

# L'isolation thermique et acoustique de l'enveloppe (par l'extérieur et par l'intérieur)

Principes et solutions, principaux problèmes rencontrés



## Introduction

### Les enjeux de l'énergie

- réchauffement climatique
- diminution des ressources fossiles

Place du bâtiment > 40% de la consommation d'énergie primaire en France

### Grenelle de l'environnement

En 2020, le parc de bâtiments dans son ensemble devra consommer 38% de moins qu'aujourd'hui

- Bâtiments neufs : évolution des réglementations (RT2005, 2012, 2020), apparition de nombreux labels, certifications...
- Rénovation : potentiel très important d'économies d'énergie ; aujourd'hui : obligation d'appliquer la RT2005 dans certains cas de rénovation lourde

## Méthodologie

❖ Différents types d'isolation de façade : **béton / monomur / léger**  
⇒ Différentes caractéristiques pratiques, techniques, thermiques...

❖ Valeurs présentées :

- concernent les **parties courantes de façades** (hors menuiseries, incidences des angles, etc.)

- Énergie grise et Indice de changement climatique :

rapporté au m<sup>2</sup> de façade (parties courantes)

**hors transport** (sortie d'usine)

donnés pour une résistance thermique équivalente de 4 m<sup>2</sup>.K/W

- coûts : ordres de grandeur fournis par PROCOBAT et Michel FORGUE

donnés pour une résistance thermique équivalente de 4 m<sup>2</sup>.K/W

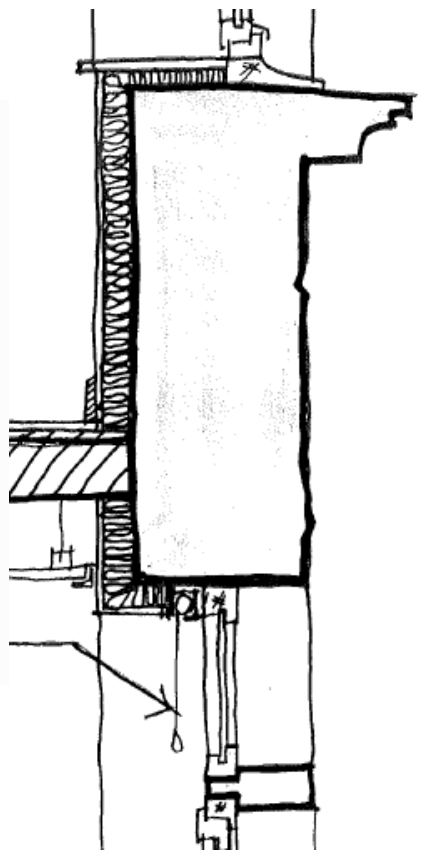
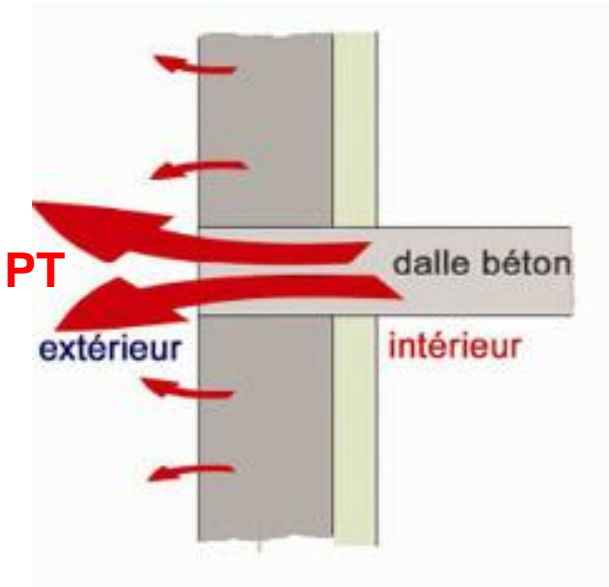


**Bureau Michel FORGUE**  
Ingénieurs Conseils  
Economie du Bâtiment

❖ **Acoustique** ? Jean-Baptiste Chéné / CSTB

Faisabilité Pratique	Rénovation : - unique possibilité si l'aspect extérieur ne peut être modifié - pas d'échafaudage - intérieur du bâtiment à refaire	😊 😊 😞
Épaisseur mur	$R_{th} = 4 \text{ m}^2.K/W$ => 18 cm béton + 16 cm isolant Courant : 10-12 cm d'isolant Max : 16 cm d'isolant (laine)	😊 😞
PT	- nombreux PT (liaisons mur/plancher, refends ...) - menuiseries au nu intérieur : pas de PT	😞 😊
Confort été	Pas d'inertie des murs	😞
Étanch. air	Faite par le béton (banché)	😊
Faisabilité technique	- ITI : le plus courant, donc bien maîtrisé - Rupteurs de PT : problèmes structurels	😊 😞
NRJ grise	510 MJ/m <sup>2</sup>	😊
Chgt clim.	0.7 kgCO <sub>2</sub> eq/an/m <sup>2</sup>	😞
Coût	165 €/m <sup>2</sup>	😊

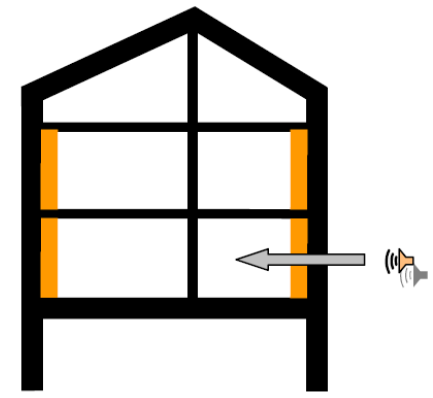
**Façade porteuse**  
**Isolation par l'intérieur (ITI)**



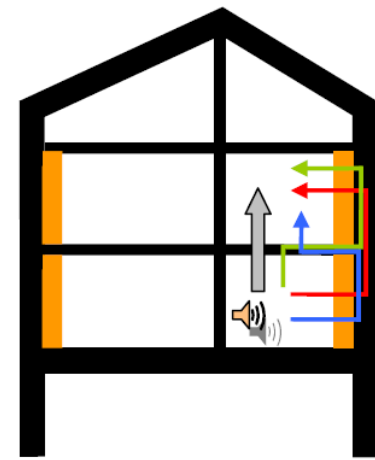
Performance thermique limitée (PT élevés)  
=> Isolation par l'extérieur ?

**Façade porteuse**  
**Isolation par l'intérieur (ITI) : Impact acoustique**

Amélioration de l'affaiblissement acoustique ( $\Delta R$ )	- Doublage thermo-acoustique (épaisseur du primitif $\geq 60\text{mm}$ ), à base de laine minérale ou de PSE élastifié, il aura un $\Delta R$ positif - Doublage thermique à base de mousse rigide (PSE, XPS, PU,...), il aura un $\Delta R$ négatif	😊 😞
Isolement acoustique de façade	- Zone calme : L'ITI a peu d'impact - Zone bruyante : Si l'ITI est Thermique uniquement il pourra avoir un impact négatif - Zone bruyante : Si l'ITI est thermo-acoustique il n'aura pas d'impact	😐 😞 😐
Isolement acoustique intérieur	Neuf : - Les ITI thermo-acoustiques permettent de rendre négligeables les transmissions latérales de façade - Les ITI thermiques renforcent les transmissions latérales de façade et rendront certaines solutions non réglementaires	😊 😞
Isolement acoustique intérieur	Rénovation : - La pose d'un ITI thermique peut dégrader la situation existante - La pose d'un ITI thermo acoustique peut améliorer la situation existante	😞 😊



Isolement Acoustique de façade

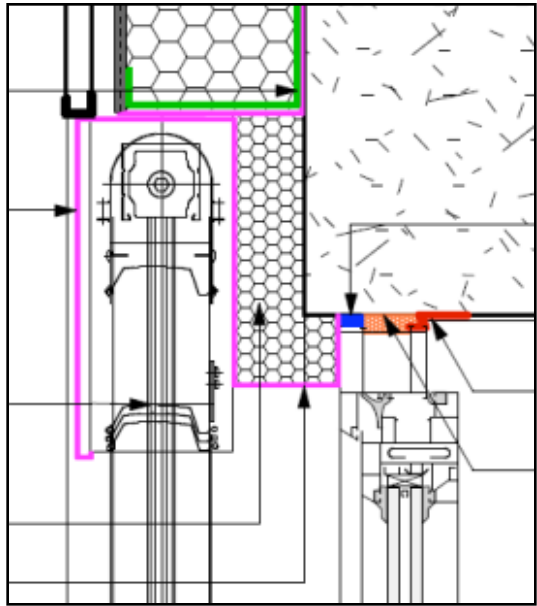
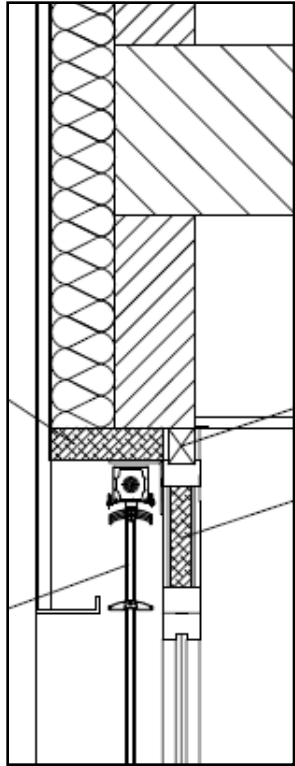
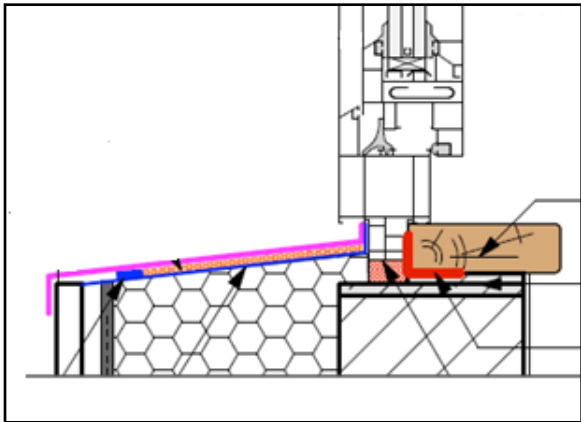


Isolement Acoustique intérieur

L'usage d'un ITI thermo acoustique permet d'éviter en neuf comme en rénovation un certain nombre de contre performance

Faisabilité Pratique	Rénovation : - modification façade possible ? - espace intérieur non perturbé - échafaudage nécessaire - Finition : vêtue chère, enduit pas toujours esthétique	😊 😊 😞 😞
Epaisseur mur	$R_{th} = 4 \text{ m}^2.K/W \Rightarrow$ 18 cm béton + 16 cm isolant Courant : 12 cm d'isolant Max : 16-30cm d'isolant (polyst)	😊 😊
PT	- Traite la plupart des PT - si fenêtres au nu intérieur : prévoir retour d'isolant - PT d'accroche de l'isolant (rails / chevilles)	😊 😞 😞
Confort été	conserve l'inertie du mur	😊
Étanch. air	Faite par le béton (banché)	😊
Faisabilité technique	- ATEX jusqu'à 30 cm (polyst.) (mais fragile) - Réservations dans béton pour passage câbles	😊 😞
NRJ grise	560 MJ/m <sup>2</sup>	😊
Chgt clim.	0.7 kgCO <sub>2</sub> eq/an/m <sup>2</sup>	😞
Coût	Avec RME/RPE : 200-220 €/m <sup>2</sup> Avec bardage : 260-300 €/m <sup>2</sup>	😊 😞

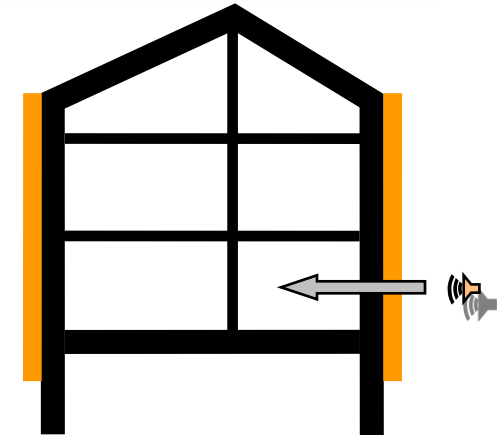
## Façade porteuse Isolation par l'extérieur (ITE)



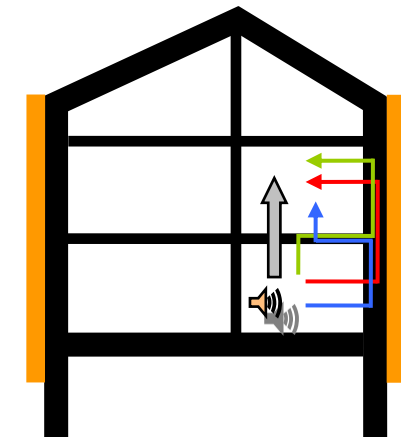
Grande épaisseur d'isolant : complexe  
=> Isolation intérieure + extérieure

**Façade porteuse**  
**Isolation par l'extérieur (ITE) :**  
**Impact acoustique**

Amélioration de l'affaiblissement acoustique $\Delta R$	- Peu de données en France - Négatif pour une partie d'entre eux (notamment ceux à base de mousse rigide)	☹️
Isolement acoustique de façade	Idem ITI	
Isolement acoustique intérieur	Neuf : (53dB) - Solution tout béton (façade, plancher et refend) permet d'atteindre l'objectif	😊
	- Autre : il faut faire attention car nombre de configurations ne permettent pas de respecter la réglementation	☹️
	- Les isolements supérieurs (55 ou 58dB) nécessitent généralement un traitement intérieur	☹️
Isolement acoustique intérieur	Rénovation : Cette solution ne permet pas d'améliorer la situation existante, mais ne la dégrade pas non plus	☹️



Isolement Acoustique de façade

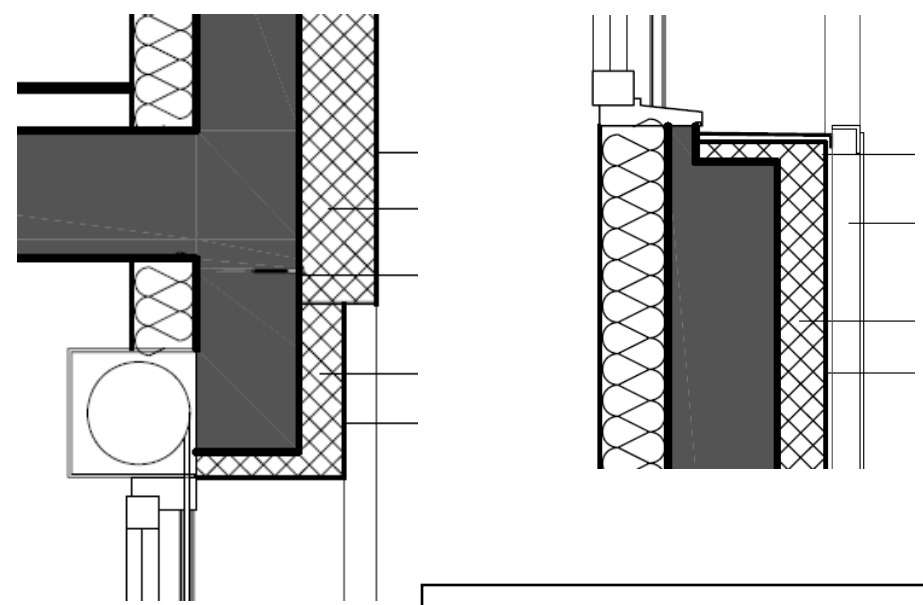
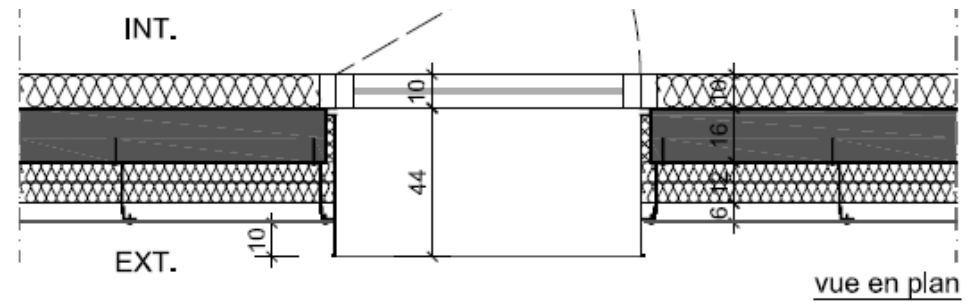


Isolement Acoustique intérieur

Le non traitement des transmissions latérales de façade limite l'utilisation du procédé => traitement complémentaire par un ITI thermo acoustique?

Faisabilité Pratique	2 interventions (intérieur + extérieur)	☹️
Épaisseur mur	- $R_{th} = 4 \text{ m}^2.K/W \Rightarrow$ 8 cm isolant intérieur + 18 cm béton + 8 cm isolant extérieur - Épaisseur isolant int. et ext. peut être augmentée	😊 😊
PT	- traite les PT de nez de dalle et de refends - simplifie l'isolation au niveau des menuiseries : pas besoin de retour (isolant des 2 côtés)	😊 😊
Confort été	Perte de l'inertie du mur	☹️
Étanch. air	Faite par le béton (banché)	😊
Faisabilité technique	- ITE : épaisseur + faible $\Rightarrow$ mise en œuvre + facile ; utilisation possible d'autres types d'isolants que polyst. - ITI : meilleur rapport shon / shab ; pas de réservations à faire dans béton (câbles)	😊 😊
NRJ grise	530 MJ/m <sup>2</sup>	☹️
Chgt clim.	0.7 kgCO <sub>2</sub> eq/an/m <sup>2</sup>	☹️
Coût	200 -220 €/m <sup>2</sup>	☹️

## Façade porteuse ITI + ITE



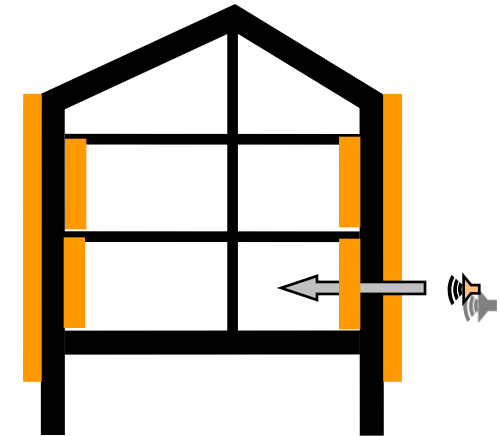
Autre possibilité que le béton  
 $\Rightarrow$  Isolation thermique répartie  
(structure + isolation)



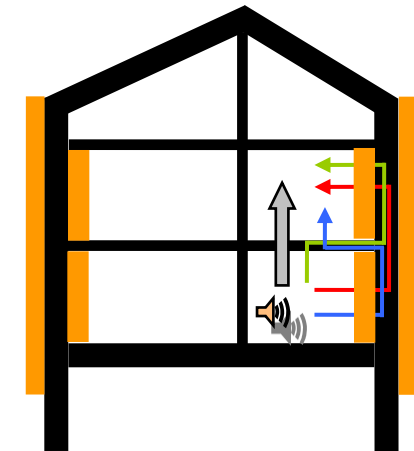


**Façade porteuse**  
**ITE+ITI : Impact acoustique**

Amélioration de l'affaiblissement acoustique	Attention il faudra ici disposer des deux $\Delta R$ (intérieur et extérieur) par rapport au mur support : - Peu de données en France sur ITE - Probablement très négatif si ITE et ITI thermique uniquement	☹️
Isolement acoustique de façade	- Zone calme : L'ITI+ITE ont peu d'impact - Zone bruyante : Si les $\Delta R$ de l'ITE et de l'ITI sont négatifs il pourra y avoir un impact négatif	☹️
Isolement acoustique intérieur	Neuf et rénovation : Idem ITI	



Isolement Acoustique de façade

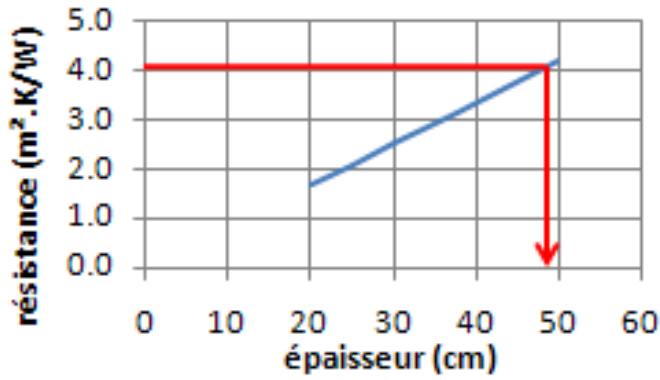
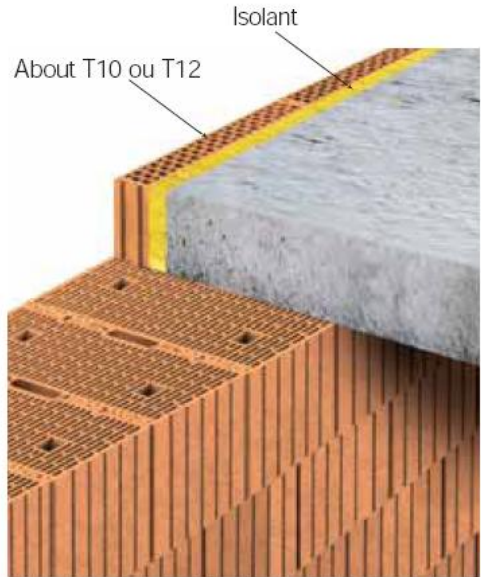
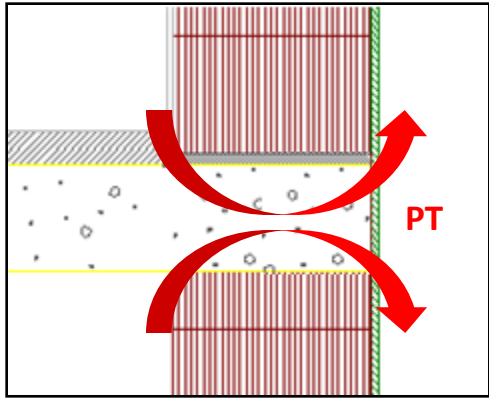


Isolement Acoustique intérieur

Bon compromis thermique et acoustique si l'ITI est thermo-acoustique

Faisabilité Pratique	- Uniquement pour le neuf	😊
	- Pratique, tout en 1	😊
	- Nécessite un RME	😞
	- Calepinage très rigoureux	😞
	- Dimensions fonction fabricant - Peu d'entreprises	😞
Épaisseur mur	$R_{th} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \Rightarrow 50 \text{ cm}$ de monomur (= épaisseur maxi)	😞
PT	- Nombreux PT(mur/plancher...) - Possibilité de les traiter en partie (isolant en nez de dalle)	😞 😊
Confort été	Confort d'été : déphasage important (8h pour 50 cm)	😊
Étanch. air	Variable selon qualité mise en œuvre (défauts à la pose)	😊
Faisabilité technique	- R+3 maxi (structure)	😞
	- sismique : ajout poteaux béton	😞
	- 50 cm : pénibilité de mise en œuvre, temps de pose...	😞
	- bon degré coupe feu	😊
NRJ grise	Béton cellulaire : 690 MJ/m <sup>2</sup> Brique alvéolaire : 1250 MJ/m <sup>2</sup>	😊 😞
Chgt clim.	Béton cell. : 0.8 kgCO <sub>2</sub> /an/m <sup>2</sup> Brique alv. : 0.7 kgCO <sub>2</sub> /an/m <sup>2</sup>	😞 😞
Coût	200-220 €/m <sup>2</sup> + gros surcoût fenêtres	😊

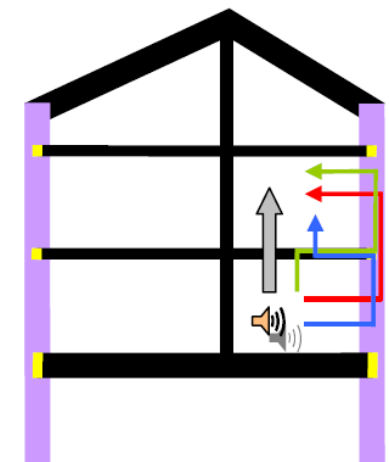
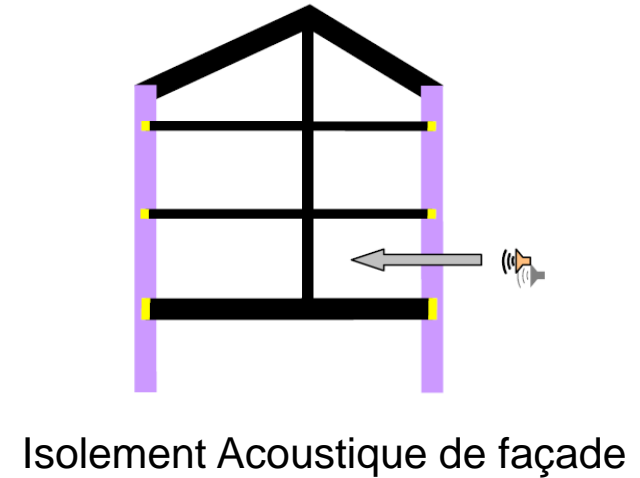
## Façade porteuse ITR



Épaisseur du mur trop importante pour arriver à une performance thermique élevée  
=> Ajouter de l'isolant intérieur ?

**Façade porteuse**  
**Isolation répartie (ITR) : Impact**  
**acoustique**

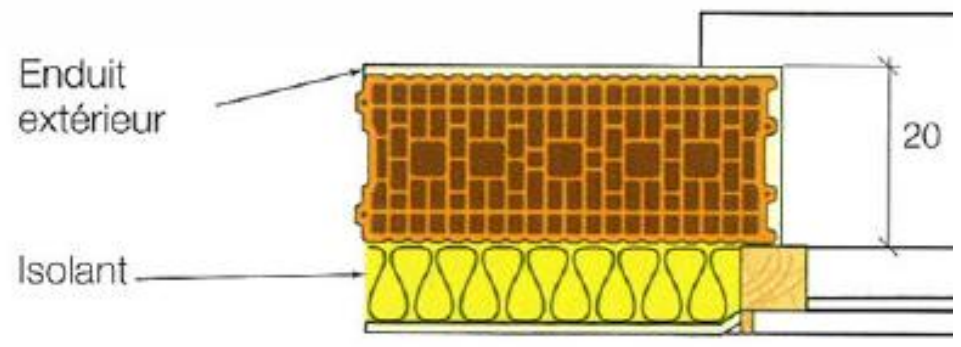
Indice d'affaiblissement acoustique	R <sub>w</sub> +C <sub>tr</sub> généralement compris entre 38 et 45dB	☹️
Isolement acoustique de façade	- Zone calme : L'ITR a peu d'impact - Zone bruyante : le R <sub>w</sub> +C <sub>tr</sub> de l'ITR pourra avoir un impact	☹️ ☹️
Isolement acoustique intérieur	Neuf : - Il existe quelques solutions pour l'isolement de 53dB en respectant des mises en œuvres spécifiques (attention il n'y a pas de solutions validées actuellement pour des épaisseurs de 50cm) - Pour les isolements supérieurs il y a nécessité d'un traitement complémentaire intérieur.	😊 ☹️



L'indice d'affaiblissement « limité » des ITR couplés à des isolement latéraux défavorables complique l'utilisation de ces procédés en collectif => Utilisation d'un traitement complémentaire par un ITI thermo acoustique?

Faisabilité Pratique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uniquement pour le neuf</li> <li>- Perd l'aspect « tout en 1 »</li> <li>- Nécessite un RME</li> <li>- Possibilité de couper briques, mise en œuvre simple</li> </ul>	<p>☹️</p> <p>☹️</p> <p>😊</p>
Épaisseur mur	$R_{th} = 4 \text{ m}^2.K/W \Rightarrow$ brique monomur de 20 cm + 10 cm d'isolant int. (laine)	😊
PT	Même pb que monomur seul : - Nombreux PT (liaisons mur / plancher, refends...) ; - Possibilité de les traiter en partie (isolant en nez de dalle)	<p>☹️</p> <p>☹️</p>
Confort été	Pas d'inertie des murs	☹️
Étanch. air	Variable selon qualité mise en œuvre (défauts à la pose)	☹️
Faisabilité technique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- R+3 maxi (structure)</li> <li>- sismique : ajout poteaux béton</li> <li>- bon degré coupe feu</li> </ul>	<p>☹️</p> <p>☹️</p> <p>😊</p>
NRJ grise	Béton cellulaire : 460 MJ/m <sup>2</sup> Brique alvéolaire : 660MJ/m <sup>2</sup>	<p>☹️</p> <p>☹️</p>
Chgt clim.	Béton cell. : 0.5 kgCO <sub>2</sub> /an/m <sup>2</sup> Brique alv. : 0.4 kgCO <sub>2</sub> /an/m <sup>2</sup>	<p>☹️</p> <p>☹️</p>
Coût	120-150 €/m <sup>2</sup>	😊

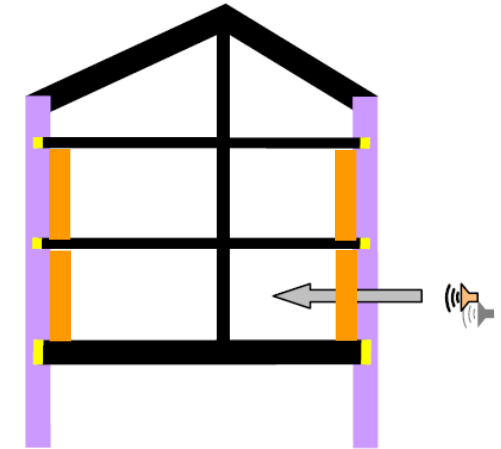
**Façade porteuse  
ITR + ITI**



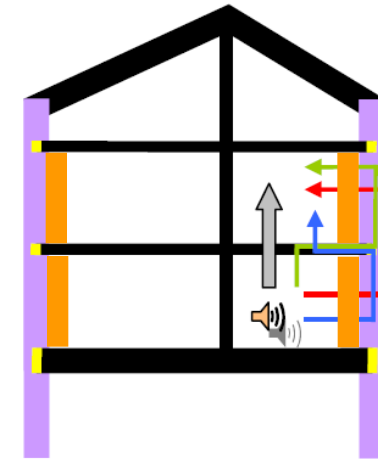
Problème récurrent d'épaisseur globale du mur  
=> Façade légère

**Façade porteuse**  
**ITR+ITI : Impact acoustique**

<p>Indice d'affaiblissement acoustique</p>	<p><math>R_w + C_{tr}</math> généralement compris entre 38 et 45dB, performance qui pourra être améliorée ou dégradée par un ITI thermique ou thermo-acoustique.</p>	<p>☹️</p>
<p>Isolement acoustique de façade</p>	<p>- Zone calme : L'ITR+ITI a peu d'impact - Zone bruyante : le <math>R_w + C_{tr}</math> de l'ITR + ITI pourra avoir un impact principalement si l'ITI est uniquement thermique</p>	<p>☹️ ☹️</p>
<p>Isolement acoustique intérieur</p>	<p>Neuf : - Avec un ITI thermo acoustique, de nombreuses configurations seront de nouveau viables (/ITR seul) - Avec un ITI Thermique il y aura encore moins de solutions réglementaires (/ITR seul)</p>	<p>😊 ☹️</p>



Isolement Acoustique de façade

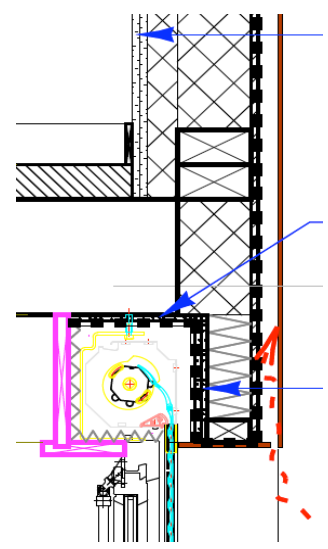
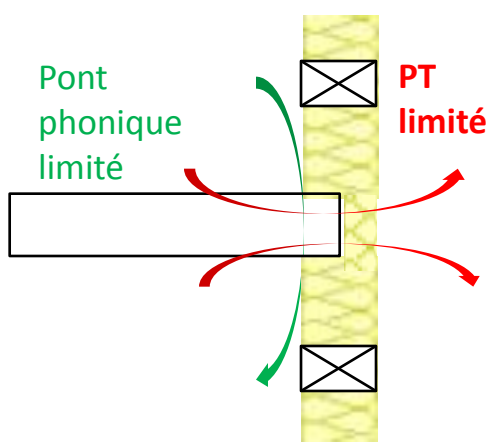
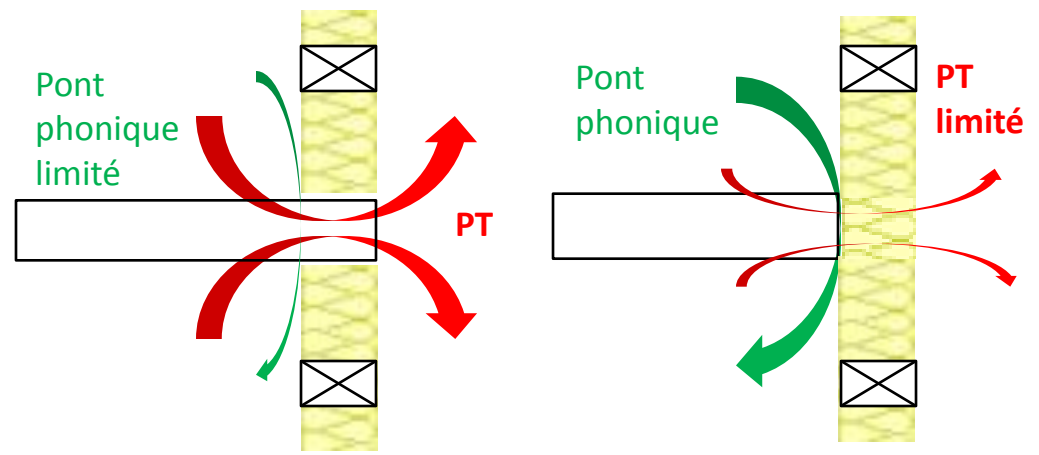


Isolement Acoustique intérieur

Bon compromis thermique et acoustique si l'ITI est thermo-acoustique

Faisabilité Pratique	- Liberté architecturale (disposition des fenêtres...) - Mise en œuvre plus facile (préfabrication, filière sèche) - Façade + fine => gain SU	😊 😊 😊
Epaisseur mur	- $R_{th} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} \Rightarrow$ 16 cm d'isolant (laine) Courant : 12 cm Max : jusqu'à 16 voire 20 cm	😊 😊
PT	- PT structurels (lattage) (liés au mode constructif) - PT plancher / refends (problématique acoustique / thermique ; cf. schémas)	😞 😞
Confort été	pas d'inertie dans les murs $\Rightarrow$ Recours à des isolants plus denses (laine, ouate $\Rightarrow$ coût)	😞
Étanch. air	Mise en œuvre : gaines / prises $\Rightarrow$ frein vapeur percé	😞
Faisabilité technique	Rapidité de pose, délais limités	😊
NRJ grise	140 MJ/m <sup>2</sup>	😊
Chgt clim.	0.2 kgCO <sub>2</sub> eq/an/m <sup>2</sup>	😊
Coût	250 €/m <sup>2</sup>	😞

## Façade légère Simple ossature

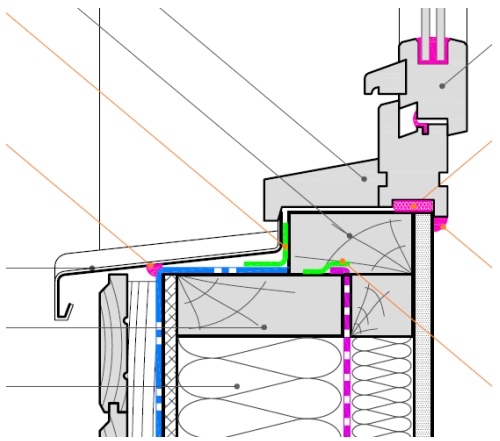
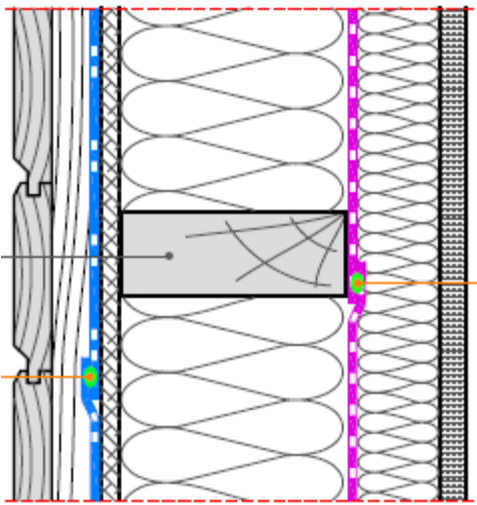
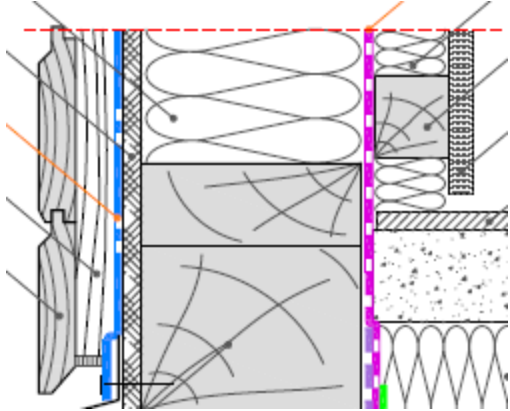


PT au niveau des ossatures       $\Rightarrow$  double ossature ?



Faisabilité Pratique	- Mise en œuvre plus facile (préfabrication ; filière sèche) - Montants à reconcevoir en fonction de l'épaisseur d'isolant	😊
Epaisseur mur	- $R_{th} = 4 \text{ m}^2.K/W \Rightarrow$ 12 + 4 cm d'isolant - jusqu'à 30 cm d'isolant - jusqu'à 3 couches	😊 😊 😊
PT	- Traite en partie les PT structurels (lattice)	😊
Confort été	pas d'inertie dans les murs $\Rightarrow$ Recours à des isolants plus denses (laine, ouate $\Rightarrow$ coût)	😞
Étanch. air	Plus facile de ne pas percer pare vapeur que simple ossature	😞
Faisabilité technique	- Rapidité de pose, délais limités	😊
NRJ grise	140 MJ/m <sup>2</sup>	😊
Chgt clim.	0.2 kgCO <sub>2</sub> eq/an/m <sup>2</sup>	😊
Coût	300-380 €/m <sup>2</sup>	😞

## Façade légère Double ossature



*Façade légère*  
**Simple et double ossature : Impact  
acoustique**

Nous disposons de peu d'éléments sur ces principes constructifs ( $R_w(C;Ctr)$  et  $D_{n,f,w}(C;Ctr)$ ), voici cependant deux principes :

- L'utilisation d'isolants à cellules fermées (mousses,...) aura un effet négatif pour le comportement acoustique de la façade, privilégier des isolants poreux.
- L'utilisation d'une double ossature (la plus indépendante possible) avec un isolant poreux permettra la meilleure performance acoustique à la fois pour l'isolement de façade, mais aussi pour l'isolement latérale façade/façade.

La façade légère à double ossature (si possible indépendante) avec un remplissage en matériaux poreux est un bon compromis  
Acoustique et Thermique



## Conclusion

	ITI	ITE	ITI + ITE	ITR		ITR + ITI		Légère ; simple ossature	Légère ; double ossature
				Béton cellulaire	Brique alvéolaire	Béton cellulaire	Brique alvéolaire		
épaisseur mur tel que $R_{th} = 4$ $m^2.K/W$ (cm)	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>50</b>		<b>30</b>		<b>16</b>	<b>16</b>
énergie grise (MJ/m <sup>2</sup> )	510	560	530	690	1250	460	660	140	140
Chgt clim. (kgCO <sub>2</sub> /an/m <sup>2</sup> )	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.5	0.4	0.2	0.2
Capacité à évoluer (performances thermiques)	<b>Non</b>	<b>Oui</b>	<b>Oui</b>	<b>Non</b>		<b>Oui</b>		<b>Non</b>	<b>Oui</b>
	-	<b>jusqu'à 20-30 cm d'isolant</b>	↗ <b>épaisseur d'isolant int + ext</b>	-		↗ <b>épaisseur d'isolant intérieur</b>		-	<b>jusqu'à 30 cm d'isolant voire plus</b>