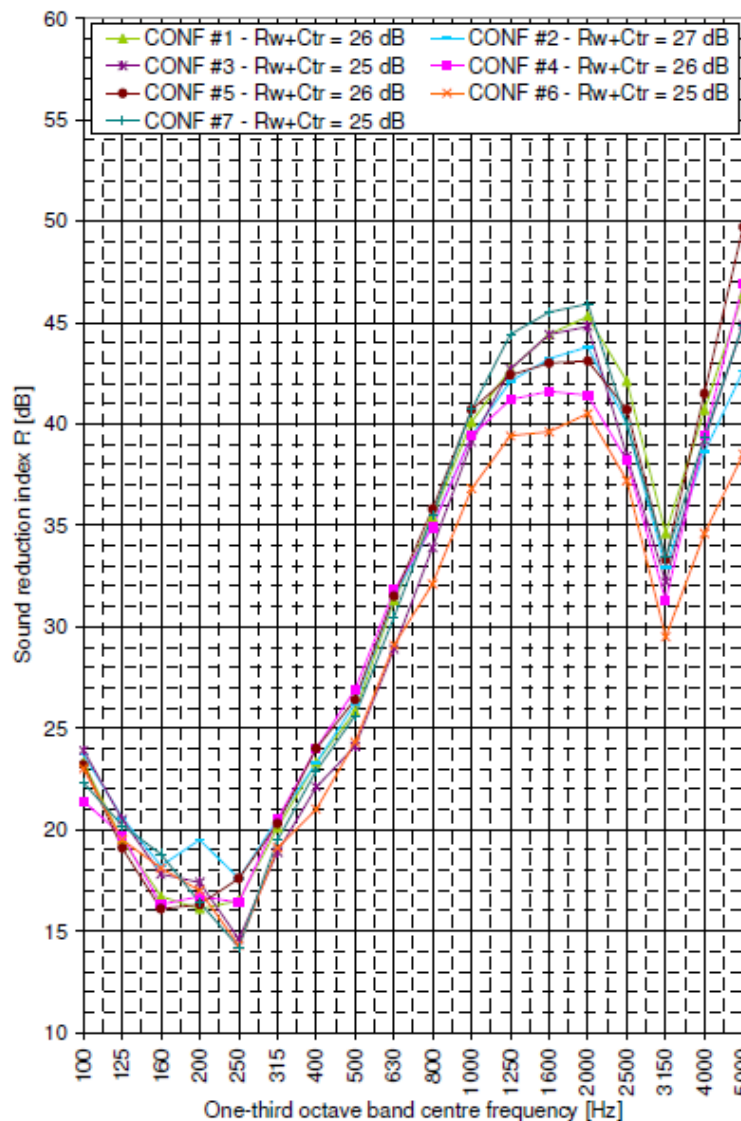
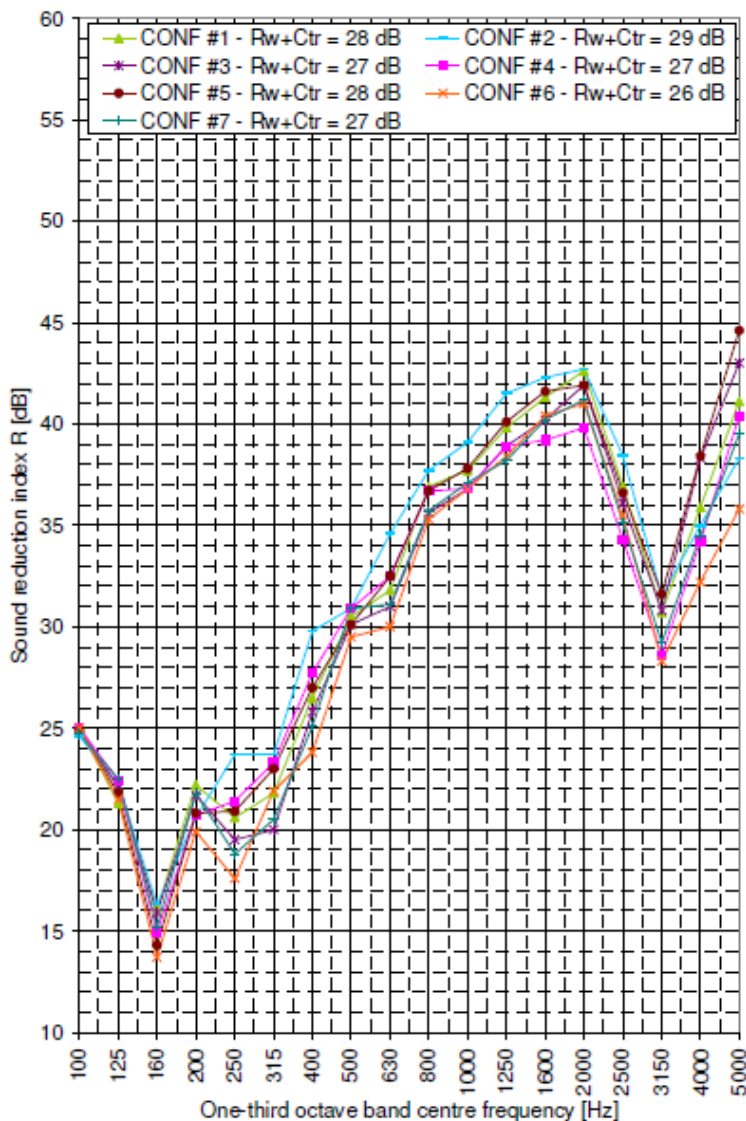


Figure 6: Comparison of sound reduction index R versus frequency of 4-16-4 IGUs with different spacers and sealants equipping an aluminium casement window (left plot) or alone (right plot).



1. Notion d'acoustique
2. Conception architecturale
3. Bâtiment bien « isolé »
- 4. Des matériaux aux systèmes**

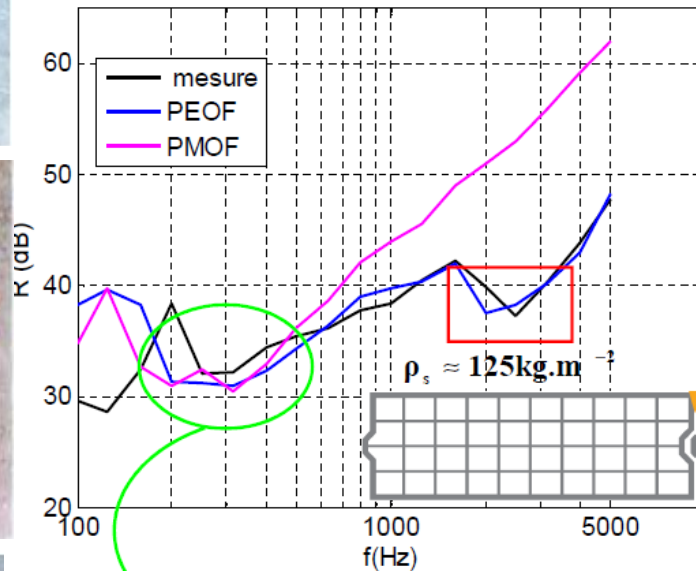
- **La prise en compte concomitante de l'acoustique et de la thermique dans le développement de nouveaux systèmes passe par la bonne maîtrise du comportement physique de ceux-ci.**
- **Cette maîtrise doit aussi permettre une « juste » approche de la problématique (caractérisation, modélisation...).**

# Exemple des Briques Creuses:

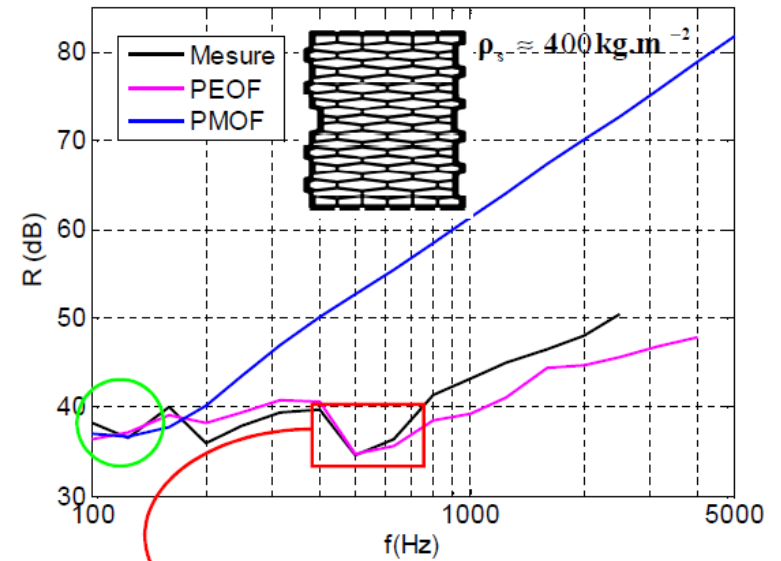
Thèse de Gary Jacques (CTMNC/PHASE/CSTB)

➤ Comparaisons mesures / calculs:

Paroi maçonnée 20cm, Enduit 1 face



Paroi maçonnée 37.5cm, Enduit 1 face



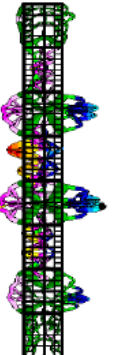
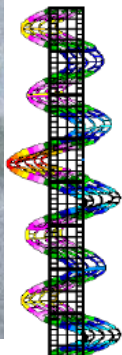
Zone critique

$$\begin{cases} f = f_{cx} = \frac{c_a^2}{2\pi h} \sqrt{\frac{12\rho}{C_{11}^{eq}}} \\ f = f_{cy} = \frac{c_a^2}{2\pi h} \sqrt{\frac{12\rho}{C_{22}^{eq}}} \end{cases}$$

Résonance du mode de Lamb S1

$$f = f_{S1}^{coup} = \frac{1}{2h} \sqrt{\frac{C_{33}^{eq}}{\rho}}$$

$h \uparrow, \rho \uparrow, C_{33}^{eq} \downarrow \downarrow$  : Défavorable



- **Exemples de solutions acoustiques (DGUHC Mai 2002)\***
- **Note technique sur l'insonorisation à proximité des aéroports (DGAC) : « très riche pour les systèmes de toitures »\***
- **Étude SNPA/ADEME : Chape flottante thermo acoustique**
- **Guide « Concilier efficacité énergétique et Acoustique dans le bâtiment »\***

\* à télécharger sur [<http://www.cstb.fr/dae/>]

**Merci de votre attention**

**[Jean-baptiste.chene@cstb.fr](mailto:Jean-baptiste.chene@cstb.fr)**