

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 m² de façade (parties courantes)

hors transport (sortie d'usine)

donnés pour une résistance thermique équivalente de 4 m².K/W

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

donnés pour une résistance thermique équivalente de 4 m².K/W



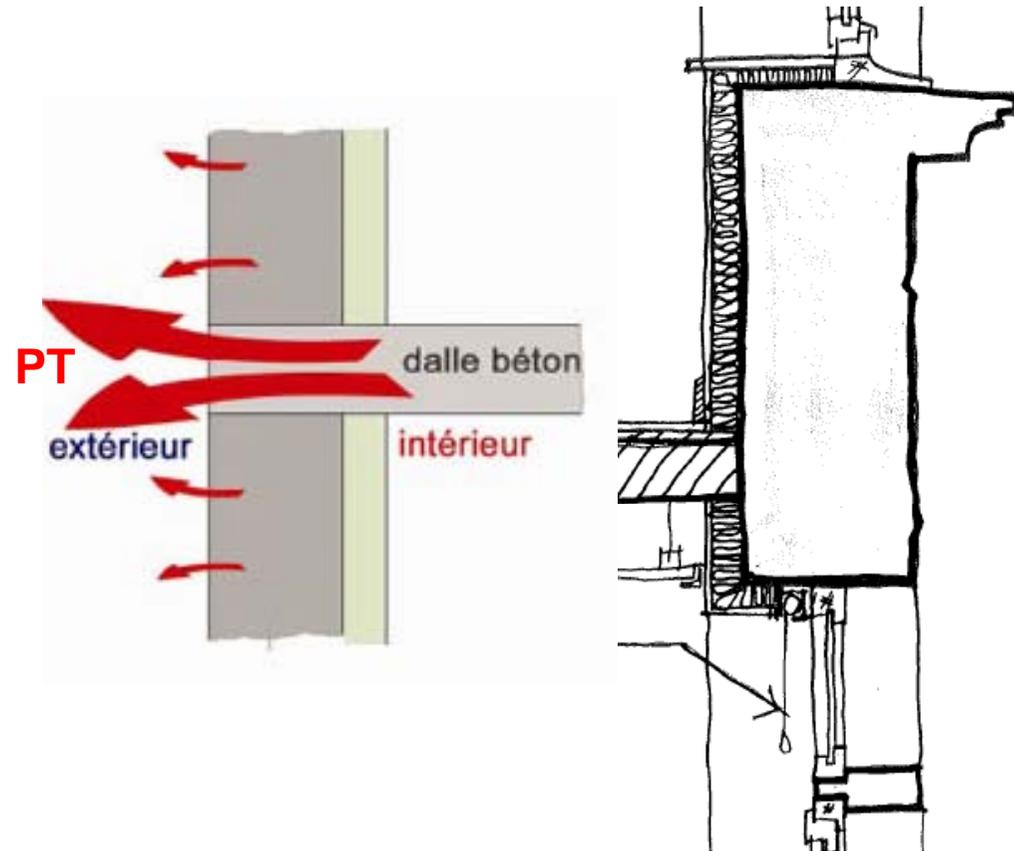
Bureau Michel FORGUE
Ingénieurs Conseils
Economie du Bâtiment

❖ **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	😊 😊 😞
Epaisseur mur	$R_{th} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ => 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 ²	😊
Chgt clim.	0.7 kgCO ₂ eq/an/m ²	😞
Coût	165 €/m ²	😊

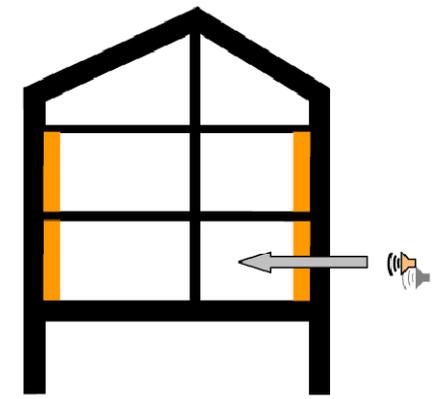
Façade porteuse Isolation par l'intérieur (ITI)



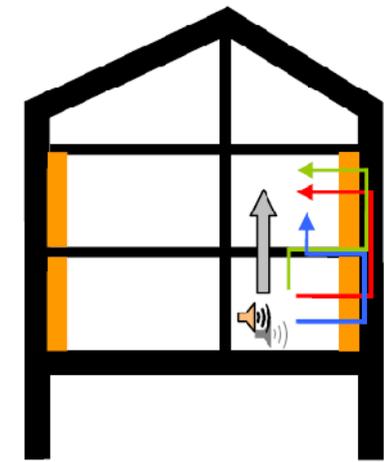
Performance thermique limitée (PT élevés)
=> Isolation par l'extérieur ?

Amélioration de l'affaiblissement acoustique (ΔR)	<ul style="list-style-type: none"> - Doublage thermo-acoustique (épaisseur du primitif $\geq 60\text{mm}$), à base de laine minérale ou de PSE élastifié, il aura un ΔR positif - Doublage thermique à base de mousse rigide (PSE, XPS, PU,...), il aura un ΔR négatif 	 
Isolement acoustique de façade	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Neuf :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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	<p>Rénovation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La pose d'un ITI thermique peut dégrader la situation existante - La pose d'un ITI thermo acoustique peut améliorer la situation existante 	 

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



Isolement Acoustique de façade

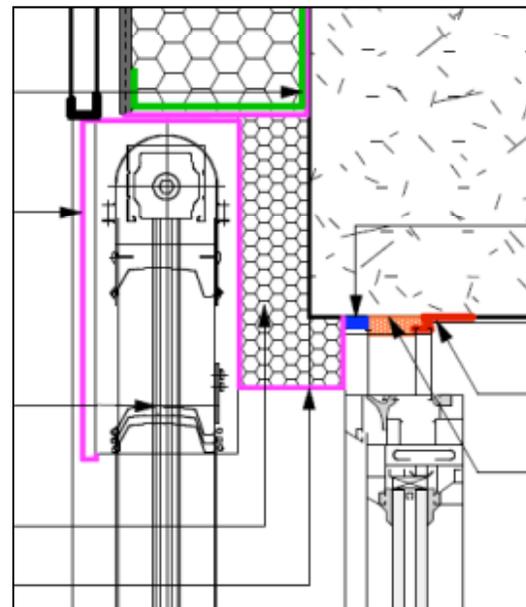
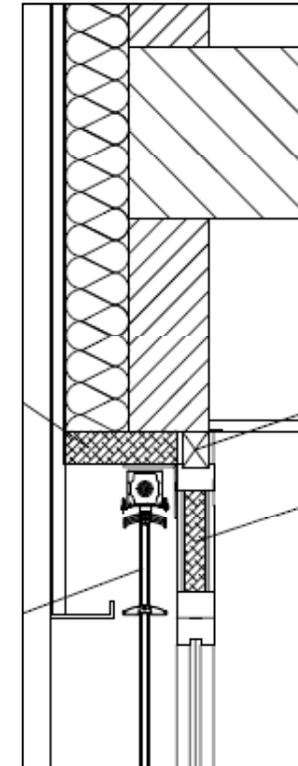
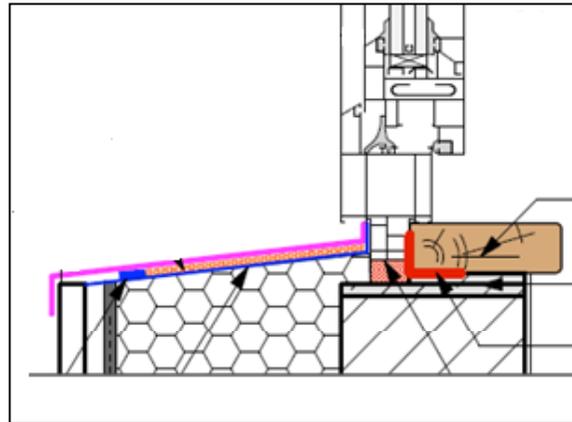


Isolement Acoustique intérieur

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	😊 😊 😞 😞
Épaisseur mur	$R_{th} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} \Rightarrow$ 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 ²	😊
Chgt clim.	0.7 kgCO ₂ eq/an/m ²	😞
Coût	Avec RME/RPE : 200-220 €/m ² Avec bardage : 260-300 €/m ²	😊 😞

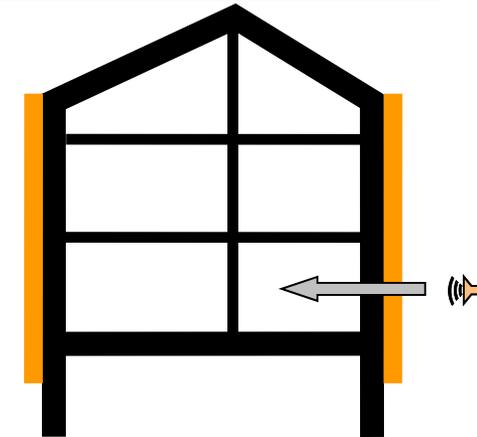
Façade porteuse Isolation par l'extérieur (ITE)



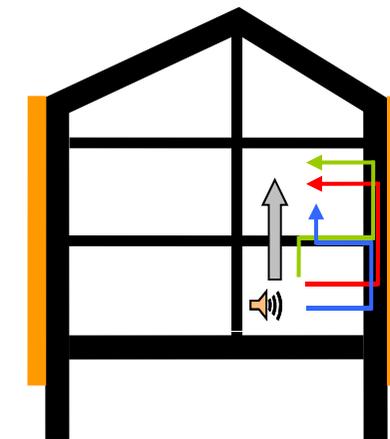
Grande épaisseur d'isolant : complexe
=> Isolation intérieure + extérieure

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

Amélioration de l'affaiblissement acoustique ΔR	- 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	😊



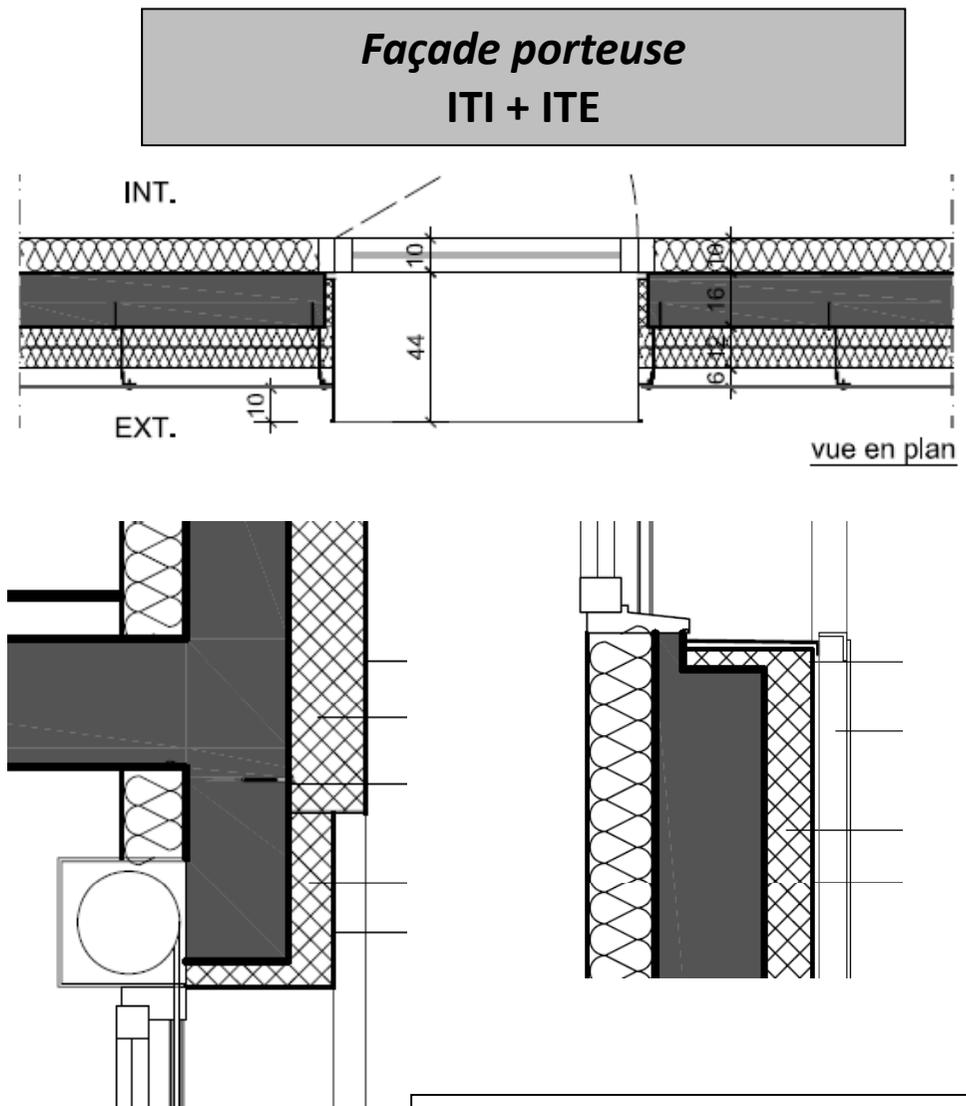
Isolement Acoustique de façade



Isolement Acoustique intérieur

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

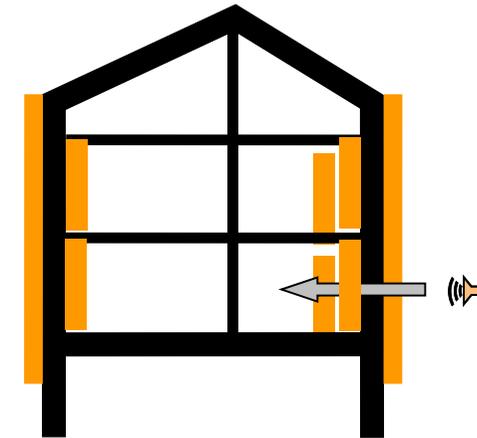
Faisabilité Pratique	2 interventions (intérieur + extérieur)	☹️
Épaisseur mur	- $R_{th} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W} \Rightarrow$ 8 cm isolant intérieur + 18 cm béton + 8 cm isolant extérieur - Épaisseur isolant int. et ext. peut être augmentée	😊 😊
PT	- traite les PT de nez de dalle et de 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 ²	☹️
Chgt clim.	0.7 kgCO ₂ eq/an/m ²	☹️
Coût	200 -220 €/m ²	☹️



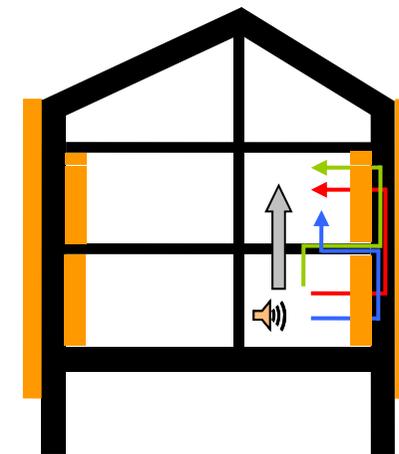
Autre possibilité que le béton
 \Rightarrow Isolation thermique répartie
(structure + isolation)

Façade porteuse
ITE+ITI : Impact acoustique

Amélioration de l'affaiblissement acoustique	Attention il faudra ici disposer des deux ΔR (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 ΔR 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

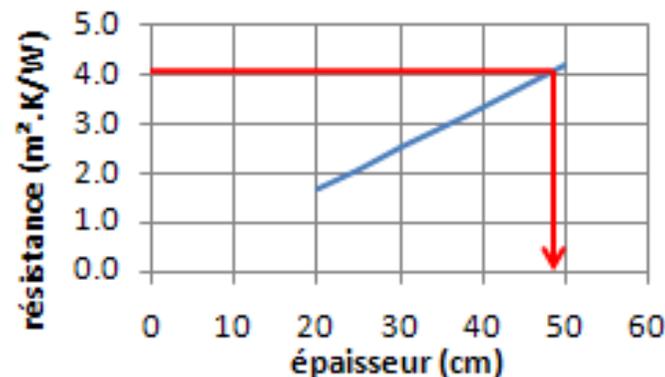
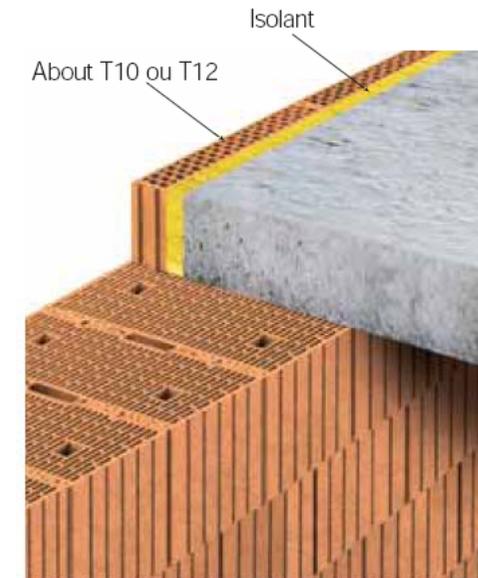
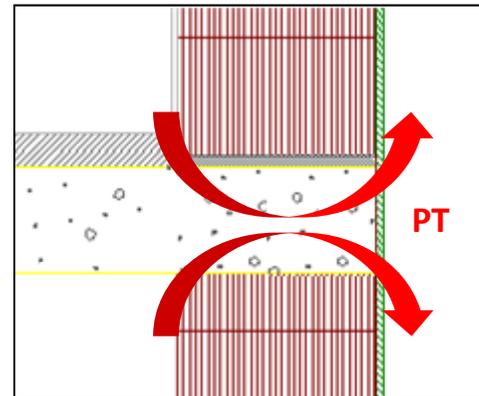


Isolement Acoustique intérieur

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	$R_{th} = 4 \text{ m}^2.K/W \Rightarrow 50 \text{ cm}$ de monmur (= 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 ²	😊
	Brique alvéolaire : 1250 MJ/m ²	😞
Chgt clim.	Béton cell. : 0.8 kgCO ₂ /an/m ²	😞
	Brique alv. : 0.7 kgCO ₂ /an/m ²	😞
Coût	200-220 €/m ² + gros surcoût fenêtres	😊

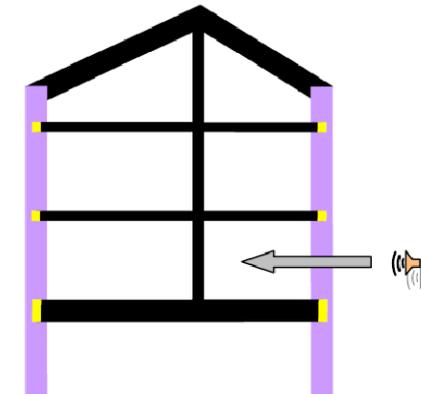
Façade porteuse ITR



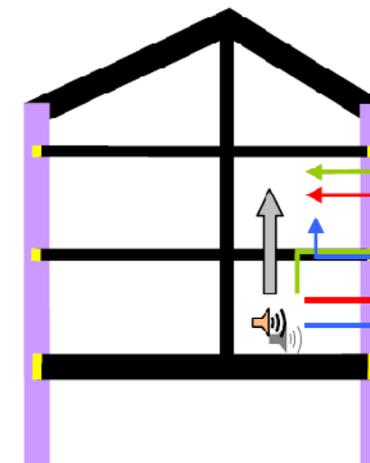
Épaisseur du mur trop importante pour arriver à une performance thermique élevée
=> Ajouter de l'isolant intérieur ?

Façade porteuse
Isolation répartie (ITR) : Impact
acoustique

Indice d'affaiblissement acoustique	Rw+Ctr généralement compris entre 38 et 45dB	☹️
Isolement acoustique de façade	- Zone calme : L'ITR a peu d'impact - Zone bruyante : le R_w+Ctr 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.	😊 ☹️



Isolement Acoustique de façade

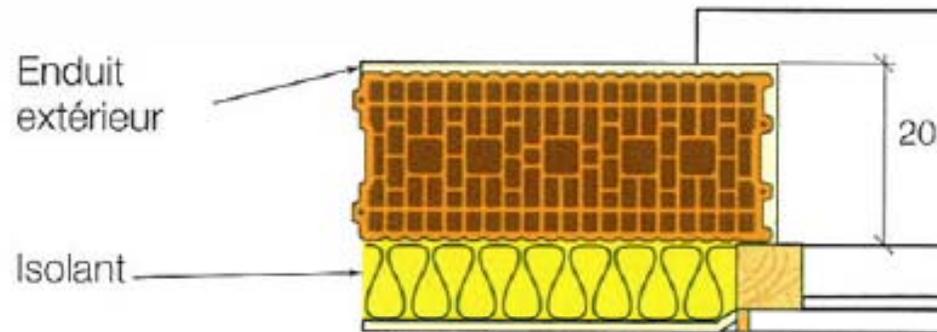


Isolement Acoustique intérieur

L'indice d'affaiblissement « moyen » des ITR couplés a 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"> - Uniquement pour le neuf - Perd l'aspect « tout en 1 » - Nécessite un RME - Possibilité de couper briques, mise en œuvre simple 	<p>☹</p> <p>☹</p> <p>☺</p>
Épaisseur mur	$R_{th} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \Rightarrow$ brique monomur de 20 cm + 10 cm d'isolant int. (laine)	☺
PT	Même pb que monomur seul : <ul style="list-style-type: none"> - 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"> - R+3 maxi (structure) - sismique : ajout poteaux béton - bon degré coupe feu 	<p>☹</p> <p>☹</p> <p>☺</p>
NRJ grise	Béton cellulaire : 460 MJ/m^2 Brique alvéolaire : 660 MJ/m^2	<p>☹</p> <p>☹</p>
Chgt clim.	Béton cell. : $0.5 \text{ kgCO}_2/\text{an/m}^2$ Brique alv. : $0.4 \text{ kgCO}_2/\text{an/m}^2$	<p>☹</p> <p>☹</p>
Coût	120-150 €/m ²	☺

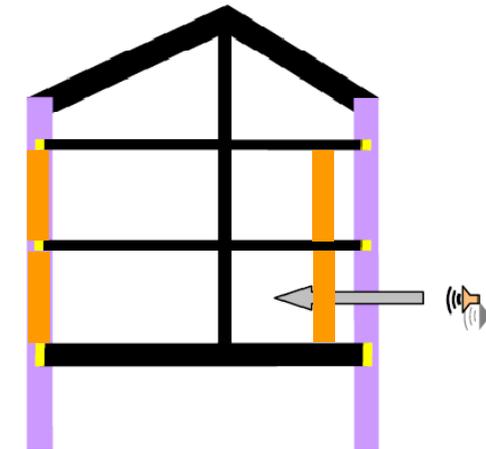
Façade porteuse ITR + ITI



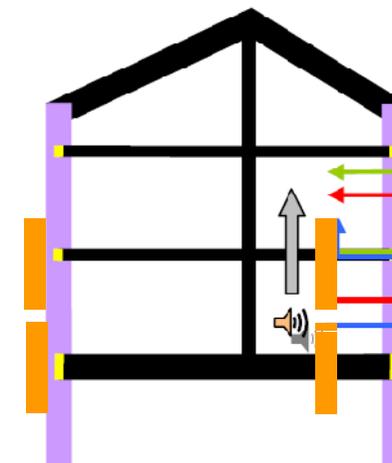
Problème récurrent d'épaisseur globale du mur
=> Façade légère

Façade porteuse
ITR+ITI : Impact acoustique

Indice d'affaiblissement acoustique	$R_w + C_{tr}$ généralement compris entre 38 et 45dB, performance qui pourra être améliorée ou dégradée par un ITI thermique ou thermo-acoustique.	☹️
Isolement acoustique de façade	- Zone calme : L'ITR+ITI a peu d'impact - Zone bruyante : le $R_w + C_{tr}$ de l'ITR + ITI pourra avoir un impact principalement si l'ITI est uniquement thermique	☹️ ☹️
Isolement acoustique intérieur	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)	😊 ☹️



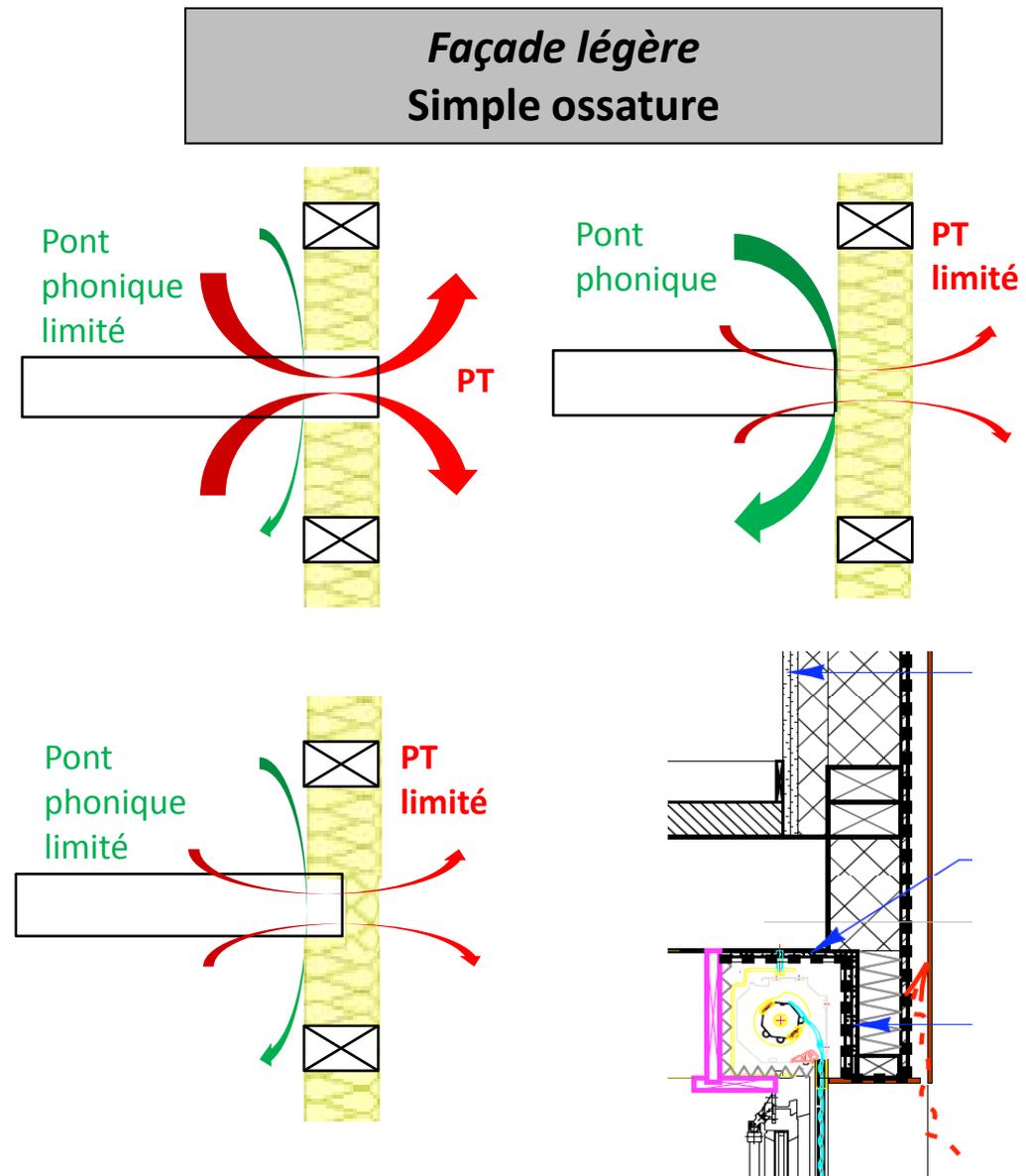
Isolement Acoustique de façade



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	- $R_{th} = 4 \text{ m}^2.K/W \Rightarrow$ 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 => Recours à des isolants plus denses (laine, ouate => coût)	😞
Étanch. air	Mise en œuvre : gaines / prises => frein vapeur percé	😞
Faisabilité technique	Rapidité de pose, délais limités	😊
NRJ grise	140 MJ/m ²	😊
Chgt clim.	0.2 kgCO ₂ eq/an/m ²	😊
Coût	250 €/m ²	😞

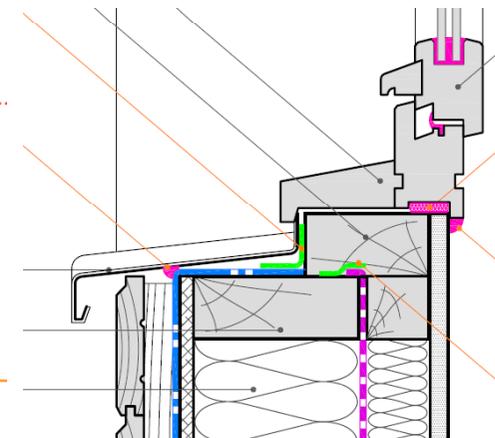
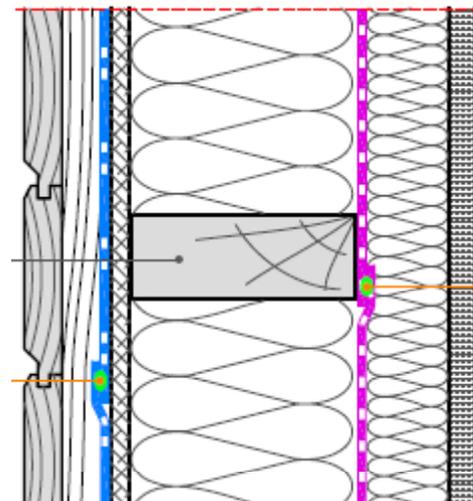
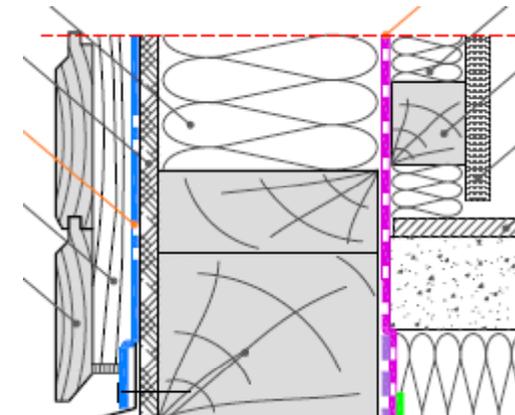


PT au niveau des ossatures => double ossature ?



Faisabilité Pratique	- Mise en œuvre plus facile (préfabrication ; filière sèche) - Montants à reconcevoir en fonction de l'épaisseur d'isolant	😊
Épaisseur 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 ²	😊
Chgt clim.	0.2 kgCO ₂ eq/an/m ²	😊
Coût	300-380 €/m ²	😞

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)	34	34	34	50		30		16	16
énergie grise (MJ/m ²)	510	560	530	690	1250	460	660	140	140
Chgt clim. (kgCO ₂ /an/m ²)	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.5	0.4	0.2	0.2
Capacité à évoluer (performances thermiques)	Non	Oui	Oui	Non		Oui		Non	Oui
	-	jusqu'à 20-30 cm d'isolant	↗ épaisseur d'isolant int + ext	-		↗ épaisseur d'isolant intérieur		-	jusqu'à 30 cm d'isolant voire plus