

Sommaire

Introduction

1. Historique

2. Caractéristiques physiques et mécaniques

3. Maîtrise de l'ambiance

4. Environnement et développement durable

5. Contraintes mécaniques admissibles

6. Caractéristiques thermiques de la maçonnerie

7. Acoustique

8. Résistance au feu

9. Système de construction

10. Conception du gros œuvre

11. Finitions

Le béton cellulaire, ou Thermopierre, matériaux de construction



Le Thermopierre, ou béton cellulaire, fabriqué par Xella, est un matériau de construction d'une grande souplesse d'utilisation qui permet aux professionnels du Bâtiment de répondre efficacement aux très nombreuses contraintes auxquelles ils doivent faire face dans l'exercice de leur métier.

Ce guide technique les y aidera.

Notre entreprise, consciente de la notoriété des marques SIPOREX et YTONG, les a réunies en une seule, symbole de l'alliance des savoir-faire des fabricants historiques. L'ensemble du Système de construction en Thermopierre de Xella s'appelle dorénavant YTONG-SIPOREX.

Les professionnels pourront ainsi bénéficier des performances exceptionnelles du Thermopierre grâce aux solutions du Système de construction YTONG-SIPOREX pour toutes leurs réalisations en neuf ou en rénovation, projets résidentiels ou non.

1. Historique

1.1. Composition du matériaup. 2

1.2. Fabricationp. 3

1.3. Documents de référence à consulterp. 4

1. Historique



Le Thermopierre, ou béton cellulaire, tel que nous le connaissons, est né de la combinaison de deux inventions antérieures : l'autoclavage du mélange sable/chaux/eau et l'expansion du mélange sable/ciment/chaux/eau.

La première invention, qui date de 1880, est attribuée à W. Michaelis. Ce dernier a mis en contact un mélange de chaux, de sable et d'eau avec de la vapeur d'eau saturée sous haute pression, et est ainsi parvenu à donner naissance à des silicates de calcium hydratés hydrorésistants.

La seconde invention concerne l'expansion des mortiers. En 1889, cette invention a été octroyée à E. Hoffmann.

En 1924, le Suédois J.A. Eriksson débute la production et la commercialisation du Thermopierre, ou béton cellulaire, composé d'un mélange de sable fin, de chaux et d'eau, auquel il ajoute une petite quantité de poudre de métal. Trois ans plus tard, il combine ce processus à l'autoclave, tel que décrit dans le brevet de Michaelis.

Enfin, une troisième étape a permis de parvenir au Thermopierre d'aujourd'hui : la fabrication en série d'éléments de petits et de grands formats, ainsi que celle d'éléments armés (des armatures métalliques protégées contre la corrosion sont déposées dans le moule avant la coulée). Pour ce faire, une méthode de production a été développée après 1945. Les produits sont coupés aux dimensions souhaitées au moyen de fins fils d'acier très tendus, ce qui permet d'obtenir des produits finis de grande précision.



1.1. Composition du matériau

Les matières premières nécessaires à la fabrication du Thermopierre sont :

- Sable blanc très pur (95% de silice)
- Chaux
- Ciment
- Eau
- Agent d'expansion.

Toutes ces matières premières sont présentes en abondance dans la nature.

En présence d'eau, la chaux réagit avec la silice du sable pour former des silicates de calcium hydratés (tobermorite).

Chaux et ciment servent de liants.

L'agent d'expansion, sous forme de poudre extrêmement fine (env. 50 µm) en très faible quantité ($\pm 0,05\%$), sert de levain en cours de fabrication pour faire lever la pâte et créer les cellules qui se remplissent rapidement d'air.

En milieu alcalin, la réaction chimique à l'origine de l'expansion du Thermopierre est :



L'aluminium fixé est transformé en alumine et ne présente aucun danger (les oxydes d'aluminium sont stables et représentent 7% de notre écorce terrestre).

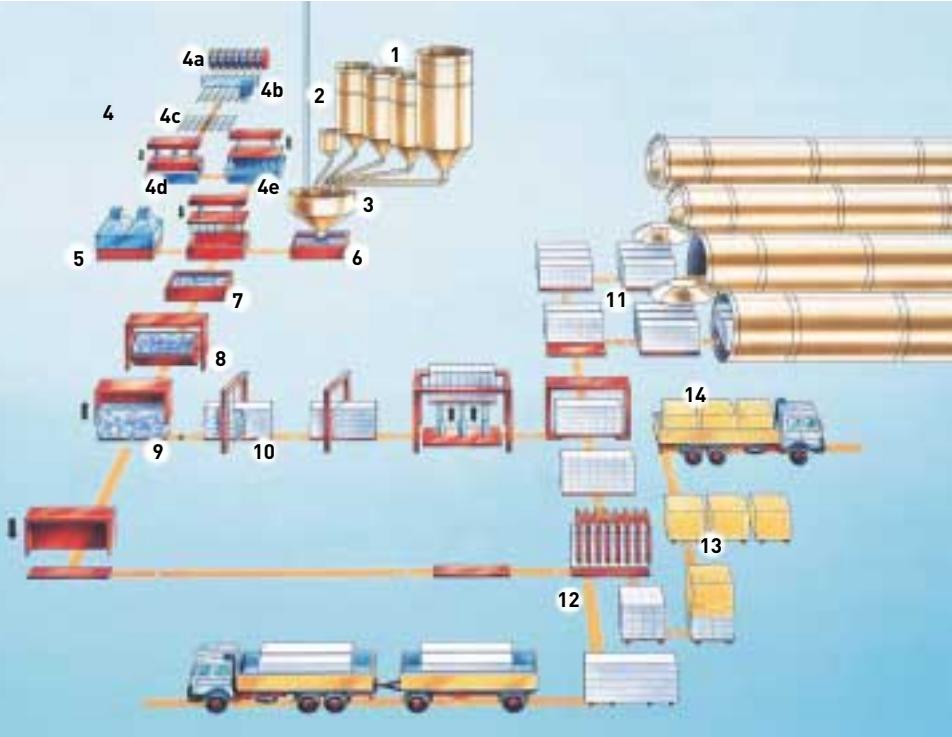
En moyenne, la proportion de matières premières utilisées lors de la fabrication est la suivante :

sable de quartz siliceux $\simeq 70\%$,
ciment $\simeq 16\%$, chaux $\simeq 14\%$,
agent d'expansion $\simeq 0,05\%$, eau.

Les pourcentages varient légèrement, mais de façon précise, en fonction de la masse volumique souhaitée.

Exemple d'analyse d'un échantillon de Thermopierre

SiO₂ (Dioxyde de silicium, comme quartz)	60,52
Al₂O₃ (Trioxyde d'aluminium, comme alumine)	2,29
Fe₂O₃ (Trioxyde de fer, comme rouille)	0,77
MnO (Oxyde de manganèse)	0,02
MgO (Oxyde de magnésium)	0,23
CaO (Oxyde de calcium, comme chaux vive)	25,61
Na₂O (Oxyde de sodium)	0,05
K₂O (Oxyde de potassium)	0,78
SO₃ (Trioxyde de soufre)	1,33
Perte au feu	8,43



1. Silo de stockage
2. Eau
3. Malaxeur
4. 5 séquences de préparation des armatures
 - 4a- Déroulage
 - 4b- Étirage soudage
 - 4c- Assemblage
 - 4d- Trempeage (anticorrosion)
 - 4e- Séchage
5. Préparation des moules
6. Coulée
7. Expansion durcissement
8. Basculement
9. Transbordement
10. Ligne de découpage avec :
 - Le rectifiage
 - La découpe horizontale
 - La découpe verticale
 - Le façonnage
11. Passage en autoclave
12. Tri, houssage et contrôle qualité
13. Mise en stock
14. Chargement

1.2. Fabrication

Le Thermopierre est fabriqué dans des unités de production hautement industrialisées.

Sa fabrication ne nécessite que peu d'énergie : 250 kW/h suffisent à produire 1 m³ de Thermopierre, ou béton cellulaire autoclavé, soit plusieurs fois moins que pour des briques pleines de terre cuite, et participe ainsi au respect de l'environnement.

La fabrication ne dégage aucun gaz毒ique, ne produit aucun déchet solide et ne pollue absolument pas l'eau. Les phases importantes de la fabrication sont :

- La préparation, le dosage et le malaxage des matières premières
- La fabrication et le traitement anticorrosion des armatures nécessaires à la production des éléments armés le cas échéant
- La préparation des moules
- La coulée, la levée et le durcissement de la pâte
- Le découpage et le profilage des produits
- Le passage en autoclave
- La palettisation et le houssage plastique.

Un mélange homogène des matières premières est d'abord coulé dans des moules.

Après quelques heures de repos, la matière acquiert une dureté telle qu'elle peut être démoulée : on parle à juste titre d'un "gâteau". Elle est alors découpée au moyen de fils en acier, soit dans le sens de la longueur s'il s'agit d'éléments armés, soit longitudinalement et transversalement s'il s'agit de blocs ou de carreaux.

Les produits semi-finis ainsi obtenus subissent ensuite un traitement thermique en autoclave, sous une pression d'environ 10 bars et à une température de 180°C environ, pendant 10 à 12h.

Dans ces conditions a lieu une autre réaction hygrothermique, au cours de laquelle le sable se lie à la chaux, formant des cristaux de géométrie et de composition bien particulières (tobermorite). C'est ce traitement thermique en autoclave qui confère au Thermopierre ses propriétés mécaniques définitives. La gamme des masses volumiques s'obtient en adaptant, de façon minutieuse et rigoureuse, le dosage des matières premières.

Chaque phase du processus de production est contrôlée par le laboratoire de l'usine. Ces contrôles commencent à l'arrivée des matières premières et se terminent sur les produits finis, chaque étape intermédiaire étant soumise à des tests de qualité. Les usines du groupe sont certifiées ISO 9002.



1.3. Documents de référence

à consulter

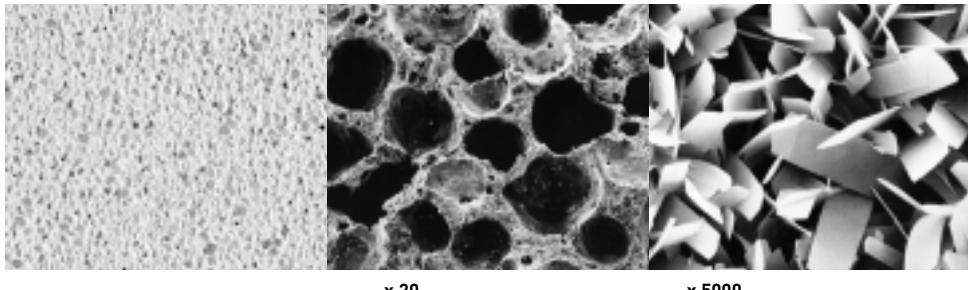
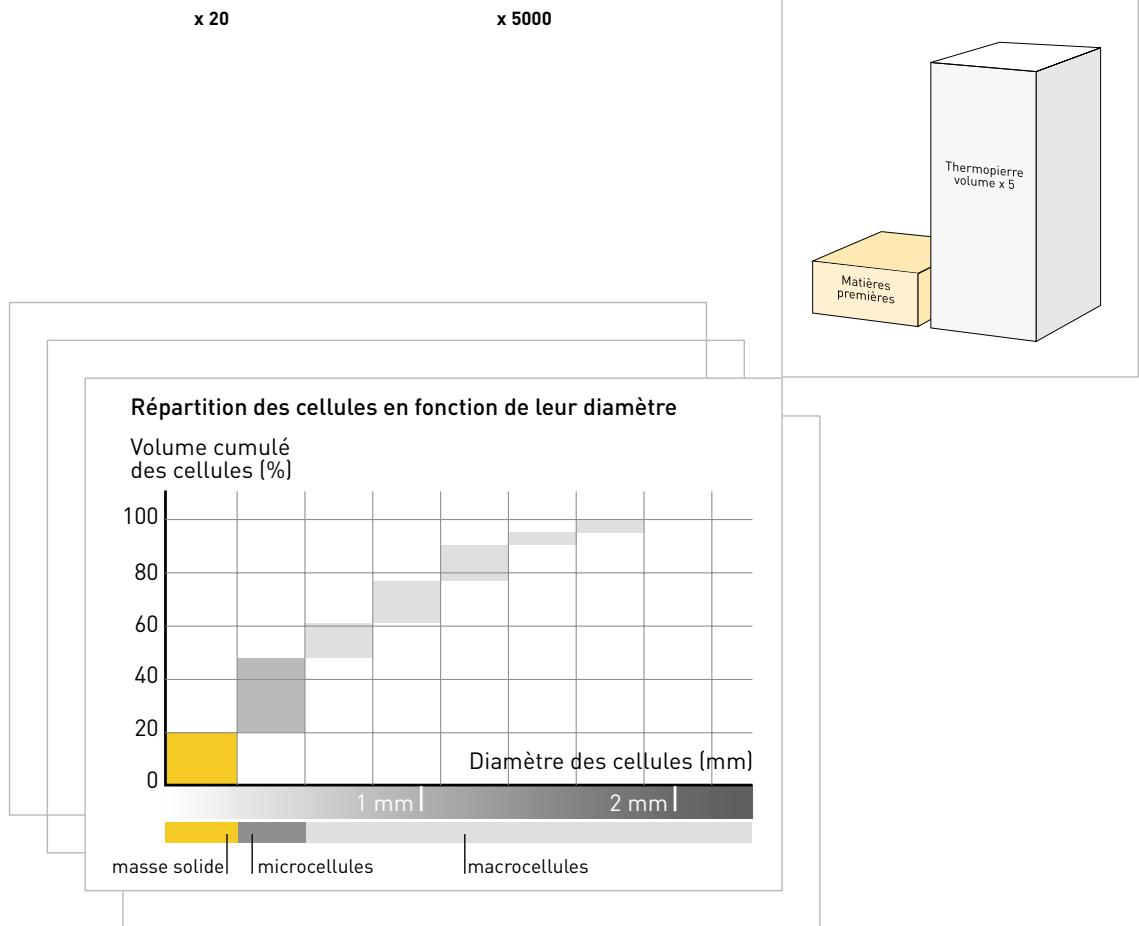
- Les solutions techniques pour le respect du règlement thermique en maison individuelle, source CSTB
- Règles de calcul Th-Bat de la réglementation thermique 2000
- DTU 20.1 Parois et murs en maçonnerie de petits éléments
- DTU 25.1 Travaux d'enduits intérieurs en plâtre
- DTU 26.1 Travaux d'enduits aux mortiers hydrauliques
- DTU 40 Couvertures et 20.12
- Cahier des Prescriptions Techniques des enduits monocouche
- Liste des certificats CSTBat des enduits monocouche d'imperméabilisation
- Norme NFEN 771-4 et additif national NFP 12-024-02
- Norme NFP 14-306 Blocs en béton cellulaire autoclavé pour murs et cloisons
- Normes NFP 06-001 Charges d'exploitation des bâtiments
- Normes XP01-010
- Avis techniques CSTB en cours de validité : plancher
- Avis techniques CSTB en cours de validité : toiture
- Avis techniques CSTB en cours de validité : mortier-colle
- Règles NV 65 annexe juin 1983 et modifiées déc 99

Cette liste non exhaustive est donnée à titre indicatif. Nous vous conseillons de consulter les fabricants pour de plus amples détails.

2. Caractéristiques physiques et mécaniques

2.1. Structure du Thermopierre	p. 1
2.2. Masse volumique et résistance à la compression	p. 2
2.3. Propriétés physiques	p. 3
2.3.1. Séchage et variations de dimensions en fonction de l'hygrométrie	p. 3
2.3.2. Variations dimensionnelles dues au durcissement	p. 3
2.3.3. Variations dimensionnelles en fonction de la température	p. 3
2.3.4. Diffusion de la vapeur [Régulation hygrométrique]	p. 4
2.3.5. Résistance aux agents chimiques	p. 4
2.3.6. Absorption d'eau	p. 4
2.3.7. Résistance au gel et au dégel	p. 5
2.3.8. Résistance au feu	p. 5
2.3.9. Conductivité thermique	p. 5
2.3.10. Inertie thermique	p. 5
2.3.11. Point de rosée	p. 6
2.3.12. Module de Young	p. 6
2.4. Tableau des données physiques	p. 6

2. Caractéristiques physiques et mécaniques

**x 20****x 5000**

2.1. Structure du Thermopierre

C'est la présence de nombreuses cellules minuscules qui détermine la structure du Thermopierre. Il est fabriqué en différentes masses volumiques pouvant varier entre 350 et 800 kg/m³ (béton ordinaire = 2400 kg/m³). Les cellules occupent 80% du volume total. On distingue deux sortes de cellules : les macrocellules (0,5 - 2 mm) et les microcellules formées lors de l'expansion d'air réparti dans la structure.

Pour le Thermopierre de masse volumique 500 kg/m³, la répartition en volume des cellules est de :

- Macrocellules 50%
- Microcellules capillaires réparties dans la masse solide 30%.

Les parties pleines représentent 20% du volume. 1 m³ de matières premières permet donc de produire 5 m³ de Thermopierre.

Cette très grande économie de matières premières est l'une des propriétés écologiques du Thermopierre.



2.2. Masse volumique et résistance à la compression

La norme NFP 14-306 (norme NFEN 771-4 et additif national NFP 12-024-02) relative aux blocs de béton cellulaire autoclavé définit des classes de résistance à la compression en fonction de masses volumiques nominales allant de 350 à 800 kg/m³.

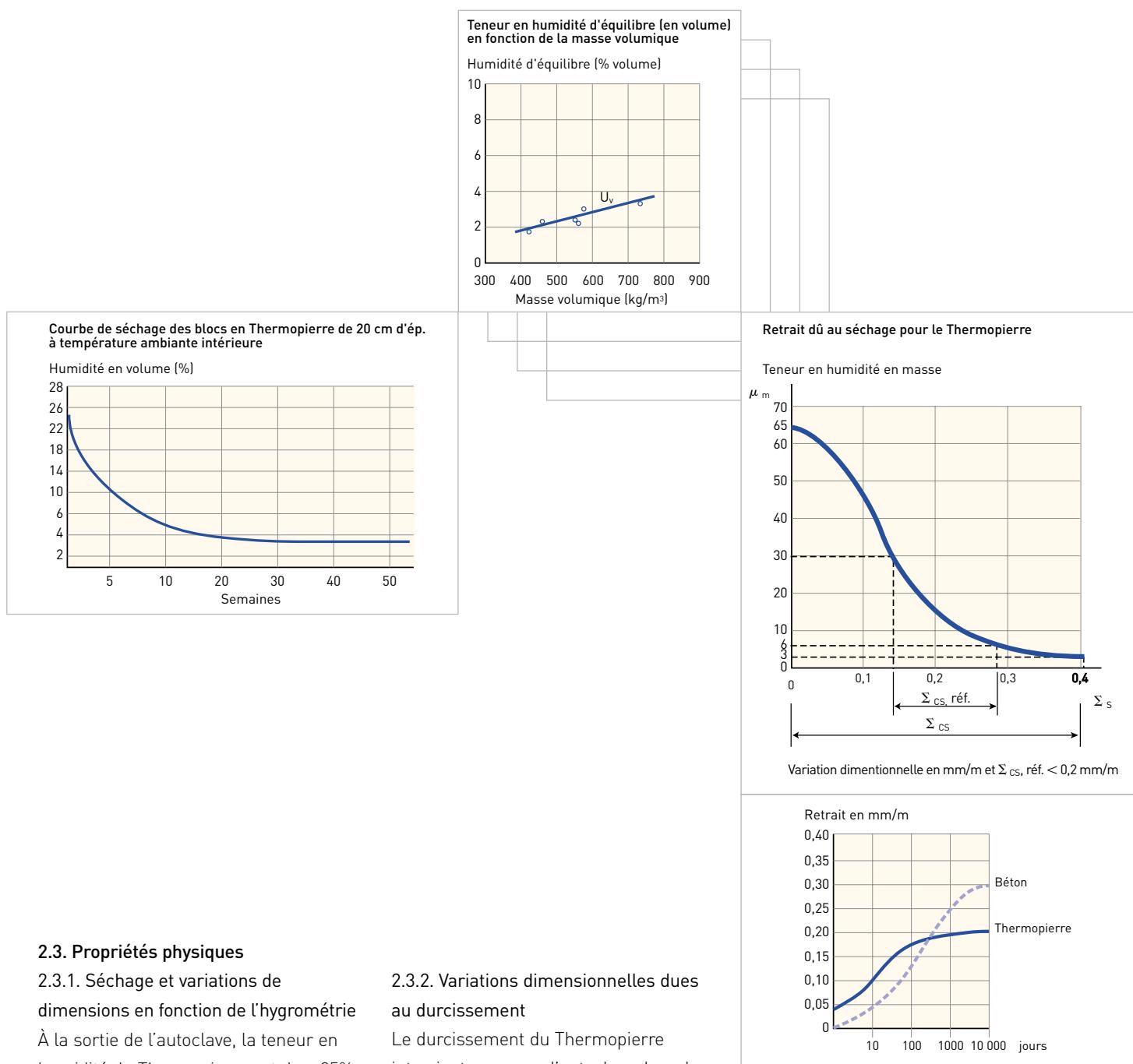
Le Thermopierre se caractérise par une résistance à la compression extrêmement élevée. Les essais réalisés en laboratoire font d'ailleurs apparaître des résistances mécaniques nettement supérieures à celles imposées par les normes.

La résistance des murs du Système de construction YTONG-SIPOREX en Thermopierre permet de réaliser des bâtiments collectifs de plusieurs niveaux.

Masse volumique et résistance à la compression courantes

Masse volumique MVn kg/m ³	Résistance à la compression Rcn kg/cm ²	MPa
400	30	3,0
450	35	3,5
500	40	4,0
550	45	4,5
600	50	5,0

Contrôles effectués par le CERIB délivrant la certification de la MARQUE NF



2.3. Propriétés physiques

2.3.1. Séchage et variations de dimensions en fonction de l'hygrométrie
À la sortie de l'autoclave, la teneur en humidité du Thermopierre est de $\approx 25\%$ en volume.

Comme l'indique le graphique ci-dessus, l'essentiel de l'humidité présente a disparu après 3 mois, alors que la construction en est encore au stade du gros œuvre.

Comme beaucoup de matériaux de construction, le Thermopierre présente un retrait dû au séchage. Dans son cas, il ne dépasse pas 0,2 mm/m.

2.3.2. Variations dimensionnelles dues au durcissement

Le durcissement du Thermopierre intervient en cours d'autoclave, lors de la formation des cristaux de silicate de calcium hydraté (tobermorite) qui lui donnent sa résistance caractéristique. Les variations dimensionnelles enregistrées au cours du cycle en autoclave sont négligeables ($< 1\mu/m$).

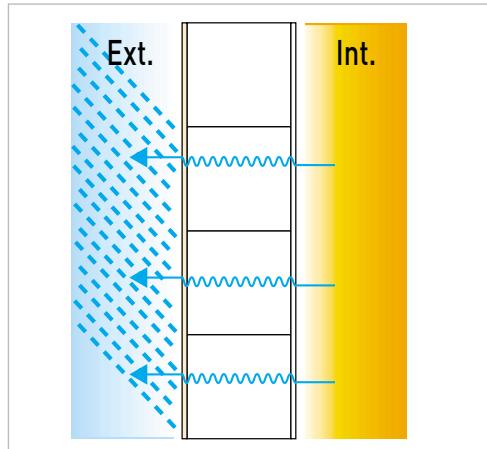
2.3.3. Variations dimensionnelles en fonction de la température

Le coefficient de dilatation linéaire d'un matériau est la variation de longueur d'un élément de 1 m pour 1 K de variation de température.

Pour le Thermopierre, ce coefficient de dilatation est de $8 \cdot 10^{-6} \text{ mK}^{-1}$.

Valeurs indicatives de différents coefficients de dilatation linéaire en mK^{-1}

Béton	$10 \cdot 10^{-6}$
Blocs silico-calcaire	$9 \cdot 10^{-6}$
Thermopierre	$8 \cdot 10^{-6}$
Brique	$5 \cdot 10^{-6}$
Granit	$5 \cdot 10^{-6}$



Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (μ)		
Matériau	sec	humide
Thermopierre	10	6
Terre cuite	16	10
Bois non résineux	200	50
Béton armé	130	80
Béton plein	150	120
Polystyrène expansé	60	60
Asphalte	50 000	50 000
PVC	50 000	50 000
Verre	∞	∞
Couv. métallique	∞	∞

Valeurs tabulées des règles TH.U
Réglementation Thermique 2000

2.3.4. Diffusion de la vapeur (Régulation hygrométrique)

La diffusion de vapeur au travers d'une paroi est provoquée par la différence de pression de vapeur entre les 2 côtés de cette paroi.

Tout matériau de construction oppose une certaine résistance à cette diffusion dénommée "coefficient de résistance à la diffusion de vapeur" de valeur μ . La valeur μ de l'air est de 1. Celle d'un matériau indique combien de fois la résistance à la diffusion de vapeur de ce matériau est supérieure à celle d'une couche d'air de la même épaisseur. Pour le Thermopierre, la valeur varie entre 5 et 7 en fonction de sa masse volumique. Celle d'un matériau étanche est infinie (∞).

Plus petite est la valeur μ , meilleure est la diffusion de vapeur, qui s'évacue alors plus rapidement. Le Thermopierre étant un matériau à valeur très basse, on dit de lui qu'il "respire".

Il constitue un véritable régulateur hygrométrique en adoucissant l'air sec par diffusion de vapeur ou en absorbant l'humidité excessive. Il contribue ainsi à créer un climat sain et agréable dans toute la maison.

2.3.5. Résistance aux agents chimiques

La résistance aux agents chimiques du Thermopierre est similaire à celle de tous les produits en béton.

2.3.6. Absorption d'eau

En contact direct avec l'eau (y compris la pluie), les matériaux absorbent par capillarité suivant la formule :

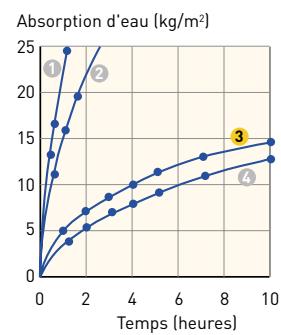
$$M(t) = A \cdot V \cdot t_w$$

$M(t)$ = eau absorbée par unité de surface (kg/m^2) pour une période t

A = coefficient d'absorption d'eau ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$)

t_w = temps de contact avec l'eau (secondes)

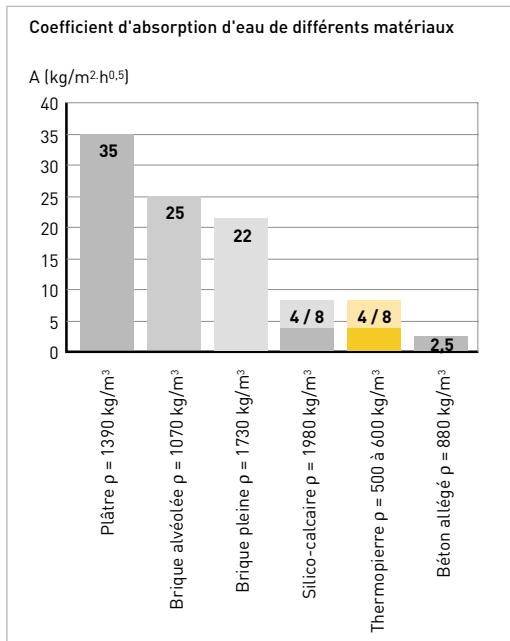
Absorption d'eau de différents matériaux



- ① Plâtre 1390 kg/m³
- ② Brique pleine 1730 kg/m³
- ③ Thermopierre 600 kg/m³
- ④ Silico-calcaire 1770 kg/m³

La valeur A du Thermopierre varie entre $70 \cdot 10^{-3}$ et $130 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5}$. Elle est nettement inférieure à celle de la terre cuite ou du plâtre. Dans le cas du Thermopierre, l'absorption d'eau ne peut se faire, grâce à ses cellules fermées, que par la matière solide qui ne représente que 20% du volume. Cela ralentit considérablement sa progression.

Peu après l'occupation de la construction, le taux se stabilise à environ 2% d'humidité en volume. Dans le cas où les murs extérieurs en Thermopierre ne seraient pas protégés ou traités, ce taux peut éventuellement atteindre 5%.



Valeur du λ utile certifiée*	
MVN kg/m ³	Lambda : λ
400	0,120
450	0,130
500	0,165
550	0,180
600	0,195



Nos conseils

Les valeurs des conditions thermiques certifiées par le CERIB et le CSTB sont déterminées pour un état d'équilibre de 4% en masse, soit 2% en volume.

*Donnée par l'attestation du droit d'usage de la marque NF délivrée par les laboratoires de thermique du CERIB ou du CSTB.
Ces valeurs, régulièrement mises à jour, sont consultables sur le site Internet du CERIB.

2.3.7. Résistance au gel et au dégel

En général, les cycles gel et dégel ne causent pas de dégât au Thermopierre, grâce à sa structure cellulaire et à la faible capillarité qui en résulte.

2.3.8. Résistance au feu

Le Thermopierre est un matériau minéral incombustible dont le point de fusion se situe autour de 1200°C. Classement au feu A1 (anciennement M0).

2.3.9. Conductivité thermique

Le coefficient de conductivité thermique λ exprime la quantité de chaleur transmise pendant 1 heure à travers un matériau d'une superficie de 1 m² et d'une épaisseur de 1 m, lorsque la différence de température entre les deux faces opposées est de 1 degré Kelvin [symbole K].

La valeur λ dépend de la nature du matériau et de sa teneur en humidité. Plus la valeur λ d'un matériau est petite, meilleure est sa capacité d'isolation thermique.

2.3.10. Inertie thermique

Outre l'isolation thermique d'un bâtiment, d'autres paramètres vont influencer le confort thermique général : le temps de refroidissement, la température de surface, l'amortissement thermique et le déphasage.

L'ensemble de ces paramètres (ou effusivité) est développé dans le chapitre sur l'inertie thermique (chapitre 6).

Module de Young de quelques matériaux courants		Pour les masses volumiques les plus courantes	
Matériaux	Module (MPa)	MVn / R _c	E _b en N/mm ²
Aacier de construction	210 000	400 / 3,0	1 200
Béton	27 000	500 / 4,0	1 700
Brique	14 000		
Chêne	12 000		
Kevlar	34 500		

2.3.11. Point de rosée

Dans les conditions normales d'utilisation du Thermopierre, on n'observe pas de problème de condensation dans les murs extérieurs.

2.3.12. Module de Young

Il existe un certain nombre de formules donnant le module d'élasticité E du Thermopierre, en fonction de sa masse volumique et de sa résistance à la compression.

La valeur E est influencée par le pourcentage d'humidité contenu dans le matériau. Ce pourcentage a également une influence sur la résistance à la compression.

La formule ci-après donne, avec une bonne approximation, le module d'élasticité du Thermopierre autoclavé YTONG-SIPOREX, lorsque sa masse volumique est comprise entre 400 et 700 kg/m³, pour un taux d'humidité compris entre 3 et 10% en volume :

$$E_0 = k \rho_{sec} V \sigma'$$

dans laquelle :

E₀ = module d'élasticité tangent en MPa

ρ_{sec} = masse volumique apparente sèche en kg/m³

σ' = résistance à la compression de MPa

k = 1,5 à 2

Le module de déformation longitudinale instantanée du Thermopierre à l'état sec, noté E_b, est déterminé par la relation :

$$E_b = 1,5 \mu V k f_c$$

dans laquelle :

E_b et f_c en MPa

μ = masse volumique à l'état sec en kg/m³

k.f_c = résistance à la compression moyenne du Thermopierre à l'état sec

k = 1,18

2.4. Tableau des données physiques

Ep. (cm)/H. (cm)	5/50	7/50	10/50	15/50	20/25	25/25	30/25	36,5/25
MVn (kg/m ³)	500	500	500	400	400	400	400	400
Perméabilité μ	4	4	4	3	3	3	3	3
Dilatation thermique (ml/mlK)	8. 10 ⁻⁶							
E (Mpa)	2300	2300	2300	1400	1400	1400	1400	1400
λ (W/mK) NF	0,135	0,135	0,135	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
R (m ² K/W)*	0,36/0,58	0,50/0,72	0,72/0,94	1,21/1,43	1,55/1,77	1,94/2,16	2,33/2,55	2,84/3,06
Up (W/m ² K)**	-	-	-	0,70	0,56	0,46	0,39	0,33
Isolation phonique R _{rose} *** (dB)	-	-	37	39	42	47	48	50
Résistance caractéristique à la compression (Mpa)	4	4	4	3	3	3	3	3
Résistance caractéristique à la traction-flexion (Mpa)	0,66	0,66	0,66	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Résistance admissible centrée (tonnes/ml)	-	-	-	-	12	15	18	21,9
Résistance admissible décentrée (tonnes/ml)	-	-	-	-	9,23	11,5	13,8	16,8
Coupe-feu	-	1,5h	3h	6h	6h	6h	6h	6h

*Valeur résistance thermique des maçonneries montées à joints horizontaux minces et mortier-colle et verticaux secs/Valeur résistance thermique des maçonneries montées à joints horizontaux minces et mortier-colle et verticaux secs enduits deux faces. **Up d'un mur enduit pour un λ de 0,12, enduit pelliculaire fin. ***Essais CSTB.

3. Maîtrise de l'ambiance

3.1. Stockage de chaleur et refroidissement	p. 1
3.2. Coefficient de pénétration de chaleur : effusivité thermique	p. 1
3.3. Comportement au refroidissement	p. 2
3.4. Isolation thermique d'été	p. 2

3. Maîtrise de l'ambiance



3.1. Stockage de chaleur et refroidissement

En plus de l'isolation thermique, la capacité de stockage de chaleur et le comportement au refroidissement des matériaux de construction ont une incidence importante sur l'ambiance intérieure.

La comparaison suivante illustre la corrélation existant entre l'isolation thermique, le stockage de chaleur et le refroidissement.

3.2. Coefficient de pénétration de chaleur : effusivité thermique

Un local peut se chauffer d'autant plus rapidement que le coefficient de pénétration thermique b des surfaces murales, et notamment celui des murs extérieurs, est petit.

Le coefficient de pénétration thermique b se définit comme suit :

$$b = \sqrt{c \cdot \lambda \cdot \rho} \text{ en } \text{kJ/h}^{0,5} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}$$

c = chaleur spécifique du matériau

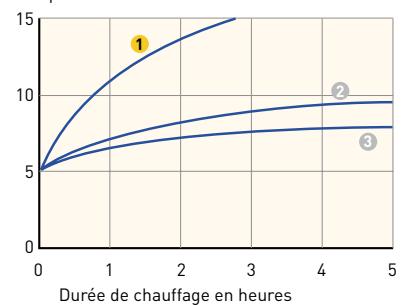
(pour tous minéraux) 1000 J/kgK

λ = valeur de calcul de la conductivité thermique (W/mK)

ρ = densité brute (kg/m³)

Courbe de température de surface de différents matériaux en fonction de la durée de chauffage

Température de surface en °C



① Thermopierre

② Brique de terre cuite

③ Béton

Chaleur spécifique

Matériau	Épaisseur d (cm)	λ	ρ	Chaleur spécifique c	Quantité de chaleur	Temps de refroidiss ^t
Maçonnerie de Thermopierre	25	0,12	400	1,00	105	57,78 h
	30	0,12	400	1,00	126	83,34 h
Béton	30	2,03	2400	1,00	720	30,00 h
PSE	30	0,04	20	1,50	9	18,75 h

Quantité de chaleur stockée = $Q_s = c \cdot \rho \cdot d$ (J/m²K)

Temps de refroidissement = $t_A = Q_s / \lambda$ (h)



3.3. Comportement au refroidissement

Il est illustré par la diffusivité thermique du matériau. Plus cette valeur est faible, plus la surface de contact du matériau avec l'extérieur se refroidit rapidement (voir tableau). Le matériau libère ainsi moins d'énergie : il la garde plus longtemps à surface de contact égale.

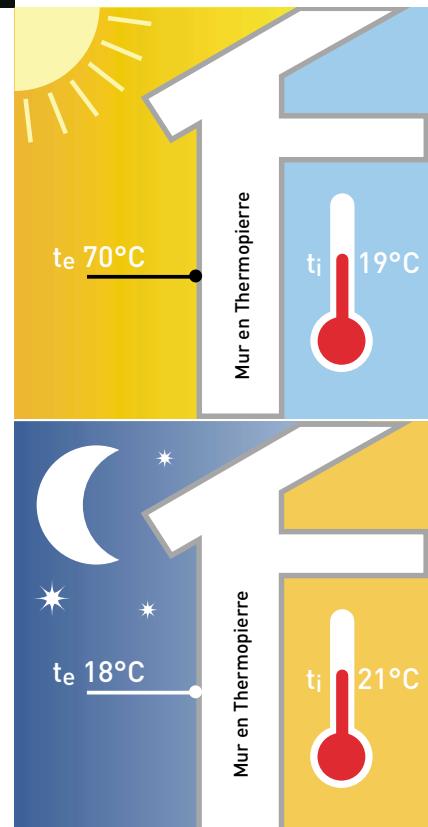
Diffusivité thermique en $\text{m}^2/\text{sec.}$

Aluminium	$860,00 \cdot 10^{-7}$
Bois	$4,50 \cdot 10^{-7}$
Thermopierre	$2,73 \cdot 10^{-7}$

3.4. Isolation thermique d'été

En été, les éléments de structure sont soumis à des fluctuations de température particulièrement importantes qui, dans les cas extrêmes, peuvent atteindre 70°C sur la façade. Pour une ambiance intérieure fraîche et agréable, de telles fluctuations doivent être réduites et équilibrées à l'intérieur du bâtiment.

Compte tenu de la combinaison favorable de l'isolation thermique, de la capacité de stockage de chaleur et de la masse du matériau de construction, les murs du Système de construction YTONG-SIPOREX sont capables de réduire au minimum ces fluctuations de température. En conséquence, ils assurent en été une ambiance agréable et rafraîchie avec des températures en équilibre quasi-constant.



4. Environnement et développement durable

4.1. ACV et fiches INIESp. 1

4.2. Le Thermopierre et la démarche HQE®p. 1

- 4.2.1. Cible : choix intégré des produits, systèmes et procédés de constructionp. 2
- 4.2.2. Cible : chantier à faible nuisancep. 2
- 4.2.3. Cible : gestion de l'énergiep. 2
- 4.2.4. Cible : confort hygrothermiquep. 2
- 4.2.5. Cible : confort acoustiquep. 2
- 4.2.6. Cible : confort olfactifp. 3
- 4.2.7. Cible : conditions sanitaires des espacesp. 3

4.3. Les indicateursp. 4

4.4. Commentaires sur les principaux indicateursp. 5

- 4.4.1. Consommation de ressources énergétiques ..p. 5
- 4.4.2. Consommation de ressources non énergétiquesp. 5
- 4.4.3. Consommation d'eaup. 5
- 4.4.4. Déchets solidesp. 5
- 4.4.5. Changement climatiquep. 5
- 4.4.6. Acidification atmosphériquep. 5
- 4.4.7. Pollution de l'airp. 5
- 4.4.8. Pollution de l'eaup. 5
- 4.4.9. Pollution des solsp. 6
- 4.4.10. Formation d'ozone photochimiquep. 6

4.5. Hygiène et santép. 6

- 4.5.1. Termitesp. 6
- 4.5.2. Amiantep. 6
- 4.5.3. Champs électromagnétiquesp. 6

4. Environnement et développement durable



Le béton cellulaire, baptisé Thermopierre en France, est un produit dont les caractéristiques environnementales et sanitaires sont largement reconnues en Allemagne, en Europe du Nord et dans les pays scandinaves.

En France, nous disposons d'un référentiel permettant de caractériser l'impact environnemental d'un produit de construction grâce à la série des normes XP P 01-010.

Eco-construction	Eco-gestion	Confort	Santé
Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat	Gestion de l'énergie	Confort hygrothermique	Conditions sanitaires des espaces
Choix intégré des procédés et produits de construction	Gestion de l'eau	Confort acoustique	Qualité de l'air
Chantiers à faibles nuisances	Gestion des déchets d'activités	Confort visuel	Qualité de l'eau
	Gestion de l'entretien et de la maintenance	Confort olfactif	

L'utilisation du Thermopierre dans le bâti permet d'apporter une réponse environnementale sur un certain nombre de cibles identifiées en jaune dans le tableau ci-dessus.

4.1. ACV et fiches INIES

La qualité environnementale d'un matériau de construction fait désormais partie intégrante des autres critères de qualité technique que sont les performances et la durabilité.

Le marché de la construction s'oriente vers de nouvelles solutions techniques, matériaux et choix économiques appuyés notamment par des aides financières directes (bâtiment HQE®, énergie solaire, etc.).

À l'initiative de Xella Thermopierre, une analyse de cycle de vie a été réalisée par le CSTB. Cette analyse fait l'objet d'un rapport complet réf. ED/03-006 disponible sur demande.

Les conclusions de cette étude apportent la confirmation officielle du caractère naturel du Thermopierre ainsi que du respect des principes énergétiques et économiques lors de sa production et de son utilisation.

Enfin, l'étude précise que ce matériau entre bien dans une perspective de développement durable.

Le détail des résultats de cette étude est disponible sous forme de fiches INIES sur simple demande.

Lancée il y a quelques années par le Plan urbanisme construction et architecture (Puca) et le CSTB, la démarche de Haute Qualité Environnementale vise à concilier la protection de l'environnement, la qualité de la construction et l'amélioration de la qualité d'usage.

4.2. Le Thermopierre et la démarche HQE®

La Haute Qualité Environnementale : HQE® est une démarche volontaire pour maîtriser les impacts sur l'environnement d'un bâtiment tout en assurant à ses occupants des conditions de vie saines et confortables tout au long de la vie de l'ouvrage.

Cette démarche a été formalisée par l'association HQE® autour de 14 cibles permettant d'atteindre 2 grands objectifs :

- Maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur : cibles éco-construction et éco-gestion
- Crée un environnement intérieur sain et confortable : cibles de confort et de santé.

4.2.1. Cible : choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction

La norme européenne qui a servi de référence à l'ACV du Thermopierre vise à favoriser ce choix.

Les éléments permettant d'évaluer l'impact environnemental de l'unité fonctionnelle Thermopierre sont détaillés et explicités au point 4.3.

4.2.2. Cible : chantier à faible nuisance

La technique de mise en œuvre du Thermopierre nécessite un outillage léger et des moyens de malaxage manuportables qui permettent de limiter sensiblement les nuisances sonores.

Le montage à joint mince des blocs réduit la quantité d'eau nécessaire pour préparer la colle, et minimise l'impact du nettoyage du matériel en fin de journée.

Par sa facilité de découpe d'une part, et la possibilité de réutiliser les chutes de coupes au cours du montage de la maçonnerie d'autre part,

le Thermopierre permet de réduire sensiblement la quantité de déchets produits sur chantier. Le Thermopierre est un produit neutre. Sur chantier, les chutes peuvent servir de remblai. Le Thermopierre est accepté dans les déchetteries en classe 3.

La coupe par sciage à sec du béton cellulaire au moyen d'une scie à ruban ou d'une scie thermique génère une faible quantité de poussières et des granulats dont la taille et la composition ne présentent pas de risques pour les opérateurs.

Lors de la mise en œuvre, ces poussières peuvent être récupérées et mélangées à la colle pour moitié, afin de constituer un mortier sec permettant un rebouchage aisément des saignées.

Par ailleurs, un rapport d'analyse réalisé sur des poussières de Thermopierre montre qu'elles ne présentent pas de danger pour l'homme [Bericht N°17.07.1997/tal.td].

4.2.3. Cible : gestion de l'énergie

La contribution du gros œuvre sur les pertes énergétiques est de l'ordre de 15%. Un bâti bien isolé constitue un avantage pour réduire les besoins énergétiques en matière de chauffage. Le mur en Thermopierre répond à cette exigence tout en assurant la fonction de mur porteur. Il permet en outre de réduire significativement les ponts thermiques aux liaisons plancher/mur extérieur, plancher/refend et refend/mur extérieur (voir chapitre 6).



4.2.4. Cible : confort hygrothermique

Les avantages du Thermopierre dans ce domaine sont indéniables. Ils résultent d'un compromis optimal entre ses performances en matière d'isolation et son inertie thermique. Ces aspects essentiels en matière de confort d'hiver, mais aussi de confort d'été, sont développés au chapitre 6.

4.2.5. Cible : confort acoustique

Le mur en Thermopierre répond aux exigences acoustiques définies dans les réglementations actuelles, à la fois en maison individuelle et en petit collectif. En fonction des systèmes utilisés, les niveaux d'affaiblissement acoustique des parois varient de 48 dB à 67 dB.



4.2.6. Cible : confort olfactif

Grâce à l'isolation thermique répartie dans la masse d'une part, et aux traitements des ponts thermiques aux liaisons d'autre part, le mur Thermopierre évite tout phénomène de condensation génératrice de moisissures et de mauvaises odeurs.

4.2.7. Cible : conditions sanitaires des espaces

Les performances du matériau dans ce domaine se traduisent par :

- L'absence de composés organiques volatiles COV
- Des niveaux de radioactivité nettement inférieurs aux seuils européens admissibles.

Radon et radioactivité gamma

Des mesures effectuées sur 2 échantillons de blocs en Thermopierre produits sur des sites différents ont donné les valeurs moyennes d'activité massique du tableau ci-contre. À titre indicatif, selon l'UNSCEAR*, les concentrations moyennes de ^{40}K , ^{226}Ra et ^{232}Th de l'écorce terrestre sont respectivement de 400 Bq/kg, 40 Bq/kg et 40 Bq/kg.

*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

Analyse en spectrométrie gamma des échantillons solides de Thermopierre

Échantillon	Bloc 1	Bloc 2
^{40}K	33±5	218±16
^{226}Ra	9,4±1	12,5±1
^{232}Th	7,5±0,6	13,7±0,6
^{238}U	8,9±0,8	11,8±0,9
^{235}U	0,41±0,05	0,54±0,05
Indice I	0,08	0,18

*Analyse menée par l'ISN de Grenoble. Les activités sont exprimées en Bq/kg.

Émissions radioactives moyennes (pCi/g) de différents matériaux de construction

	^{226}Ra	^{232}Th
Brique en terre cuite	2,5	2,3
Béton	0,8	1
Plâtre	19	0,7
Silico-calcaire	0,7	0,7
Thermopierre*	0,3	0,3

*Mesures effectuées au laboratoire des sciences naturelles de l'Université de Gand.
Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq.

Condensé des caractéristiques environnementales et sanitaires des blocs en Thermopierre ép. 25 cm et ép. 30 cm			
Unité fonctionnelle 1 m ² de mur porteur et isolant en Thermopierre, soit 100 kg de blocs d'épaisseur 25 cm ou 120 kg de blocs d'épaisseur 30 cm collés au mortier-colle, assurant pendant 100 ans (DVT) les caractéristiques techniques essentielles rappelées dans ce tableau			
Impact environnemental	Unité	Bloc épaisseur 25 cm	Bloc épaisseur 30 cm
Consommation de ressources énergétiques			
Énergie primaire totale	MJ/UF	4,6	5,6
Énergie renouvelable	MJ/UF	0,1	0,1
Énergie non renouvelable	MJ/UF	4,5	5,5
Consommation de ressources non énergétiques		kg/UF	1,4
Consommation d'eau		l/UF	1,8
Déchets solides			
Déchets valorisés (total)	kg/UF	0,9	1,0
Déchets dangereux éliminés	kg/UF	0	0
Déchets non dangereux éliminés	kg/UF	0,2	0,3
Déchets inertes éliminés	kg/UF	0,2	0,3
Déchets radioactifs éliminés*	kg/UF	0	0
Changements climatiques		g éq. CO ₂ /UF	436
Acidification atmosphérique		g éq. CO ₂ /UF	0,568
Pollution de l'air		m ² /UF	9
Pollution de l'eau		m ² /UF	7
Pollution des sols		m ² /UF	0
Destruction de la couche d'ozone stratosphérique		g éq. CFC R11/UF	non pertinent
Formation d'ozone photochimique		g éq. éthylène/UF	0,073
Modification de la biodiversité		qualitatif	extraction des carrières conformément aux réglementations ICPE

*dus majoritairement à la production d'électricité en France.

Les valeurs d'index d'activité I = AK/3000 + ARa/300 + ATh/200 (les trois activités étant exprimées en Bq/kg) des blocs de Thermopierre sont nettement inférieures au seuil européen de 0,5 (correspondant à une dose gamma reçue inférieure à 0,3 mSv/an). Les blocs peuvent donc être classés, selon la recommandation du rapport 112 de la Commission Européenne, dans la catégorie des produits exemptés de toute restriction d'utilisation qui pourrait résulter d'une éventuelle radioactivité.

Émissions de Composés Organiques Volatils (COV) et aldéhydes
Cet essai a été réalisé par le CSTB (rapport d'essai ES 532-03-0016) conformément au protocole européen ECA/IAQ en utilisant un scénario mur. Il démontre que le Thermopierre ne contient pas de composés organiques volatiles.

Le bloc de Thermopierre est totalement neutre et ne contribue nullement à la contamination de l'air des bâtiments par les COV et aldéhydes.

Micro-organismes
Parce qu'il est de nature minérale d'une part, et qu'il n'entre pas en contact direct avec l'air intérieur des bâtiments d'autre part, l'utilisation du Thermopierre permet d'éviter le développement de moisissures.

Fibres et particules
Par leur nature non fibreuse, les blocs de Thermopierre ne sont pas à l'origine d'émissions de fibres ou de particules susceptibles de contaminer l'air intérieur des bâtiments.

4.3. Les indicateurs

Les indicateurs dépendent directement de critères environnementaux ou catégories environnementales choisies.

Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu les 8 critères obligatoires pour tous les produits de construction dans la norme XP P 01-010 :

- Consommation de ressources énergétiques
- Consommation de ressources non énergétiques
- Consommation d'eau
- Déchets solides
- Changements climatiques
- Acidification atmosphérique
- Pollution de l'eau
- Pollution de l'air.

Nous leur avons adjoint les catégories d'impact suivantes, qui nous ont semblé pertinentes :

- Pollution photochimique
- Pollution des sols.

4.4. Commentaires sur les principaux indicateurs

Par mesure de simplification, les commentaires suivants se rapportent au mur en Thermopierre de 25 cm d'épaisseur qui représente notre mur de référence.

4.4.1. Consommation de ressources énergétiques

Durant son cycle de vie, le bloc en Thermopierre consomme des ressources énergétiques : non renouvelables (90%) et renouvelables (10%). Durant cette période, une Unité Fonctionnelle (UF) de bloc en Thermopierre, soit 1m² de mur pendant 100 ans, requiert 4,57 mégajoules ; valeur faible, explicable notamment par les recyclages d'énergie réalisés tout au long du processus de fabrication, d'une part, et par l'importance du volume de produit transporté, grâce à son faible poids, d'autre part.

Pour le Thermopierre, les indicateurs environnementaux sont directement utilisables, contrairement aux systèmes d'isolation par l'intérieur pour lesquels il y a lieu de tenir compte des valeurs des indicateurs pour la maçonnerie porteuse d'une part, et pour l'isolation rapportée d'autre part.

4.4.2. Consommation de ressources non énergétiques

Le Thermopierre est fabriqué à partir de sable, de chaux et de ciment qui forment le squelette rigide du produit. Grâce à la multitude de bulles d'air emprisonnées dans sa structure, le produit est isolant, mais aussi plus léger (100 kg/m² de mur).

Compte tenu de ces éléments, la quantité de ressources non énergétiques consommée reste faible et s'élève à 1,42 kg/UF.

Le bloc de Thermopierre utilise des ressources naturelles disponibles en grande quantité : il est recyclable à 100%.

4.4.3. Consommation d'eau

La consommation en eau nécessaire pour la fabrication d'une UF est de 1,83 L. Cette eau est consommée à 99% pendant la phase de production pour la fabrication de la pâte et au moment de l'autoclavage. Cette valeur est constamment améliorée grâce aux efforts déployés par nos équipes, d'une part pour recycler en totalité, matière, énergie et eau pendant le cycle de fabrication, de l'autre pour réduire les consommations d'eau et d'énergie. Lors de la phase de chantier, la pose à joint mince (~2-3 mm) permet de réduire significativement la quantité d'eau consommée.

4.4.4. Déchets solides

La masse des déchets produits par UF de Thermopierre est de 0,46 kg par annuité. Ces déchets sont inertes et non susceptibles de créer une pollution de l'eau ou du sol.

Les déchets issus de la phase de production sont valorisés à 90%.

Lors de la mise en œuvre, une grande partie des découpes est directement réutilisable dans la construction. Pour la phase de fin de vie, il est plus difficile d'imaginer les techniques qui seront utilisées dans une centaine d'années. Néanmoins, après tri, le Thermopierre est recyclable à 100% comme remblai de carrière, remblai routier, etc.

4.4.5. Changement climatique

Il a pour cause principale une intensification du phénomène naturel appelé effet de serre, dont la cause principale vient de l'activité humaine. L'impact généré par la fabrication d'une UF est de 0,436 kg éq. CO₂. La principale source d'énergie utilisée en production est du gaz naturel. La production de CO₂ reste faible comparativement aux émissions provenant de l'activité quotidienne. En effet, le gaz à effet de serre émis au cours du cycle de vie d'une maison en Thermopierre (murs intérieurs et extérieurs) est équivalent aux émissions d'une famille de 4 personnes pendant un mois environ (chauffage, électricité et utilisation de la voiture).

(Source : Écobilan)

4.4.6. Acidification atmosphérique

Cet indicateur permet d'évaluer la contribution du produit à l'acidification de l'air, et donc à la génération de pluies acides. Dans le cas du Thermopierre, cette valeur est très faible.

4.4.7. Pollution de l'air

Le volume d'air pollué au cours du cycle de vie d'une UF s'élève à 9 m³. Cet impact pour une maison en Thermopierre de type F5, pour 4 personnes, pendant toute la durée de vie est équivalent à celui d'un parcours de 100 km en voiture.

(Source : Idemar 2001)

4.4.8. Pollution de l'eau

Le principe consiste à calculer le volume fictif d'eau, exprimé en m³, par lequel il faudrait diluer chaque flux de l'inventaire pour le rendre conforme au seuil de l'arrêté du 2 février 1998. Il s'agit d'une valeur absolue qu'il convient de rapprocher de celles existantes pour des produits qui assurent une fonctionnalité équivalente.



4.4.9. Pollution des sols

Ce critère n'est pas jugé pertinent pour les produits de construction. Cependant, l'introduction des données sur la mise à disposition des énergies ont conduit à considérer également cet impact.

Le principe consiste à calculer le volume fictif d'eau, exprimé en m³, par lequel il faudrait diluer chaque flux de l'inventaire pour le rendre conforme au seuil de l'arrêté du 2 février 1998, et à faire la somme des volumes fictifs ainsi obtenus.

La somme est l'indicateur de pollution des sols. Il est exprimé en m³ d'eau.

4.4.10. Formation d'ozone photochimique

Cette catégorie d'impact n'est pas jugée pertinente pour les produits de construction. Néanmoins, certains polluants, tels que les hydrocarbures, issus notamment du transport, réagissent avec les photons solaires pour former de l'ozone dans la troposphère.

4.5. Hygiène et santé

4.5.1. Termites

Les termites rencontrés dans les constructions sont des termites souterrains qui se nourrissent de bois, de papier, de carton, de tissus dans lesquels ils trouvent la cellulose nécessaire à leur métabolisme.

Le Thermopierre, matériau minéral, ne possède pas de cellulose dans sa composition.

Cette absence de cellulose permet aux maisons réalisées en Thermopierre de se prémunir contre les invasions de termites, notamment dans les régions déjà touchées et les DOM-TOM.

4.5.2. Amiante

L'amiante ne rentre pas, pas même sous la forme de trace, dans la composition chimique du Thermopierre : Ca₅Si₆[O,OH]18·5H₂O

4.5.3. Champs électromagnétiques

Les constructions en Thermopierre constituent de véritables remparts face aux effets des champs électromagnétiques, avec une protection supérieure à 99% contre les champs électromagnétiques de 50 Hz (cf. rapport essais n°08/96 - IMOTEP).

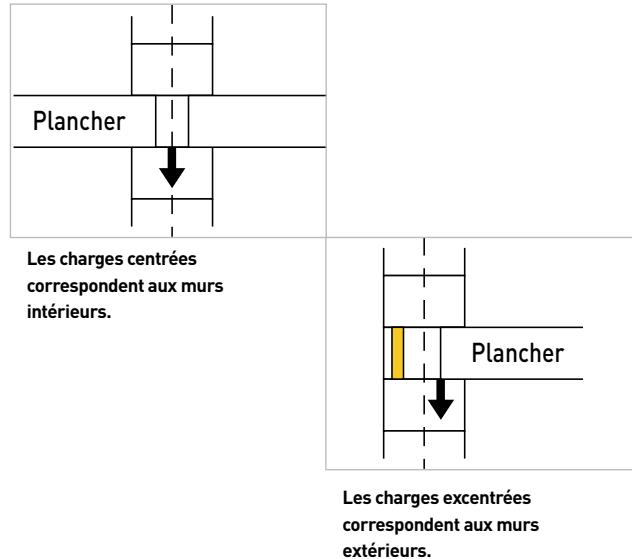
Les pavillons, les immeubles à usage d'habitation, les bâtiments industriels proches de lignes électriques à haute et très haute tension ou de transformateurs haute tension sont soumis à des émissions artificielles électromagnétiques 50 Hz.

En fonction de la nature d'autres matériaux de construction utilisés et de l'exposition, on a enregistré des taux moyens d'atténuation bien inférieurs de l'ordre de 80 à 90%.

5. Contraintes mécaniques admissibles

5.1. R _{cn} et coefficient de sécurité	p. 1
5.2. Règles d'élancement	p. 1
5.3. Charges admissibles	p. 2
5.4. Comparatif de charges admissibles sur murs en maçonnerie	p. 3
5.5. Portées et surcharges admissibles des dalles de toiture et dalles de plancher	p. 4

5. Contraintes mécaniques admissibles



5.1. Rcn et coefficient de sécurité

(Extrait du DTU 20.1 paragraphe 4.12 révision déc. 95)

La charge de compression admissible C d'un mur porteur (charge maximale que le mur peut supporter) s'obtient en divisant la valeur Rcn par le coefficient global N qui dépend à la fois de la nature du matériau, du type de pose utilisée et du type de chargement (centré ou excentré).

$$C = \frac{Rcn}{N \times \text{coeff. majoration}}$$

Rcn = valeur de la résistance à l'écrasement, propre à un matériau, qui résulte des essais réalisés selon les normes dont dépend ce matériau

Matériaux	Coefficient global N	
	Chargement centré (murs intérieurs et refends)	Chargement excentré (murs de façades)
Parpaing creux (joints mortier)	6	8
Briques creuses (joints pleins)	7	10
Thermopierre (joints minces et continus de mortier-colle)	5	6,5

5.2. Règles d'élancement

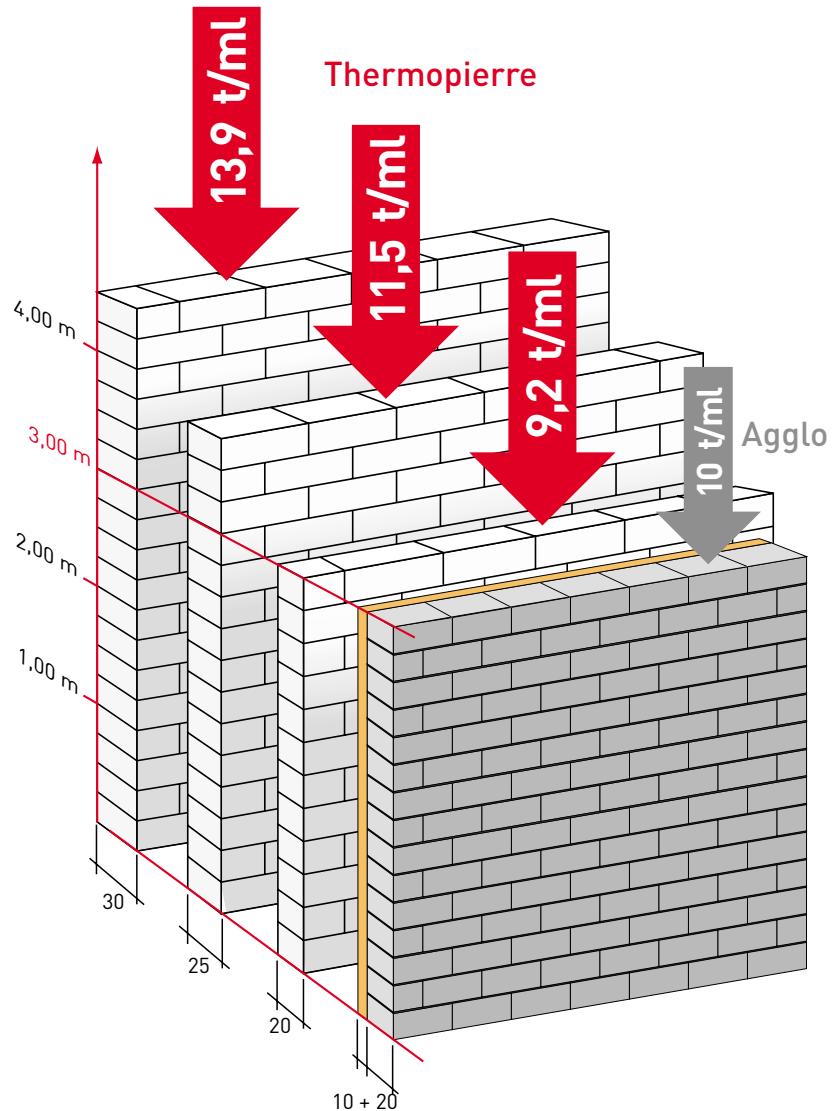
Élancements inférieurs ou égaux à 15
Les valeurs N du précédent tableau correspondent à des murs d'élancement < 15 (rapport entre la distance verticale entre planchers et l'épaisseur brute du mur porteur).

Élancements compris entre 15 et 20
Les valeurs du coefficient N sont à multiplier par un coefficient de majoration indiqué ci-dessous.

Élancement	Coefficient de majoration
≤ 15	1,00
16	1,07
17	1,13
18	1,20
19	1,27
20	1,33

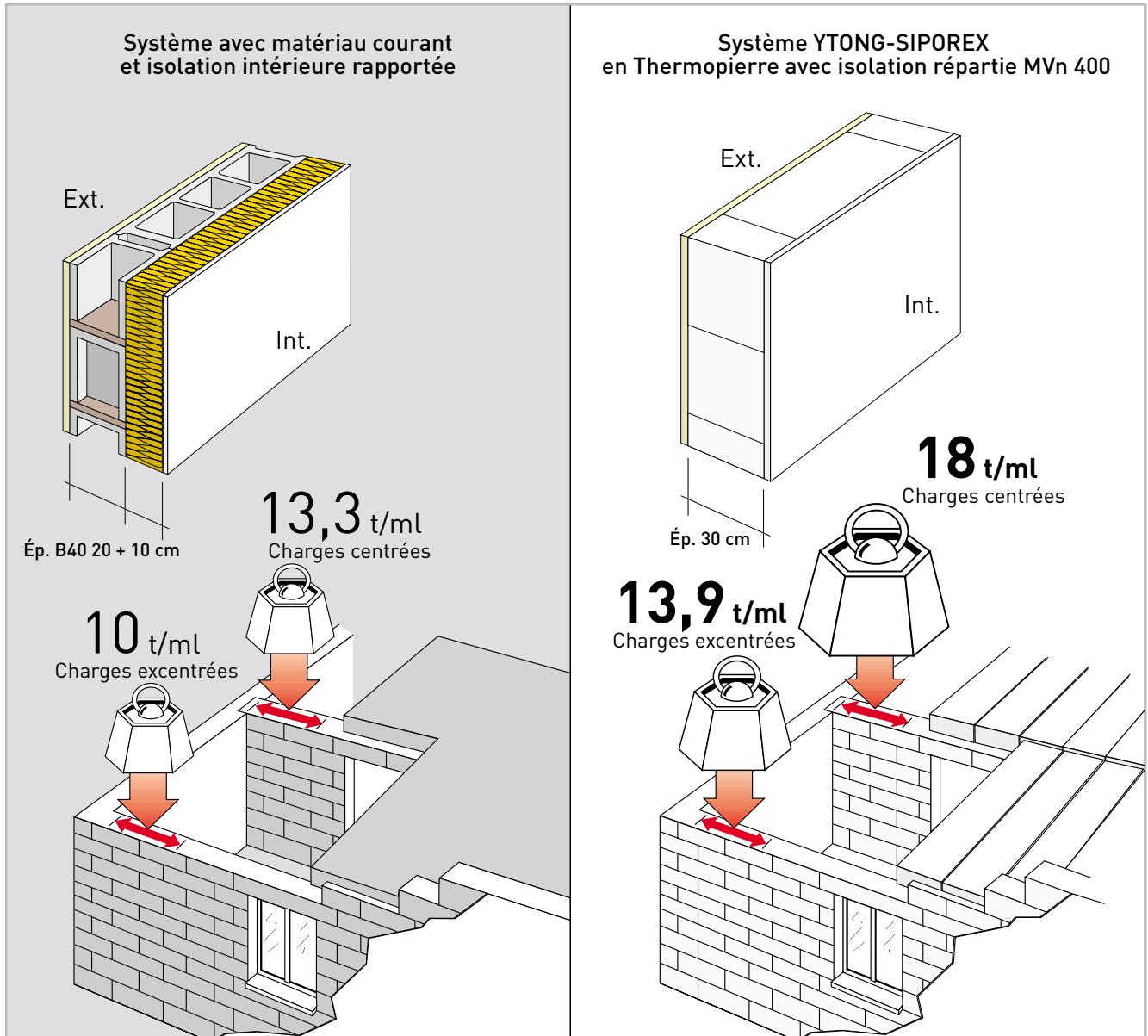
Élancements supérieurs à 20
Les murs porteurs dont l'élancement est supérieur à 20 ne sont admis que sur justification spéciale.

Charges admissibles excentrées

**5.3. Charges admissibles**

Charges admissibles pour un mur en Thermopierre $R_{cn} = 30 \text{ kg/cm}^2$

Charge		
Mur en blocs de Thermopierre	centrée t/ml	excentrée t/ml
Ép. 20 cm 3 m < H	12	9,2
Ép. 20 cm 3 m < H < 4 m	9	6,9
Ép. 25 cm 3,75 m < H	15	11,5
Ép. 25 cm 3,75 m < H < 5 m	11,2	8,7
Ép. 30 cm 4,5 m < H	18	13,9
Ép. 30 cm 4,5 m < H < 6 m	13,5	10,4



5.4. Comparatif de charges admissibles sur murs en maçonnerie

Il est toujours souhaitable de répartir les charges ponctuelles dans les maçonneries au moyen de sommiers de répartition.



Qualité :

Les blocs utilisés doivent provenir de fabrications bénéficiant d'une certification conforme à la norme NFP 14.306 et mis en œuvre avec un mortier-colle certifié CSTBat.

**5.5 Portées et surcharges
admissibles des dalles de toiture
et dalles de plancher**

Portée libre maximale en cm hors appuis							
Surcharge admiss. (daN/m ²)	Ep.	100	200	300	400	500	600
300	20			455 cm			
	25			539 cm			
	30			600 cm			
350	20			440 cm			
	25			524 cm			
	30			591 cm			
400	20			426 cm			
	25			510 cm			
	30			579 cm			
450	20			413 cm			
	25			498 cm			
	30			566 cm			
500	20			402 cm			
	25			487 cm			
	30			555 cm			

Portée libre maximale en cm hors appuis							
Surcharge admiss. (daN/m ²)	Ep.	100	200	300	400	500	600
110	10			326 cm			
	15			473 cm			
	20			594 cm			
	25			600 cm			
	30			600 cm			
150	10			304 cm			
	15			410 cm			
	20			566 cm			
	25			600 cm			
	30			600 cm			
200	10			285 cm			
	15			422 cm			
	20			537 cm			
	25			600 cm			
	30			600 cm			
250	10			268 cm			
	15			401 cm			
	20			514 cm			
	25			600 cm			
	30			600 cm			

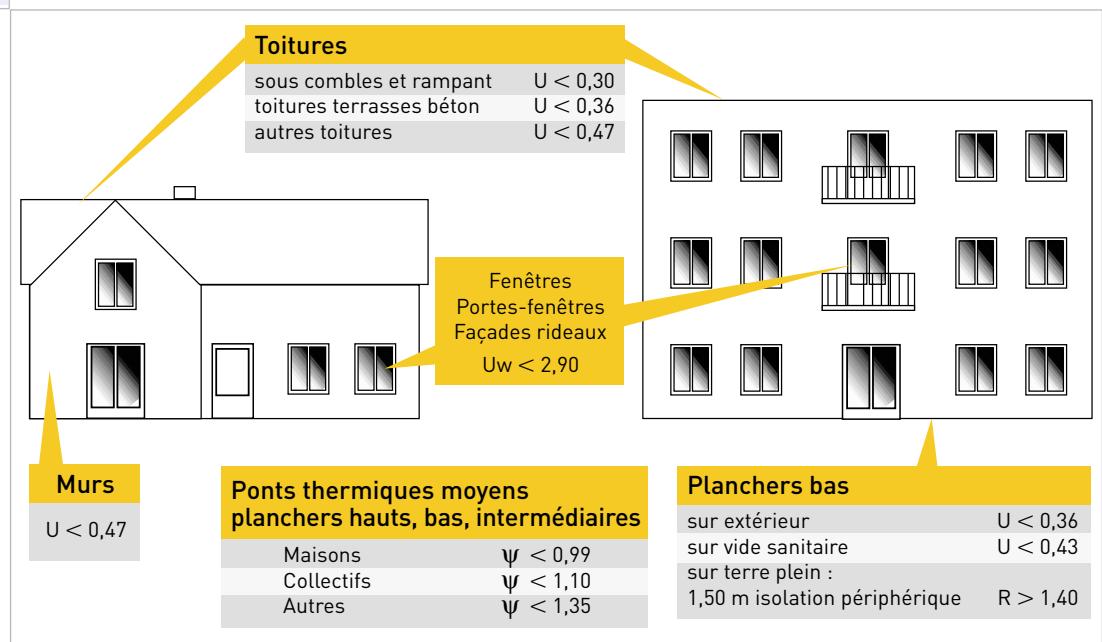
6. Caractéristiques thermiques de la maçonnerie

6.1. RT 2000 et isolation répartie	p. 1
6.2. Résistance thermique R et caractéristiques thermiques U du mur fini	p. 2
6.3. Traitement des ponts thermiques	p. 2
6.4. Exemple de gains possibles sur le coefficient C	p. 5
6.5. Inertie thermique et amortissement thermique (déphasage) / confort d'été	p. 6
6.5.1. L'isolation répartie (ITR)	p. 7
6.5.2. Calculs simplifiés (méthode à points)	p. 8
6.6. Perméabilité de l'enveloppe	p. 10
6.6.1. Aspects énergétiques	p. 10
6.6.2. Objectifs de performance	p. 10
6.6.3. Mesure de la perméabilité à l'air des bâtiments	p. 11
6.7. Principales recommandations	p. 11
6.7.1. Parois en maçonnerie de petits éléments en Thermopierre	p. 11
6.7.2. Toiture, plancher, terrasse	p. 12
6.7.3. Menuiserie extérieure	p. 12
6.7.4. Bouches sans cadre de fixation	p. 12
6.7.5. Bouches équipées d'un cadre de fixation	p. 12
6.7.6. Trappe d'accès aux combles	p. 12

6. Caractéristiques thermiques de la maçonnerie



Garde-fous d'isolation RT2000



6.1. RT 2000 et isolation répartie

Les accords de Rio et de Kyoto fixent des objectifs de limitation des émissions de gaz à effet de serre. La France a décidé de réduire la consommation d'énergie des bâtiments due, pour plus du quart, à la production des gaz à effet de serre.

La nouvelle Réglementation Thermique de janvier 2000 est le premier volet d'un programme qui prévoit de renforcer tous les 5 ans ses exigences thermiques pour les bâtiments neufs.

Les préoccupations d'économie d'énergie s'inscrivent dans le contexte d'un enjeu social où chacun, en fonction de ses capacités financières, peut accéder à la maîtrise du coût global de son logement, des charges financières et d'exploitation.

La RT 2000 pose 3 critères à respecter pour les nouvelles constructions :

- L'économie d'énergie (consommations d'énergie de chauffage, d'eau chaude sanitaire et des auxiliaires et éclairage dans le tertiaire) doit être inférieure à la consommation de référence du bâtiment
- Le confort d'été : la température intérieure conventionnelle atteinte en été doit être inférieure à la température de référence
- Les garde-fous : des performances minimales sont requises pour une série de composants.

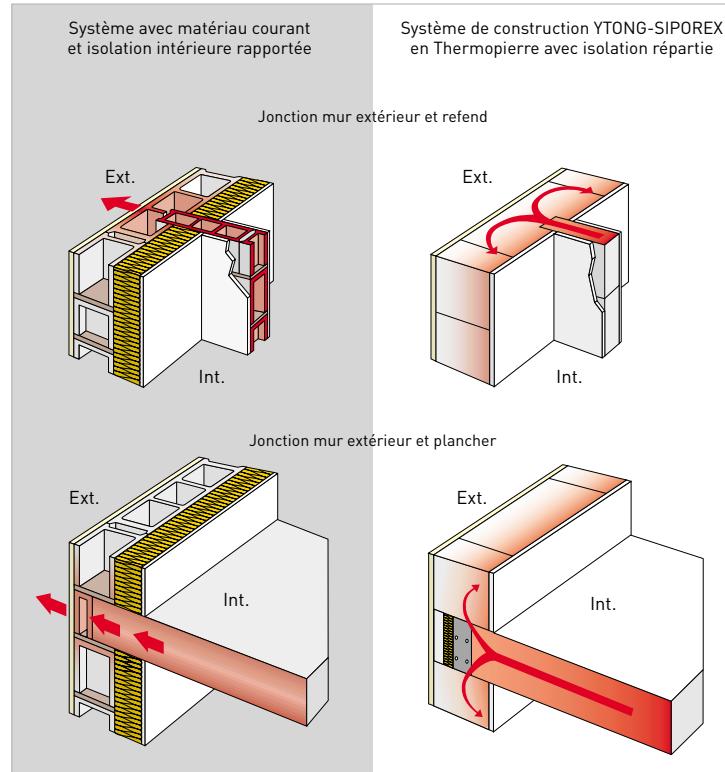
Le respect de la réglementation est vérifié soit en effectuant des calculs, soit sans calcul à l'aide des solutions techniques (cf. 6.5.2).

La RT 2000 définit quatre axes essentiels concernant le bâti, auxquels le Système de construction YTONG-SIPOREX répond pleinement :

- L'isolation thermique
 - Le traitement des ponts thermiques
 - L'inertie thermique
 - Le confort d'été.
- Le Système de construction YTONG-SIPOREX qui intègre mur, plancher et toiture, s'inscrit en effet parmi les nouvelles solutions d'isolation répartie remarquablement simples et efficaces, en droite ligne des recommandations des pouvoirs publics.
- Isolation thermique : pas d'isolant rapporté à ajouter aux murs
 - Ponts thermiques : un problème naturellement solutionné
 - Inertie thermique : une qualité intrinsèque du matériau
 - Confort d'été : une climatisation naturelle très agréable en été.

6.2. Résistance thermique R et caractéristiques thermiques U du mur fini

Les valeurs thermiques du Thermopierre 400 kg/m³, dont le λ utile exprimé en W/mK est de 0,12, sont des valeurs certifiées NF par le CERIB et l'AFNOR.



Résistance thermique des planchers sans et avec isolant sous chape R en m².K/W

Plancher en Thermopierre	Ép.	Rp	R isolant rapporté	Résistance superficielle Rsi	Résistance totale	U plancher W/m ² K
Plancher	0,20	1,21	-	0,34	1,55	0,64
	0,24	1,51	-	0,34	1,86	0,54
Plancher + isolant complémentaire	0,20	1,21	1,25	0,34	2,80	0,36
	0,24	1,51	1,56	0,34	3,11	0,32

Joints horizontaux et verticaux minces de mortier-colle

BLOC	R totale mur non enduit	R totale mur enduit 2 faces	U mur enduit	R+0,15 fin. plaq platre	U mur enduit + ba13
0,200	0,625 0,25	1,51	1,73	0,58	1,88 0,53
0,250	0,625 0,25	1,89	2,11	0,47	2,26 0,44
0,300	0,625 0,25	2,27	2,49	0,40	2,64 0,38
0,375	0,625 0,25	2,84	3,06	0,33	3,21 0,31

GRAND BLOC - JUMBO et MODULBLOC						
BLOC	R totale mur non enduit	R totale mur enduit 2 faces	U mur enduit	R+0,15 fin. plaq platre	U mur enduit	+ ba13
0,200	0,625 1 à 3	1,59	1,81	0,56	1,96	0,51
0,250	0,625 1 à 3	1,99	2,21	0,45	2,36	0,42
0,300	0,625 1 à 3	2,39	2,61	0,39	2,76	0,36
0,375	0,625 1 à 3	2,98	3,20	0,31	3,35	0,29

Joints horizontaux minces de mortier-colle et joints verticaux secs

BLOC	R totale mur non enduit	R totale mur enduit 2 faces	U mur enduit	R+0,15 fin. plaq platre	U mur enduit	+ ba13
0,200	0,625 0,25	1,55	1,77	0,56	1,92	0,52
0,250	0,625 0,25	1,94	2,16	0,46	2,31	0,43
0,300	0,625 0,25	2,33	2,55	0,39	2,70	0,37
0,375	0,625 0,25	2,91	3,13	0,32	3,28	0,30

GRAND BLOC - JUMBO et MODULBLOC						
BLOC	R totale mur non enduit	R totale mur enduit 2 faces	U mur enduit	R+0,15 fin. plaq platre	U mur enduit	+ ba13
0,200	0,625 1 à 3	1,62	1,84	0,55	1,99	0,50
0,250	0,625 1 à 3	2,03	2,24	0,45	2,39	0,41
0,300	0,625 1 à 3	2,43	2,65	0,38	2,80	0,35
0,375	0,625 1 à 3	3,04	3,26	0,31	3,41	0,29

6.3. Traitement des ponts thermiques

Le renforcement des exigences d'isolation d'une part, les nouvelles méthodes de calcul d'autre part, conduisent à mettre en évidence le poids des ponts thermiques sur le bilan énergétique.

Un pont thermique est une rupture localisée de l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment.

Ψ s'exprime en W/m.K

Plus la valeur Ψ est petite, plus faible est le pont thermique.

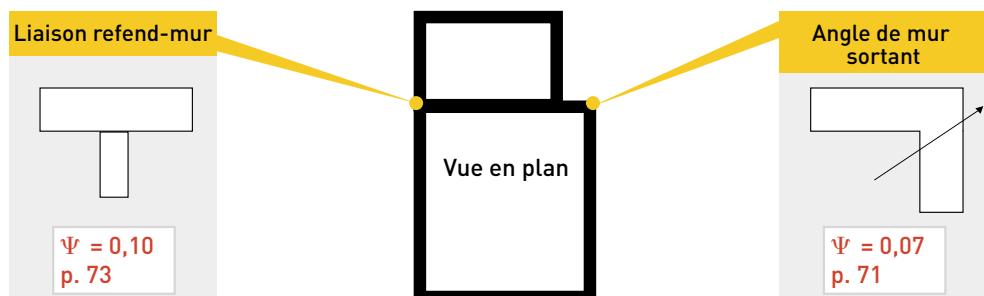
Le Thermopierre améliore la performance du C de l'ordre de 10% dans le secteur résidentiel, collectif et individuel grâce aux traitements des ponts thermiques.

La prise en compte des ponts thermiques intervient à deux niveaux :

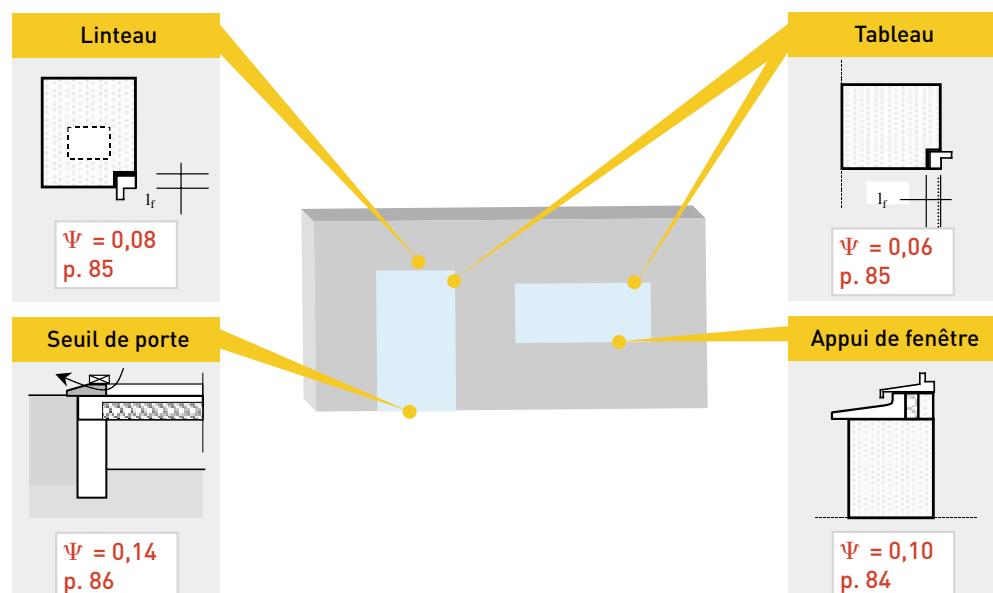
- Au niveau des exigences de références (titre II de l'arrêté), pour calculer les déperditions de référence ou "droit à déperdre" (article 10)
- Au niveau des exigences minimales (titre III de l'arrêté), pour fixer le garde-fou relatif aux ponts thermiques (article 34).

Traitement des ponts thermiques - Extraits du fascicule Th-U - 5/5

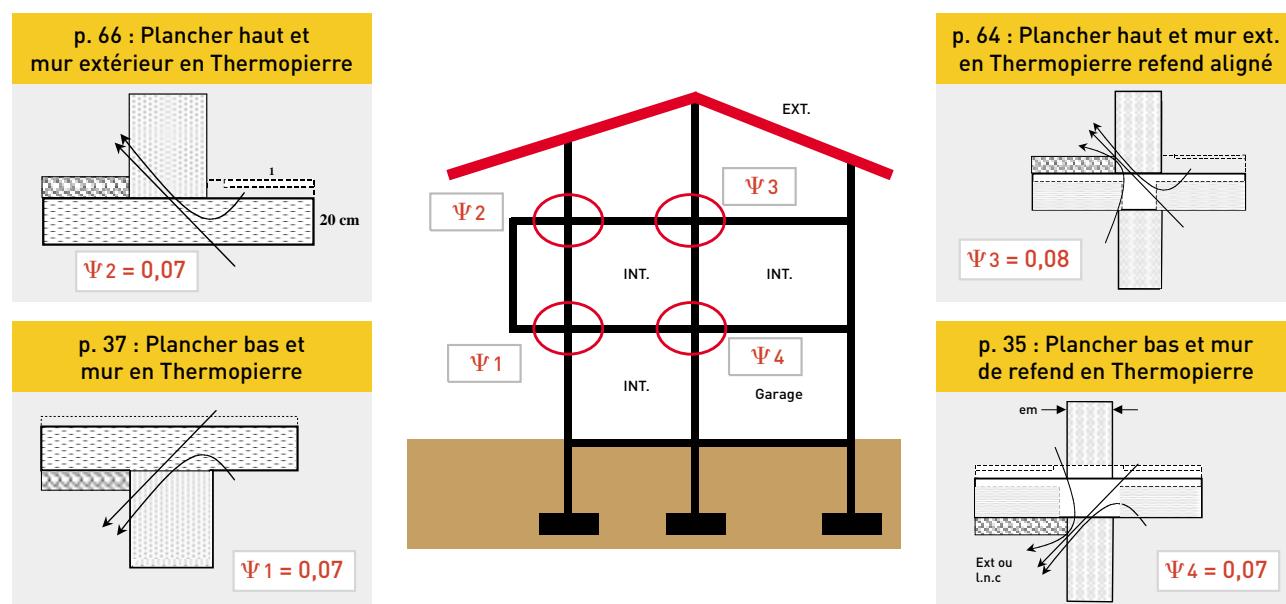
Liaisons courantes entre parois opaques



Liaisons courantes entre menuiseries et parois opaques*



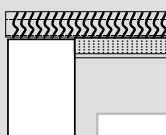
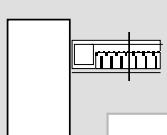
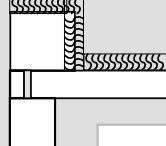
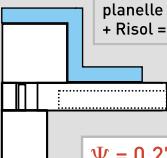
Liaisons diverses sur planchers haut et bas*



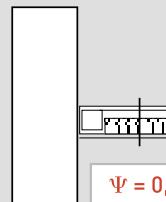
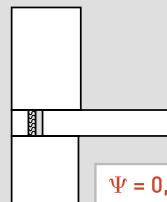
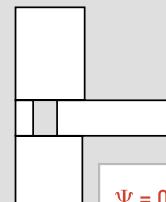
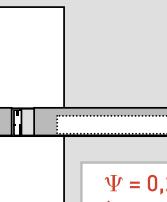
*Les indications de pages ci-dessus renvoient aux pages des extraits du fascicule Th-U 5/5.

Liaisons courantes parties hautes, intermédiaires et basses selon les règles Th-U fascicule 5/5

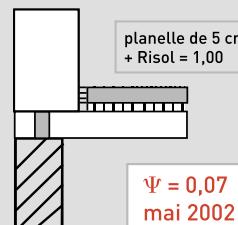
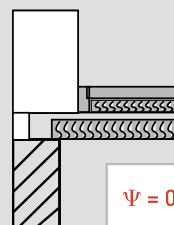
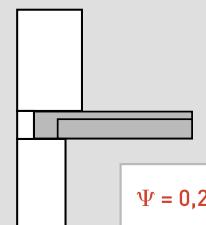
p. 61 et 62 : planchers hauts

Plancher léger, mur de façade Thermopierre	Plancher léger, mur de pignon Thermopierre	Plancher et mur extérieur Thermopierre	Plancher béton, mur extérieur Thermopierre
 $\Psi = 0,03$	 $\Psi = 0,11$	 $\Psi = 0,12$	 planelle de 5cm + Risol = 1,00 $\Psi = 0,27$ (0,29-5%)

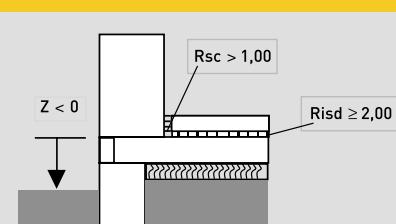
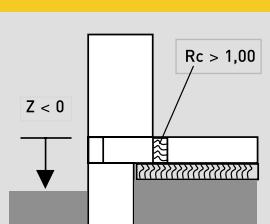
p. 49 et 50 : planchers intermédiaires

Plancher léger, mur de façade Thermopierre ép 20 cm	Plancher, mur de façade et planelle Thermopierre avec isolant	Plancher, mur de façade et planelle Thermopierre	Plancher béton ou entrevois, mur de façade Thermopierre, planelle Thermopierre avec isolant
 $\Psi = 0,09$ p. 50	 $\Psi = 0,11$ (0,15-0,03)	 $\Psi = 0,15$	 $\Psi = 0,20$ (0,35-40%)

p. 32: planchers bas sur vide sanitaire

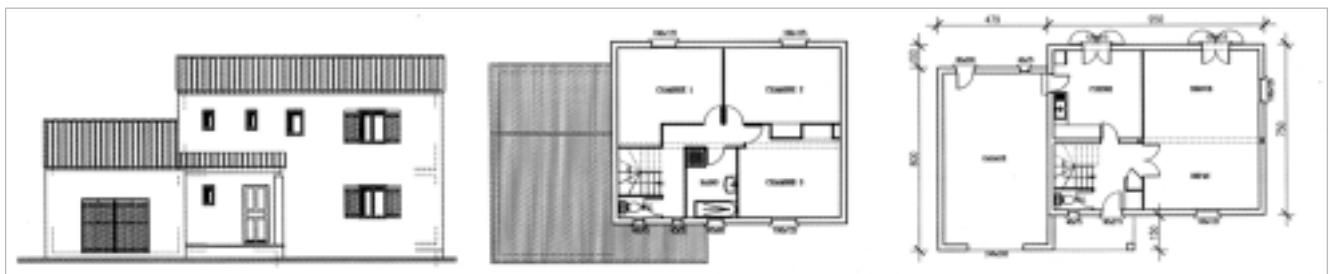
Plancher Thermopierre + chape flottante, mur et planelle Thermopierre	Plancher entrevois isolant + chape flottante, mur et planelle Thermopierre	Plancher entrevois isolant, mur et planelle Thermopierre
 planelle de 5 cm + Risol = 1,00 $\Psi = 0,07$ mai 2002	 $\Psi = 0,14$	 $\Psi = 0,29$

p. 17: planchers bas sur terre plein

Plancher béton, chape flottante sur isolant, mur et planelle en Thermopierre	Plancher béton isolé en sous-face, correction isolante au droit du plancher, mur et planelle en Thermopierre
 $Z < 0$ $Rsc > 1,00$ $Risd \geq 2,00$ $\Psi = 0,07$ mai 2002	 $Z < 0$ $Rc > 1,00$ $\Psi = 0,26$ p. 17

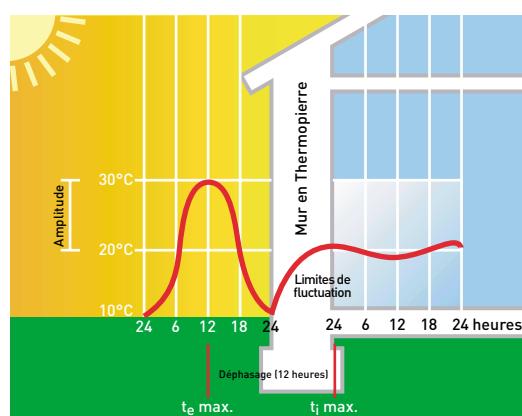
6.4. Exemple de gains possibles sur le coefficient C

L'étude a été réalisée sur une maison individuelle correspondant à 50% des mises en chantier effectuées en France : surface habitable 115 m², rez-de-chaussée + étage.



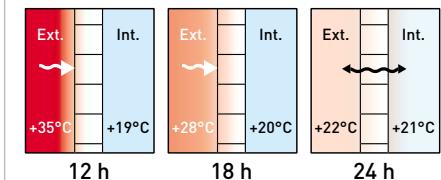
Récapitulatif des prestations et résultats zone H1 Thermopierre Xella / MI 3 R+1 - VS Thermopierre $\lambda = 0,12$					
	Thermopierre 25 cm	Thermopierre 25 cm	Thermopierre 25 cm	Thermopierre 30 cm	Thermopierre 30 cm
	Créf. -3%	Créf. -6%	Créf. -8%	Créf. -10%	Créf. -13%
Murs		Thermopierre 25 cm U = 0,46 W/m².K			Thermopierre 30 cm U = 0,39 W/m².K
Plancher	Plancher Thermopierre $\lambda=0,145$	$R = 1,55 \text{ m}^2.\text{K/W}$ associé à une chape isolante $R = 2 \text{ m}^2.\text{K/W}$ U = 0,24 W/m².K			
Toiture		240 mm laine minérale U = 0,21 W/m².K			
Baies		PVC ($U_f = 2,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$) vitrage 4/12/4 peu émissif $\epsilon = 0,1 + \text{air}$ Uw = 2,4 W/m².K Ujn = 1,95 W/m².K		PVC ($U_f = 2,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$) vitrage 4/16/4 peu émissif $\epsilon = 0,1 + \text{air}$ Uw = 2,1 W/m².K Ujn = 1,74 W/m².K	
Bâti	Traitements supplémentaires des ponts thermiques	Plancher intermédiaire sans isolation en bout de dalle Ri = 0,50 m².K/W $\Psi = 0,34$	Plancher intermédiaire avec isolation en bout de dalle Ri = 1 m².K/W $\Psi = 0,20$	Plancher intermédiaire sans isolation en bout de dalle Ri = 0,50 m².K/W $\Psi = 0,34$	Plancher intermédiaire avec isolation en bout de dalle Ri = 1 m².K/W $\Psi = 0,20$
Équip'	VMC	Hygroréglage Type A	Hygroréglage Type B	Hygroréglage Type B	Hygroréglage Type B
	Chauffage			Convecteurs NFC	
Résultats	ECS		Accumulateur ($Cr = Cr \text{ réf.}$)		
	Ubat	0,536	0,536	0,521	0,503
	Ubat réf.	0,563	0,563	0,563	0,563
	Ubat/Ubat réf.	-4,8%	-4,8%	-7,5%	-10,7%
	C	33 360	32 425	31 718	30 986
	C réf.	34 545	34 545	34 545	34 545
	Gain/C réf.	3,4%	6,1%	8,2%	10,3%
					13,7%

L'étude a été réalisée pour confirmer les conclusions du CSTB par Céline Lefèvre du BET Thermique A. Pouget Paris (betpouget.lefeuvre@wanadoo.fr)



Retard en heures des principaux systèmes de mur des maisons individuelles	
8:57	Enduit + mur de briques ép. 20 cm + 7,5 cm laine minérale + briques + plâtre
7:33	Enduit + mur de briques ép. 20 cm + PSE 100 + 10
6:59	Enduit + mur d'agglo. ép. 20 cm + PSE 100 + 10
13:42	Enduit + mur en Thermopierre ép. 30 cm + BA 13
11:34	Enduit + mur en Thermopierre ép. 25 cm + BA 13

0:00 2:24 4:48 7:12 9:36 12:00 14:24

Amortissement de chaleur d'une paroi**6.5 Inertie thermique et amortissement thermique (déphasage) / confort d'été**
Extrait Th-U

L'inertie thermique est une donnée de la réglementation thermique portant sur la limitation de l'inconfort thermique en saison chaude et la limitation de la consommation d'énergie des bâtiments.

La démarche principale des règles Th-I est de déterminer la classe d'inertie quotidienne d'un bâtiment, appelée "classe d'inertie", à partir des caractéristiques des parois.

La "classe d'inertie" est utilisée comme donnée d'entrée dans les règles Th-C et Th-E.

Tout matériau accumule de l'énergie. En l'absence de doublage isolant intérieur (inutile), le Système de construction YTONG-SIPOREX en Thermopierre permet de tirer profit des avantages de l'inertie thermique. Cette dernière est la capacité du Thermopierre à emmagasiner et à restituer la chaleur afin de conserver une température intérieure quasi constante.

Toute construction réalisée en Thermopierre bénéficie d'une véritable climatisation naturelle en été et d'une ambiance saine et confortable en hiver. Elle se caractérise par :

- Le retard, qui est le temps mis par la chaleur pour traverser une paroi. Plus le retard est grand, mieux c'est
- L'amortissement de chaleur, défini en pourcentage de chaleur, qui arrive à pénétrer une paroi après ce laps de temps. Plus il est faible, meilleur c'est.

Inertie thermique des parois en Thermopierre

Ép. (cm)	Données			Résultats des calculs							
	Masse volumique (kg/m ³)	Conductivité thermique (W/m.K)	Chaleur massique (kJ/kg.K)	Admittivité thermique (J ² /m ⁴ .K ² .s)	Capacité thermique (J/m ² .K)	Diffusivité thermique (m ² /s)	Effusivité thermique (J/m ² .K.s ^{1/2})	Résistance thermique (m ² .K/W)	Amortissement thermique (%)	Retard (sec)	Vitesse (h mn)(cm/h)
20	400	0,120	1,050	52668,00	84000	2,73E-07	229,50	1,67	9,96	21715,7	8 48 2,27
25	400	0,120	1,050	52668,00	105000	2,73E-07	229,50	2,08	5,60	39644,6	11 00 2,27
30	400	0,120	1,050	52668,00	126000	2,73E-07	229,50	2,50	3,14	47573,5	13 12 2,27
20	500	0,165	1,050	90523,13	105000	3,01E-07	300,87	1,21	11,09	30239,7	8 23 2,38
25	500	0,165	1,050	90523,13	131250	3,01E-07	300,87	1,52	6,40	37799,6	10 29 2,38
30	500	0,165	1,050	90523,13	157500	3,01E-07	300,87	1,82	3,69	45359,6	12 35 2,38

Définitions :

- Admittivité : retard et amortissement de l'onde sinusoïdale de chaleur sont directement fonction de la racine carrée de ce produit. À résistance thermique égale, plus cette valeur est grande, plus le retard est grand et l'amortissement est long
- Capacité thermique : à l'égal d'un condensateur à électricité, c'est la quantité de chaleur stockée pour un élément fini (ici, 1 m² de paroi)
- Diffusivité thermique : caractérise la vitesse de refroidissement d'un matériau. Plus la valeur est faible, moins le matériau diffuse
- Effusivité thermique : racine carrée de l'admittivité, elle caractérise la réponse d'un milieu à une perturbation thermique non stationnaire. En simplifiant, elle exprime la vitesse d'échauffement d'un matériau. Plus la valeur est grande, plus la surface s'échauffe lentement
- Retard : déphasage entre l'onde émise et l'effet ressenti de l'autre côté de la paroi
- Vitesse de propagation de l'onde de chaleur : vitesse de propagation du flux de chaleur dans la paroi

Comportement thermique des parois en Thermopierre avec enduits

Extérieur	Intérieur		
	Enduit ext. type B Thermopierre MVn 400 Enduit plâtre	1,70 cm 25,00 cm 1,00 cm	Amort ^t thermique de la paroi Retard unitaire en heure U global de la paroi [W/m ² K]
	Épaisseur de la paroi 27,70 cm		5,05% 11 h 24 0,46
	Enduit ext. type B Thermopierre MVn 400 Enduit plâtre	1,70 cm 30,00 cm 1,00 cm	Amort ^t thermique de la paroi Retard unitaire en heure U global de la paroi [W/m ² K]
	Épaisseur de la paroi 32,70 cm		2,90% 13 h 31 0,39
	Enduit ext. type B Thermopierre MVn 400 Air Plaque de plâtre	1,50 cm 25,00 cm 1,00 cm 1,30 cm	Amort ^t thermique de la paroi Retard unitaire en heure U global de la paroi [W/m ² K]
	Épaisseur de la paroi 28,80 cm		4,83% 11 h 34 0,43
	Enduit ext. type B Thermopierre MVn 400 Air Plaque de plâtre	1,50 cm 30,00 cm 1,00 cm 1,30 cm	Amort ^t thermique de la paroi Retard unitaire en heure U global de la paroi [W/m ² K]
	Épaisseur de la paroi 33,80 cm		2,77% 13 h 42 0,37

L'amortissement est fonction de la densité, du λ , de la chaleur spécifique et de l'épaisseur du mur.

L'inertie permet d'absorber l'augmentation de température extérieure durant le jour, et de restituer pendant la nuit l'énergie accumulée, avec un retard de près de 12 heures pour un mur en Thermopierre de 25 cm d'épaisseur. En freinant les déperditions de chaleur en hiver, comme en demi-saison, l'inertie thermique du Thermopierre permet de réaliser d'importantes économies d'énergie.

6.5.1. L'isolation répartie (ITR)

Les maisons neuves doivent respecter la RT 2000 qui exige une maison performante en hiver (chauffage) et confortable en été. Plusieurs systèmes de construction sont possibles pour l'isolation des parois opaques et le traitement des ponts thermiques. Le Système de construction à isolation répartie en blocs de Thermopierre permet de réaliser directement des murs isolants.

En effet, le Thermopierre est un matériau suffisamment structural et isolant pour réaliser des murs sans avoir recours à un isolant supplémentaire.

6.5.2. Calculs simplifiés (méthode à points)

Ces tableaux illustrent la méthode dite "à points" éditée par le ministère et appliquée au Thermopierre. Cette méthode facilite l'application de la RT 2000.

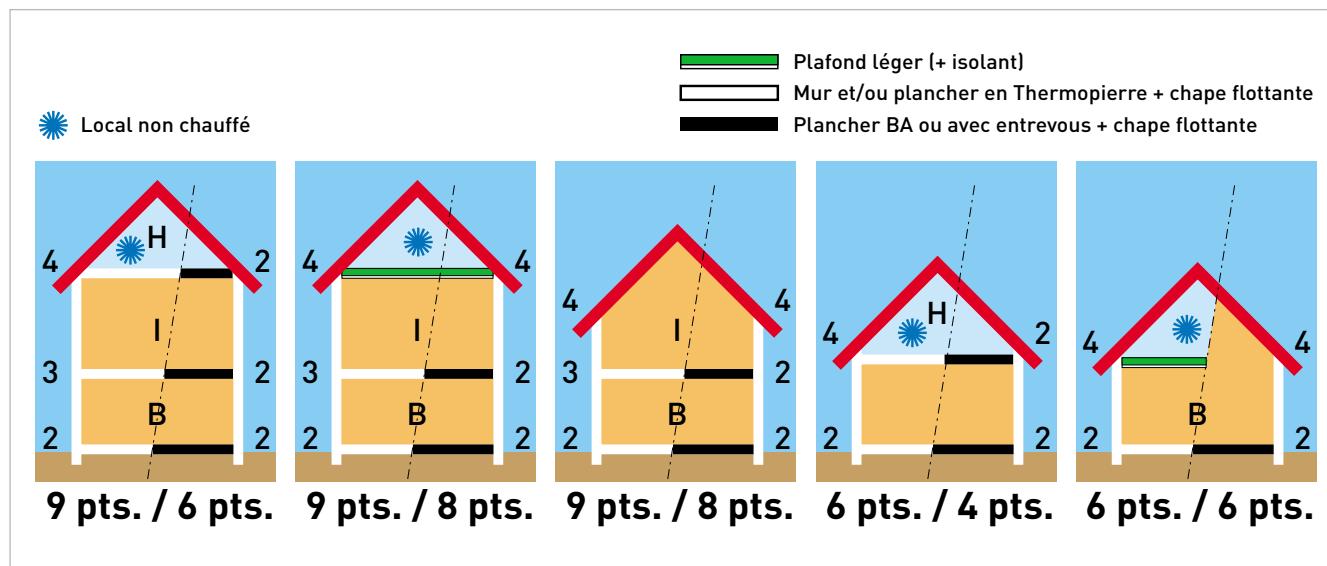


NFP 14.306

Isolation des parois opaques				
Murs en Thermopierre ($\lambda = 12 \text{ W/mK}$)	$\geq 25 \text{ cm}$	$\geq 27,5 \text{ cm}$	$\geq 32,5 \text{ cm}$	$\geq 36,5 \text{ cm}$
Soit épaisseur				
• Plancher en Thermopierre +isolant sous chape	R=0,67 R=1,33	R=0,97 R=1,33	R=1,37 R=1,33	R=1,67 R=1,33
• Isolation sous chape R mini				
• Soit plancher en Thermopierre ép. 20 cm soit sols ou planchers avec R →	≥ 2	$\geq 2,3$	$\geq 2,7$	≥ 3
• Plafonds rampants R →	$\geq 4,5$	$\geq 4,5$	≥ 5	≥ 5
• Autres toitures R →	$\geq 4,5$	≥ 5	$\geq 5,5$	≥ 6
Nombre de points	2 points	3 points	4 points	5 points

Ponts thermiques entre les murs et les planchers			
	Plancher haut	Plancher intermédiaire	Plancher bas
Mur en Thermopierre avec planelle + isolant en about de plancher (plancher non Thermopierre)	2 points	2 points	-
Mur et plancher en Thermopierre avec planelle + isolant en about de plancher	4 points	3 points	-
Chape flottante ou dallage isolé désolidarisé du plancher et du mur par des isolants de résistance thermique au moins égale à $1,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	-	-	2 points

Application par l'exemple



Ponts thermiques au niveau des refends**Un refend en Thermopierre n'interrompt pas l'isolation**

(Il n'y a pas lieu d'enlever 1 point pour un refend en Thermopierre sur maçonnerie en Thermopierre)

= 0 point**Fenêtres et portes-fenêtres**

Le nombre de points dépend de la classe de performance Th (Label Acotherm)

TH5**TH6 ou Th7****Th8 ou Th9****1 point****2 points****3 points****Ventilation****Autoréglable****Hygroréglable**

Quelconque

Groupe marqué NF
avec régulation du groupe

Classe E

Classe D

Classe C

Nombre de points

1 point**2 points****2 points****3 points****4 points****Système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire****Chauffage à eau chaude (compris régulation/programmation)****Chaudière****à condensation****à basse température****référence****standard**

Radiateur

6 points**3 points****2 points****1 point**

Plancher chauffant sur chape chauffante

7 points**4 points****Chauffage électrique (compris régulation/programmation)**

Émetteur rayonnant ou plancher chauffant

1 point**Lieu de construction****Chauffage à eau chaude**Maisons construites à moins de 800 m d'altitude
dans un département bordant la Méditerranée**Système à eau chaude****3 points****Chauffage électrique****4 points**

Autre lieu de construction

0 point**Totalisez tous vos points****Points**

Nombre de points pour l'isolation des parois opaques

Nombre de points pour les ponts thermiques entre les murs et les planchers

Un refend en Thermopierre n'interrompt pas l'isolation

(Il n'y a pas lieu d'enlever 1 point pour un refend en Thermopierre sur maçonnerie en Thermopierre)

= 0 point

Nombre de points pour les fenêtres et portes-fenêtres

Nombre de points pour la ventilation

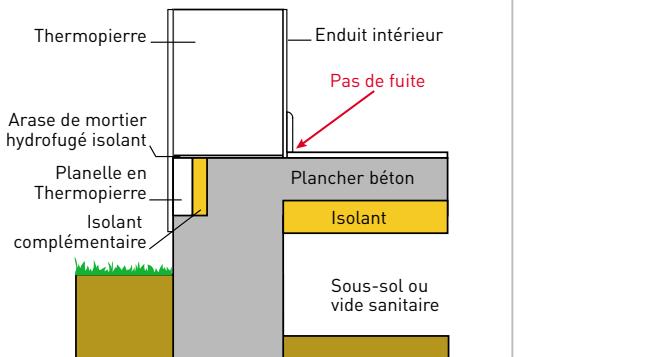
Nombre de points pour le système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire

Nombre de points pour le lieu de construction

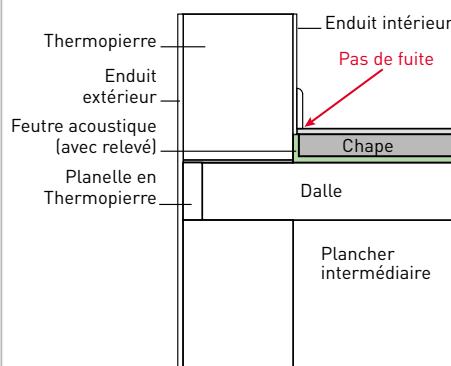
TOTAL DE VOS POINTS**=**

Vous devez obtenir 18 points au minimum.

Liaison mur/dalle sur V.S. ou sous-sol sans chape



Liaison mur/dalle avec chape



6.6. Perméabilité de l'enveloppe

Réduire la perméabilité à l'air (ou fuite à l'air) des bâtiments est un enjeu important.

Sur chaque projet, l'équipe de conception doit engager une réflexion pour définir une barrière continue de l'étanchéité, adaptée aux principes constructifs retenus.

6.6.1. Aspects énergétiques

Avec l'amélioration du niveau d'isolation thermique des bâtiments, le poste renouvellement d'air constitue une part de plus en plus importante des déperditions de chauffage.

Pour un logement individuel de niveau d'isolation conforme à la RT 2000, les déperditions liées aux infiltrations peuvent être de l'ordre de 10% des consommations de chauffage.

Certaines infiltrations parasites peuvent réduire notamment la performance thermique des parois, notamment lorsque l'air circule entre le parement intérieur et l'isolation.

En saison de chauffage, les infiltrations au travers des éléments de façades soumis au vent peuvent se traduire par des courants d'air froid gênants et une température insuffisante dans les pièces exposées.

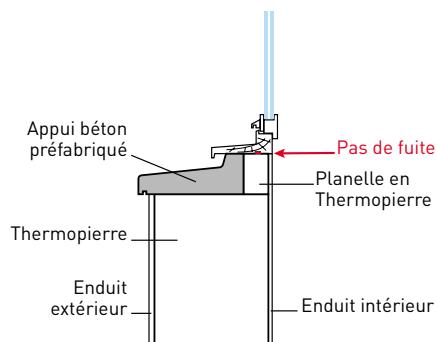
Seule une bonne étanchéité à l'air du bâti permet d'assurer les transferts aérauliques prévus par la ventilation. L'air transitant par les parois peut se charger en polluants qui sont, de cette manière, acheminés à l'intérieur.

La réduction de la perméabilité à l'air améliore l'isolement acoustique par rapport à l'extérieur.

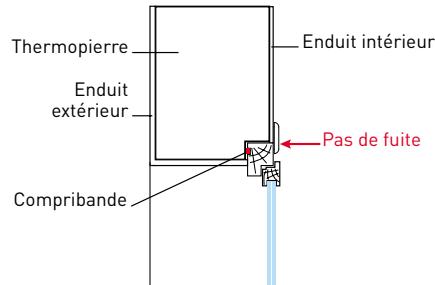
6.6.2. Objectifs de performance

La Réglementation Thermique 2000 fixe des objectifs de perméabilité à l'air des parois extérieures du bâtiment. Elle peut être utilisée dans les calculs, dans la mesure où elle est validée par un essai en fin de chantier.

Liaison mur/fenêtre au niveau de l'appui



Liaison mur/fenêtre au niveau du linteau



6.6.3. Mesure de la perméabilité à l'air des bâtiments

La mesure de la perméabilité à l'air d'un bâtiment s'effectue à l'aide d'un dispositif permettant la mise en dépression du bâtiment testé.

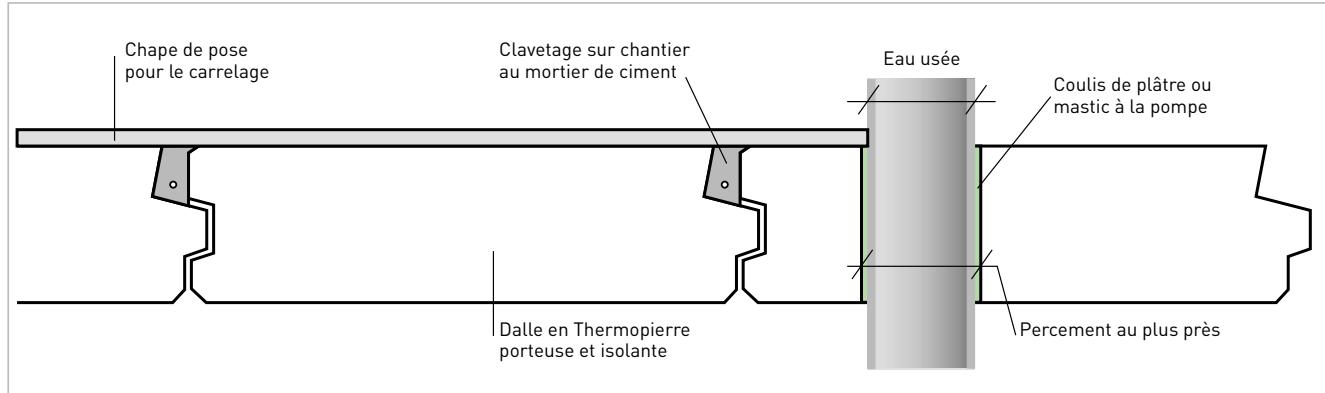
La méthode actuellement utilisée, conformément à la norme ISO 9972, est relativement lourde et onéreuse.

6.7. Principales recommandations

6.7.1. Parois en maçonnerie de petits éléments en Thermopierre

Le principe de base est d'assurer l'étanchéité à l'air au niveau de la paroi en Thermopierre elle-même, tant en partie courante qu'aux points singuliers. Un enduit à base de plâtre est la plus judicieuse des solutions sur la face interne.

Rebouchage, r agréage et finitions : les réservations nécessaires à l'exécution des ouvrages (tuyauterie, gaines électriques, ventilation murale) doivent être colmatées de façon qu'elles assurent les qualités requises à l'ouvrage fini.



6.7.2. Toiture, plancher, terrasse

Les dalles armées en Thermopierre sont porteuses et isolantes. La finition se réalise par chape à carrelage ou par dalle flottante sur isolant. Ces dalles permettent d'obtenir une parfaite étanchéité à l'air de la structure horizontale du bâtiment. De plus, les traversées sont facilement réalisées et leur raccordement étanche en est simplifié. Il en est de même pour l'utilisation de ces dalles en plafond pour combles, aménageables ou non, en toiture sous rampant support de tuiles, ou en toiture terrasse support d'étanchéité.

6.7.3. Menuiserie extérieure

La baie destinée à recevoir la menuiserie doit présenter, en regard des surfaces des dormants, un état de surface compatible avec une réalisation correcte des calfeutrements.

Observations importantes :
Le joint de calfeutrement est toujours situé à la liaison entre le dormant et le gros œuvre, et non à l'interface entre le dormant et l'enduit extérieur.
Un joint complémentaire peut être réalisé entre le dormant et l'enduit.

6.7.4. Bouches sans cadre de fixation

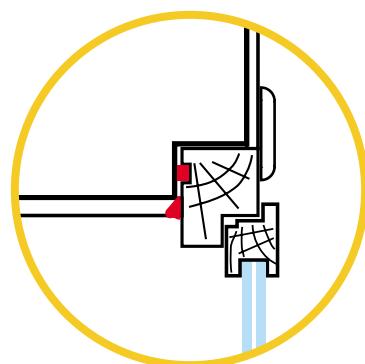
On utilise généralement des bouches comportant une virole équipée d'un joint torique. L'étanchéité est alors réalisée par emboîtement dans le conduit de liaison.

6.7.5. Bouches équipées d'un cadre de fixation

L'assemblage du cadre de fixation avec le conduit de liaison doit être réalisé à l'aide d'un matériau d'étanchéité.

6.7.6. Trappe d'accès aux combles

Le calfeutrement doit être irréprochable car la trappe est en général l'une des grandes responsables des fuites à l'air.



7. Acoustique

7.1. Principes généraux	p. 1
7.2. Normes françaises	p. 3
7.3. Coefficient d'absorption acoustique (comparatifs)	p. 5
7.4. Indices d'affaiblissement acoustique	p. 5
7.5. Résumé des indices d'affaiblissement acoustique des parois en Thermopierre YTONG-SIPOREX	p. 6
7.6. Exemples d'isolation acoustique	p. 8

7. Acoustique

Nuisance des temps modernes, le bruit est souvent considéré comme une fatalité incontournable.

Le législateur, soucieux d'améliorer le confort des usagers, renforce les lois relatives à l'isolation acoustique (NRA 1994) et harmonise les indices par arrêté en 1999.

7.1. Principes généraux

En acoustique architecturale, on distingue différents types de bruits :

- 1 - Les bruits aériens extérieurs au bâtiment
- 2 - Les bruits aériens intérieurs provenant de la vie et de l'activité dans les locaux du bâtiment
- 3 - Les bruits d'équipement générés par les installations et les appareils propres au bâtiment
- 4 - Les bruits d'impact, de choc, de chute ou de déplacement des personnes dans le bâtiment.

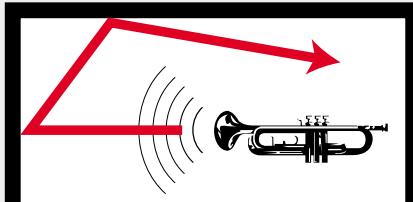


Les bruits peuvent emprunter différentes voies de passage dites "ponts acoustiques" tels les murs, les planchers, la toiture, les plafonds et vitrages mais aussi :

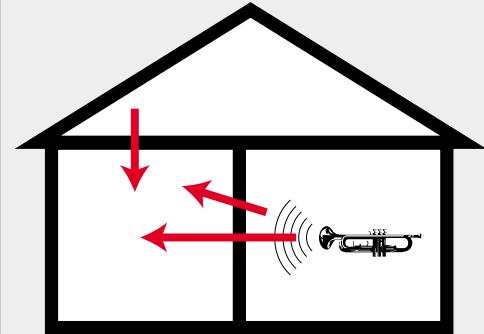
- Les gaines de ventilation
- Les gaines techniques
- Les tuyauteries
- Les défauts de conception comme des fenêtres trop rapprochées
- Les défauts de mise en œuvre comme les réservations mal rebouchées
- Les boîtiers électriques en vis-à-vis (cloisons séparatives)
- Les passages de gaines
- Les mauvaises jonctions entre éléments de maçonnerie.

Il faut agir en conséquence par le choix et une mise en œuvre pertinente de matériaux et de systèmes composites adaptés, afin d'assurer à chaque projet une solution acoustique optimale.

**La correction acoustique
 traite de la propagation
 des bruits à l'intérieur
 d'un même local**



**L'isolation acoustique
 traite de la propagation
 des bruits d'un local
 à un autre**



Échelle des bruits

		unité en dB
Seuil de douleur intolérable	180	
	140	Avion au décollage
	120	Avion - Marteau piqueur
	105	Concert rock - Discothèque
Seuil de danger	100	Tronçonneuse
	95	
	90	Abolement - Restaurant scolaire
Seuil de risque	85	Tondeuse à gazon - Baladeur
		Intérieur du métro
	Bruits fatigants	Ronflement
	80	Traffic rue - Intérieur train
	70	Intérieur voiture - Téléphone
		Aspirateur - Téléviseur
	Bruits gênants	Conversation vive
Seuil d'audibilité	60	Salle de classe - Lave-vaisselle
	Bruits légers	Conversation normale
	40	Séjour - Chambre
	30	Vent léger
	20	Studio d'enregistrement
		Laboratoire d'acoustique
		0

Évolution de la réglementation acoustique : les changements d'indices au 1^{er} janvier 2000

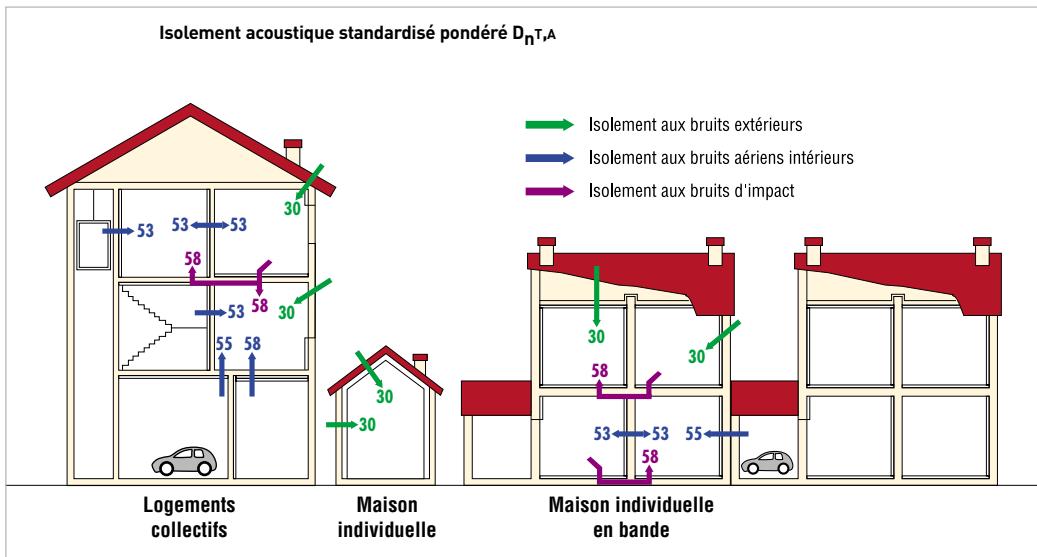
	Performances du produit en laboratoire		Performances du bâtiment	
Types de bruits	En France avant 2000	En Europe et en France après 2000	En France avant 2000	En Europe et en France après 2000
Bruits aériens intérieurs	R_{Rose} en dB(A) Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi pour un bruit rose	R_W (C ; C_{tr}) Indice d'affaiblissement acoustique pondéré d'une paroi (avec ses termes d'adaptation) $\approx R_{Rose} - 1$	D_{nAT} en dB(A) Isolement acoustique normalisé pour un bruit rose	D_{nT,A} en dB Isolement acoustique standardisé pondéré pour un bruit rose $D_{nT,A} = D_{nAT} - 1$
Bruits aériens extérieurs	R_{Route} en dB(A) Indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi pour un bruit route	R_W + C_{tr} en dB Indice d'affaiblissement acoustique pondéré d'une paroi $R_W + C_{tr} \approx R_{Route}$	D_{nAT} en dB(A) Isolement acoustique normalisé pour un bruit route	D_{nT,A,tr} en dB Isolement acoustique standardisé pondéré pour un bruit de trafic
Bruits de choc	ΔL en dB(A) Efficacité aux bruits de choc	ΔL_W en dB Réduction du niveau de bruit de choc pondéré	L_{nAT} en dB(A) Niveau de pression acoustique normalisé	L'_{nT,w} en dB Niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé
Bruits d'équipement	L_W en dB(A) Niveau de puissance acoustique du matériel		L_{nAT} en dB(A) Niveau de pression acoustique normalisé	L_{nAT} en dB(A) Niveau de pression acoustique standardisé
Correction acoustique	a_W en dB(A) Indice d'évaluation de l'absorption		T en secondes Durée de réverbération A en m² Aire d'absorption équivalente des revêtements	

7.2. Normes françaises

Aujourd'hui, la réglementation acoustique pour les logements neufs tient compte de la normalisation européenne, en vigueur depuis les arrêtés du 30 juin 1999. Les textes intègrent les nouvelles normes européennes de calcul des indices :

- Méthode de calcul des indices d'évaluation de la qualité acoustique d'un bâtiment
- Indices uniques d'évaluation de la performance acoustique des produits.

De ce fait, ces textes annulent et remplacent ceux de la NRA du 28 octobre 1994 et s'appliquent aux bâtiments d'habitation dont le permis de construire ou la déclaration de travaux pour surélévation ou addition aux bâtiments existants ont été déposés après le 1^{er} janvier 2000.



Rappel des principales valeurs de la réglementation dans le domaine de l'habitat individuel, en bande et collectif

	Local d'émission avec sources de bruit	Local de réception	
		Pièce princ.	Cuis. et SdB
$D_{nT,A}$	Local d'un autre logement [sauf garage]	53	50
Bruits aériens intérieurs	Circulation commune intérieure, locaux d'émission et de réception séparés par une porte pallière	40	37
	Circulation commune int. au bâtiment		
	Autres cas	53	50
	Garage indiv. d'un log ¹ ou garage collectif	55	52
	Local d'activité [sauf garage collectif]	58	55
Bruits aériens extérieurs $D_{nT,A}$	Espaces extérieurs	30	30
	Appareil individuel de chauf. ou de clim. dans les conditions normales de fonctionn ^t	35	50
Bruits d'équipement	Ventilation mécanique	30	35
	Équipement collectif (ascenseurs, chauff., suppresseur d'eau, vide-ordures)		
L_{nAT}	dans les conditions normales de fonctionn ^t	30	35
Bruits d'impact $L_{nT,W}$	Locaux extérieurs au logement	58	58

Pour les hôtels, l'isolation acoustique entre locaux du même établissement (arrêté du 25 avril 2003) doit être égal ou supérieur aux valeurs indiquées dans le tableau ci-contre.

Rappel des principales valeurs de la réglementation dans le domaine des hôtels

Local d'émission	Local de réception $D_{nT,A}$	
	Chambre	Salle de bain
Chambre voisine, salle de bain d'une autre chambre	50	45
Circulation intérieure	38	38
Bureau, local de repos du personnel (vestiaire fermé)		
Hall de réception, salle de lecture	50	
Salle de réunion, atelier, bar, commerce, cuisine		
Garage, parking, zone de livraison fermée, gymnase		
Piscine intérieure, restaurant, sanitaires collectifs,		
Salle de TV, laverie, local poubelle	55	
Casino, salon de réception sans sonorisation		
Club de santé, salle de jeu	60	
Discothèque, salle de danse		*

*Les exigences d'isolation sont celles définies dans l'arrêté du 15 décembre 1998 pris en application du décret n° 98-1143 du 15 décembre 1998 relatif aux prescriptions applicables aux établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée, à l'exclusion des salles dont l'activité est réservée à l'enseignement de la musique et de la danse.

7.3. Coefficient d'absorption

acoustique (comparatifs)

Les ondes sonores heurtant les parois d'une pièce sont partiellement répercutées (réfléchies) et en partie absorbées en pénétrant dans les parois. C'est ce qui indique le coefficient d'absorption (α) du mur.

Il est possible de réduire le niveau sonore dans une pièce en appliquant des matériaux particulièrement absorbants.

Bien souvent, on a tendance à confondre isolation sonore et absorption sonore.

- Les produits d'absorption servent à limiter la résonance du bruit et sa "couleur" dans un même espace.
- L'isolation sonore diminue la pénétration du son d'un espace à un autre.

Le coefficient d'absorption (α) d'un mur est :

$$\alpha = \frac{\text{Énergie sonore non réfléchie}}{\text{Énergie sonore incidente}}$$

Ce coefficient d'absorption est compris entre 0 et 1.

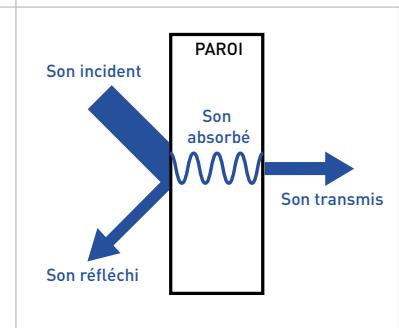
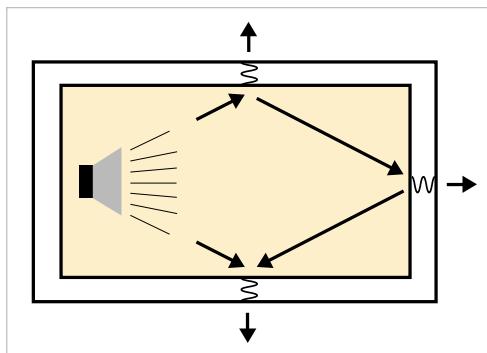
$\alpha = 0$ signifie que tous les bruits sont réfléchis [pour ce faire, les éléments de construction ont une surface plane, sont non poreux et totalement rigides].
 $\alpha = 1$ signifie que tous les bruits sont absorbés ou transmis.

La capacité d'absorption sonore du Thermopierre est 5 à 10 fois supérieure à celle de matériaux lisses "insonorisants".

Il s'avère donc que son utilisation est particulièrement conseillée pour les bâtiments bruyants, afin d'atténuer la propagation des bruits internes (bruits diffus).

Le tableau suivant donne le coefficient d'absorption du Thermopierre brut en fonction de la fréquence médiane f.

(essais acoustiques du CSTB n°14831)



7.4. Indices d'affaiblissement acoustique

Paroi en Thermopierre	Épaisseur brute en cm	Procès-verbal	Indices d'affaiblissement dB(A)
Cloison MVn 500 kg/m ³	7,5	n° 1074 CSTB Cahier n° 1397	R _{rose} = 34 R _{route} = 32
Cloison MVn 500 kg/m ³	10	n° 1064 CSTB Cahier n° 1397	R _{rose} = 38 R _{route} = 34
Mur MVn 500 kg/m ³	25	CEBTP 2312.6.543	R _{rose} = 47 R _{route} = 44
Mur MVn 500 kg/m ³ + doublage Calibel 1+5*	25+6	CEBTP 2312.6.543	R _{rose} = 60 R _{route} = 54
Mur en blocs MVn 400 kg/m ³	30	CSTB 96-09-551	R _{rose} = 48 R _{route} = 44
Mur double MVn 450 kg/m ³	48	CSTB 15756	R _{rose} = 67
	20 + 5 + 3 + 20		

*Mur avec doublage acoustique enduit une face.

Fréquence (Hz)

125 250 500 1000 2000 4000

Coefficient d'absorption

0,00 0,15 0,25 0,20 0,20 0,20

7.5. Résumé des indices d'affaiblissement acoustique des parois en Thermopierre YTONG-SIPOREX

Parois simples						
Cloisons	Épaisseur (mm)	Dimensions (cm)	MVn (kg/m³)	Rw (C ; Ctr)	R_A	R_{A,tr}
Carreaux	70	25/50 x 62,5	550	36 [-1 ; -3]	35	33
Cloison hauteur d'étage	70	240 à 300 x 62,5	550 à 600 750 à 800	36 [-1 ; -3] 39 [0 ; -3]	35 39	33 36
Carreaux	100	25/50 x 62,5	550	39 [-1 ; -4]	38	35
Cloison hauteur d'étage	100	240 à 300 x 62,5	550 à 600 750 à 800	39 [-1 ; -4] 41 [0 ; -3]	38 41	35 38
Carreaux	150	25/50 x 62,5	550	42 [-1 ; -4]	41	38
Murs						
Blocs/Jumbo/Modulbloc	200	25/50 x 62,5/100	400 550	42 [-2 ; -6] 45 [-2 ; -5]	40 43	36 40
	250	25/50 x 62,5/100	400 550	44 [-2 ; -6] 46 [-1 ; -5]	42 45	38 41
enduits 2 faces	250	25/50 x 62,5/100	550	48 [-1 ; -4]	47	44
	300	25/50 x 62,5/100	400	46 [-2 ; -6]	44	40
enduits 2 faces	300	25/50 x 62,5/100	400	49 [-1 ; -5]	48	44
Planchers						
Dalle surcharge 300/450 kg/m³	200	100 à 480 x 60/62,5	600	45 [-1 ; -5]	44	40
	240	100 à 530 x 60/62,5	600	47 [-2 ; -6]	45	41
	300	100 à 560 x 60/62,5	600	49 [-2 ; -6]	47	43

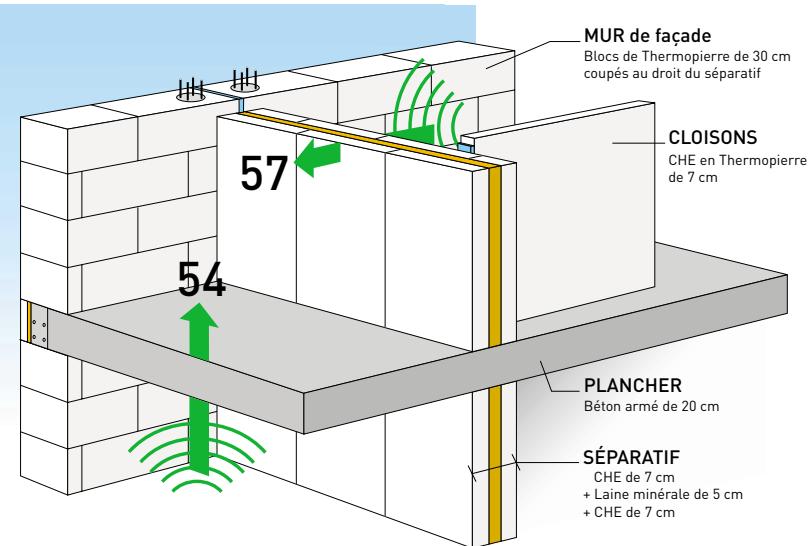
Parois composites						
Cloisons/murs	Épaisseur (mm)	Dimensions (cm)	MVn (kg/m³)	Rw (C ; Ctr)	R_A	R_{A,tr}
Carreaux 150 + doublage acoustique 10+40	200	25/50 x 62,5	550	53 [-2 ; -9]	51	44
Blocs 200 + doublage 10+40	250	25/50 x 62,5	550	54 [-2 ; -9]	52	45
Blocs 250 + doublage 10+50	310	25/50 x 62,5	500	62 [-2 ; -10]	60	52
Blocs 250 + doublage 10+70	330	25/50 x 62,5	500	63 [-2 ; -10]	61	53
Plancher Thermopierre						
Dalle 200 + laine minérale 40 + chape 40	280	100 à 480 x 60	600	57 [-1 ; -7]	56	50
Dalle 200 + laine minérale 40 + chape 60	300	100 à 480 x 60	600	58 [-2 ; -6]	56	52
Dalle 240 + laine minérale 40 + chape 40	320	100 à 530 x 60	600	59 [-2 ; -8]	57	51
Dalle 240 + laine minérale 40 + chape 60	340	100 à 530 x 60	600	59 [-1 ; -6]	58	53
Dalle 300 + laine minérale 40 + chape 40	380	100 à 560 x 60	600	60 [-2 ; -7]	58	53
Dalle 300 + laine minérale 40 + chape 60	400	100 à 560 x 60	600	61 [-2 ; -6]	59	55

Études acoustiques réalisées par le cabinet Gamba.

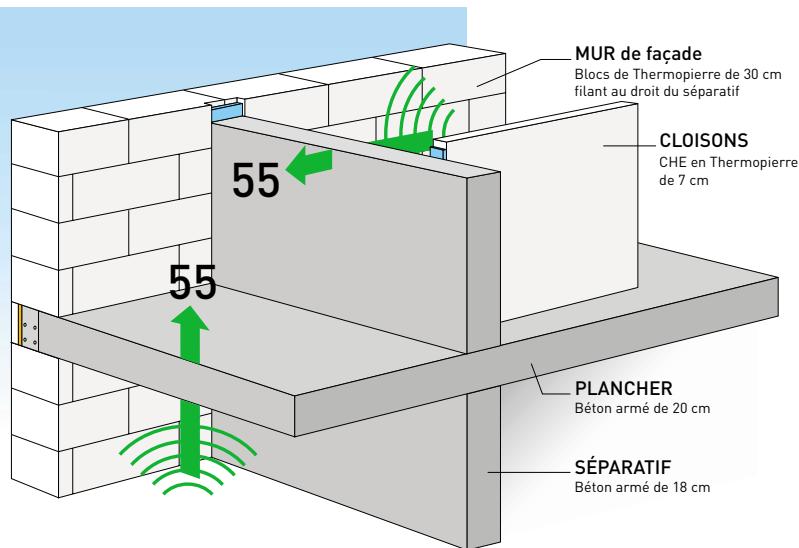
Parois doubles						
Cloisons/murs	Épaisseur (mm)	Dimensions (cm)	MVn (kg/m ³)	R _W (C ; C _{tr})	R _A	R _{A,tr}
Carreaux 70 + laine de roche 25 + carreaux 70	165	25/50 x 60	550	56 (-2 ; -6)	54	50
Cloison hauteur d'étage 70 + laine de roche 25 + cloison hauteur d'étage 70	165	240 à 300 x 60	550 à 600 750 à 800	56 (-2 ; -7) 61 (-1 ; -5)	54 60	49 56
Carreaux 70 + laine de roche 40 + carreaux 70	180	25/50 x 60	550	58 (-1 ; -4)	57	54
Cloison hauteur d'étage 70 + laine de roche 40 + cloison hauteur d'étage 70	180	240 à 300 x 60	550 à 600 750 à 800	58 (-2 ; -5) 63 (-1 ; -5)	56 62	53 58
Carreaux 100 + laine de roche 40 + carreaux 100	240	25/50 x 60	550	59 (-1 ; -4)	58	55
Cloison hauteur d'étage 100 + laine de roche 40 + cloison hauteur d'étage 100	240	240 à 300 x 60	550 à 600 750 à 800	59 (-1 ; -4) 64 (-1 ; -5)	58 63	55 59
Mur 150 + laine de roche 25 + mur 150	325	25/50 x 60	550	59 (-1 ; -6)	58	53
Dalle verticale porteuse 200 + laine de roche 30 + dalle verticale porteuse 200	430	300 x 60	550	68 (-1 ; -7)	67	60

7.6. Exemples d'isolation acoustique

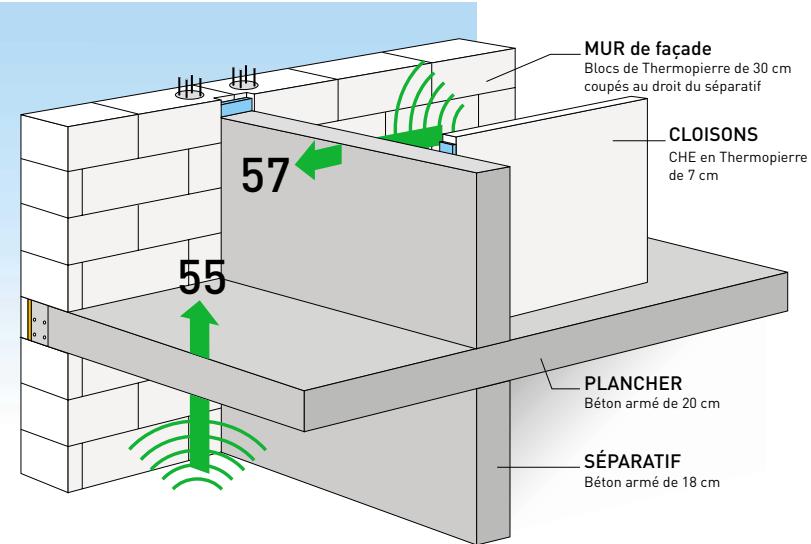
Exemple d'isolation acoustique avec CHE en séparatifs



Exemple d'isolation acoustique avec refend béton en séparatifs



Exemple d'isolation acoustique avec refend béton en séparatifs



Il y a lieu de noter que, pour un isolement particulier, des configurations différentes pourraient être requises.

8. Résistance au feu

8.1. Textes réglementaires	p. 1
8.2. Incombustibilité	p. 2
8.3. Tenue au feu	p. 2
8.4. Résistance au feu	p. 3
8.5. Sécurité, en cas d'incendie, du personnel intervenant sur le sinistre	p. 3
8.6. Stabilité des murs de grande dimension	p. 3

8. Résistance au feu

8.1. Textes réglementaires

Les exigences imposées en matière de sécurité contre les risques d'incendie sont très nombreuses et découlent du Code des Communes, du Code de l'Urbanisme, du Code de la Construction et de l'Habitation et du Code du Travail et de l'Environnement.

Elles imposent des règles minimales de prévention incendie destinées à assurer la protection et la sauvegarde des personnes et des biens pour :

- Les bâtiments d'habitation
- Les immeubles de grande hauteur (IGH)
- Les établissements recevant du public (ERP)
- Les installations classées pour la protection de l'environnement.

Les normes et règlements français considèrent 2 notions de comportement au feu bien distinctes :

- **La réaction au feu**

Elle permet de juger la participation d'un matériau au développement et à la propagation du feu. Les essais de réaction au feu conduisent à un classement allant de M0 (incombustible) à M4 (inflammable).

Une nouvelle classification au feu vient d'être introduite : les Euroclasses.

Le ministère de l'intérieur a entériné la nécessité d'harmoniser, au plan européen, les méthodes d'essais et les catégories de classification des produits de construction et d'aménagement vis-à-vis de la réaction au feu.

L'échelle française en M a été remplacée par les Euroclasses A1, A2, B, C, D, E et F. A1 et A2 correspondent peu ou prou à l'ancienne classe française M0 (matériaux incombustibles).

L'arrêté prévoit le classement automatique, c'est-à-dire sans essais, en A1 et A1f (plancher) de certains matériaux, dont le béton cellulaire ou Thermopierre.

Euroclasses	Exigence
A1	Incombustible
A2	M0
A2	M1
B	
C	M2
D	M3
	M4 (non gouttant)

- **La résistance au feu**

Elle permet de juger la capacité que possède une paroi à assurer sa fonction porteuse et à s'opposer à la transmission du feu.

Les critères permettant de déterminer le degré de résistance au feu des éléments de construction sont :

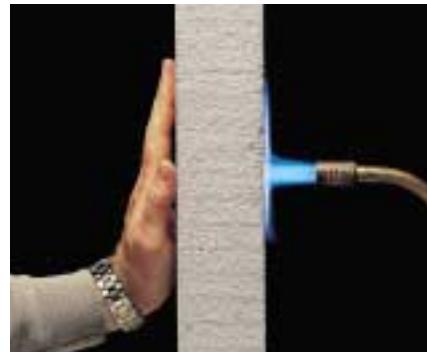
- 1- La résistance mécanique
- 2- L'étanchéité aux flammes et aux gaz
- 3- L'isolation thermique (limitation de l'échauffement de la face non exposée au feu de plus de 140°C en moyenne, ou 180°C en un point, par rapport à la température initiale).

Le classement des éléments résistant au feu comprend trois catégories :

- Stable au feu (SF)
seul le critère 1 est requis
- Pare-flamme (PF)
les critères 1 et 2 sont requis
- Coupe-feu (CF)
les critères 1, 2 et 3 sont requis.

Classification des ouvrages en fonction de leur catégorie selon la réglementation incendie*			
Famille d'ouvrage	Structure verticale paroi & mur	Cloison séparation	Structure horiz. plancher & toiture
Famille 1 Maisons individuelles - 1 étage jumelées ou en bande - RDC	0h15	0h30	0h15
Famille 2 Maisons individuelles jumelées à plus d'1 étage en bande structure contiguë Habitat collectif de 3 étages maximum	0h30	1H00	0H30
Famille 3A Bâtiment 7 étages avec accès particulier pour services sécurité	1h00	1h30	1h00
Famille 3B Bâtiment 7 étages sans accès particulier pour services sécurité	1h00	1h30	1h00
Famille 4 Immeubles de 26 à 50 m	1h30	1h30	1h30
Autres : exig. par CCTP Si plus de 50 m, exigence minimum Spécificité ESP/Tiers minimum	1h30	1h30 3h00	1h30

* Code de la construction et de l'habitation (édition 15 mai 1997).



Classement et procès-verbaux

de classement au feu

Désignation	Épaisseur cm	N° procès-verbal	Classement
Cloisons en carreaux	7	RS 00-096	Coupe-feu 1h30
		93.35128 CSTB	Pare-flamme 1h30
Cloisons en carreaux	10	RS 00-097	Coupe-feu 3h
		91.32311 CSTB	Pare-flamme 3h
Murs en blocs	15	RS 01-104	Coupe-feu 6h
		86.23870 CSTB	Pare-flamme 6h
Murs en blocs	20	RS 01-105	Coupe-feu 6h
			Pare-flamme 6h
Dalles de toiture et de plancher	Selon enrobage	86.23468 CSTB recond. 96/2	Coupe-feu et Pare-flamme de 1 à 4h
Bardage	15	RS 00-204 CSTB	Coupe-feu 6h
		97.U.040 CTICM	Coupe-feu 6h

8.2. Incombustibilité

Le Thermopierre (béton cellulaire autoclavé) est un matériau minéral, incombustible, dont le point de fusion se situe à environ 1200 °C.

Le Thermopierre est classé M0 ou A1 et A1f en Euroclasse. Alliance de sa nature minérale et de sa forte résistance thermique, le Thermopierre est particulièrement bien adapté à toutes les applications coupe-feu.

Le Thermopierre est classé matériau dur par l'arrêté du 30/06/1983 par l'APSAD (Assemblé Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages)

Règles APSAD :

- Mur séparatif ordinaire (M.S.O.)

Le mur séparatif ordinaire doit être au moins coupe-feu 2 h, quelle que soit la face du mur exposée à l'incendie.

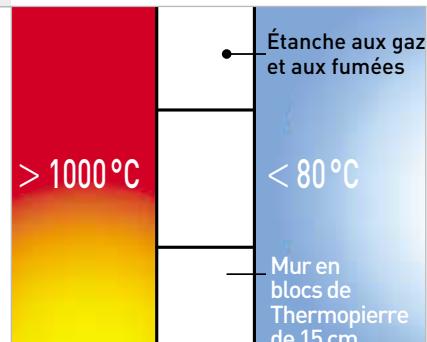
- Mur séparatif coupe-feu (M.S.C.F.)

Le mur séparatif coupe-feu doit être au moins coupe-feu 4 h, quelle que soit la face du mur exposée à l'incendie.

Pour qu'elle soit prise en considération, la résistance au feu doit être validée par un bureau de contrôle.

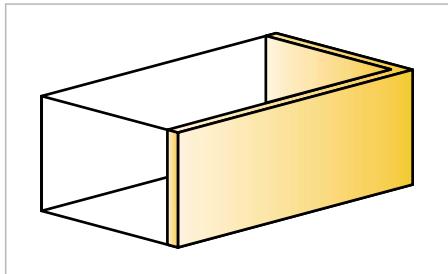
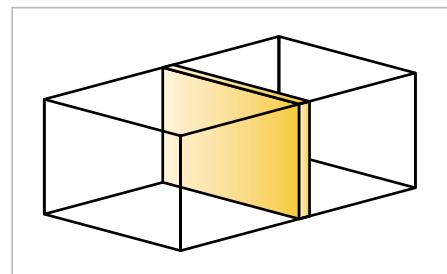
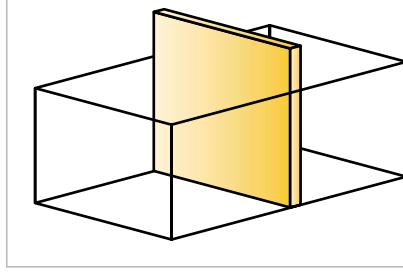
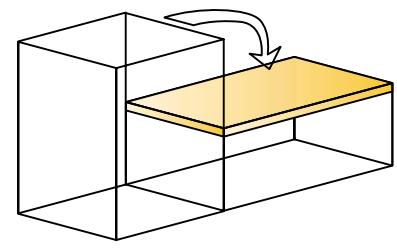
8.3. Tenue au feu (carreaux, blocs, dalles et panneaux de bardage)

La tenue au feu du Thermopierre est remarquable, comme en témoignent les procès-verbaux d'essais de résistance au feu réalisés par le CSTB. Grâce à son faible coefficient de conductivité thermique, le flux de chaleur est nettement réduit dans le Thermopierre. La température sur la face non exposée au feu en est d'autant plus basse.

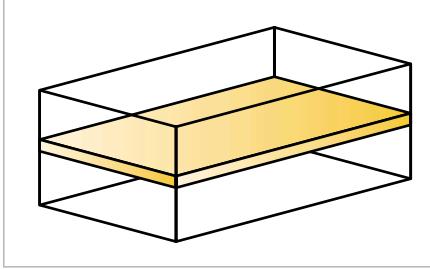


Au cours des essais réalisés sur des murs en blocs de 15 cm d'épaisseur (PV RS 01-104), la température en tout point de la face non exposée au feu, y compris au droit des joints, a été inférieure à 80°C jusqu'à 6 heures pour la face exposée à plus de 1000°C.

D'une manière générale, la température est plus basse dans la paroi en Thermopierre que dans celle en béton de granulats courant.

**Mur périphérique coupe-feu****Mur séparatif coupe-feu****Mur séparatif coupe-feu****Toiture coupe-feu**

Pour tous les cas d'ouvrage se trouvant en milieu urbain et devant être protégé soit d'un incendie qui se déclare dans des étages supérieurs d'un immeuble contigu, soit de la propagation d'un incendie, né dans l'ouvrage lui-même, aux immeubles contigus

**Plancher coupe-feu**

Pour tous les ouvrages où il faut éviter la propagation d'un incendie se déclarant dans l'ouvrage lui-même, aux étages supérieurs ou inférieurs

8.4. Résistance au feu

Avec une résistance au feu exceptionnelle, le Système de construction en Thermopierre apporte la solution idéale pour toutes les constructions d'habitats collectifs, de bâtiments administratifs, industriels, agricoles ou de loisirs.

8.5. Sécurité, en cas d'incendie, du personnel intervenant sur le sinistre

Le Thermopierre est peu sensible aux chocs thermiques. En cas d'incendie, il ne se fissure pas, n'éclate pas et ne génère aucune émanation gazeuse. Les pompiers peuvent ainsi opérer sans risque supplémentaire.

8.6. Stabilité des murs de grande dimension

Les blocs en Thermopierre sont destinés à la réalisation de murs porteurs ou de remplissage coupe-feu. Des éléments de chaînage vertical et horizontal participent à la stabilité de l'ouvrage et permettent de réaliser des murs coupe-feu de grande hauteur et de grande longueur.

9. Système de construction

Les éléments porteurs

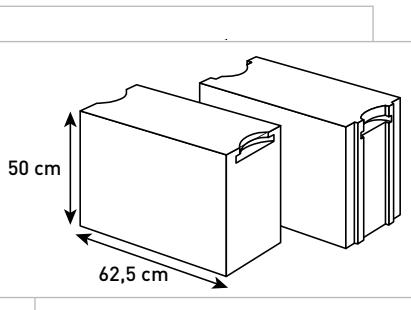
9.1.	Les blocs	p. 1
9.2.	Les blocs de grand format	p. 1
9.3.	Les dalles hauteur d'étage	p. 1
9.4.	Les blocs d'angle	p. 2
9.5.	Les blocs U et U coquille	p. 2
9.6.	Les planelles isolantes	p. 2
9.7.	Les linteaux porteurs	p. 3
9.8.	Les dalles de plancher	p. 4
9.9.	Les dalles de toiture	p. 4

Les éléments non porteurs

9.10.	Les carreaux	p. 5
9.11.	Les éléments hauteur d'étage C.H.E.	p. 5
9.12.	Les linteaux non porteurs	p. 5
9.13.	Le mortier-colle PREOCOL	p. 6
9.14.	Outilage, matériel et accessoires	p. 7
9.15.	Tableau de dimensionnement	p. 9
9.16.	Tableau de palettisation	p. 9

9. Système de construction

Les éléments porteurs

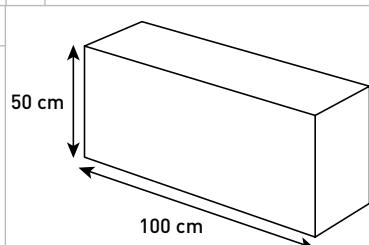


Bloc

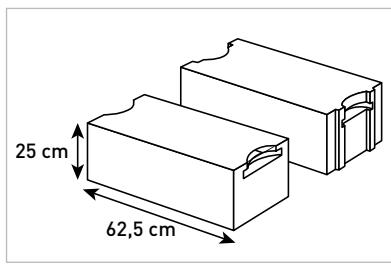
Jumbo



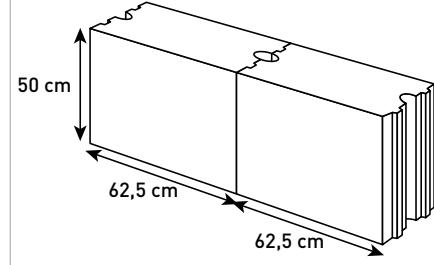
NFP 14.306



Modulbloc



Bloc



Dalle hauteur d'étage

9.1. Les blocs

Destinés à la réalisation de murs porteurs extérieurs et de refends, de murs de remplissage, de sous-sol et de murs coupe-feu.

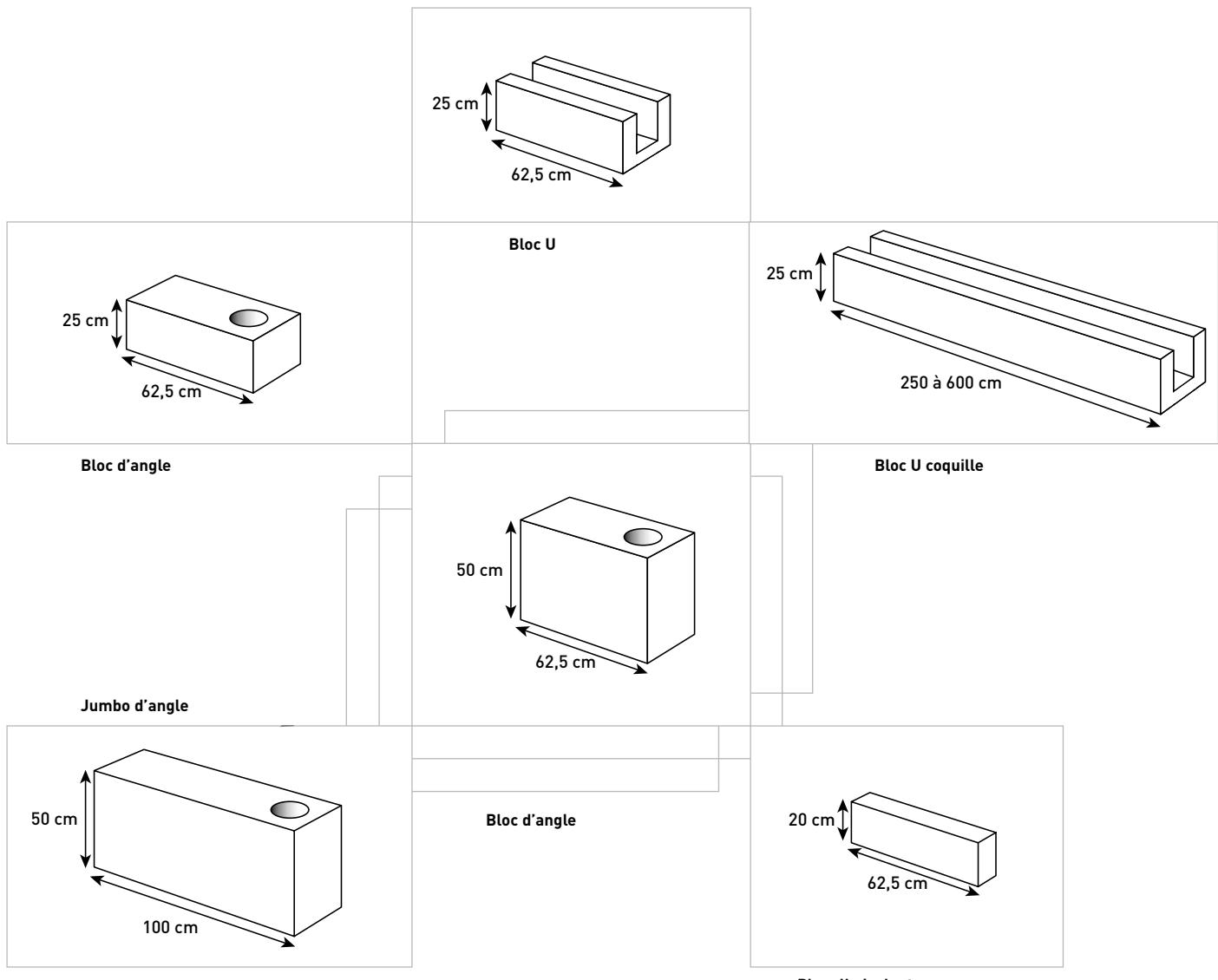
9.2. Les blocs de grand format : Modulbloc et Jumbo

Destinés à la réalisation mécanisée et plus rapide de murs porteurs extérieurs et de refends et de murs de remplissage.

De grande dimension (H 50 cm), leur mise en œuvre s'effectue avec une mini-grue, dont chaque prise permet, dans le cas du Modulbloc, de poser 2 blocs simultanément.

9.3. Les dalles hauteur d'étage

Ces éléments du Système de construction YTONG-SIPOREX sont des dalles porteuses préfabriquées de grand format, ayant la hauteur standard d'un étage. Elles sont destinées à la réalisation très rapide de murs porteurs extérieurs, hors-sol. Elles sont utilisées pour des constructions standard et répétitives telles que des maisons en bande, des centres de vacances ou de loisirs, des locaux administratifs, et des bâtiments agricoles.



9.4. Les blocs d'angle (chaînage vertical)

Destinés à la réalisation des chaînages verticaux, ils présentent une réserve cylindrique de Ø différent selon l'épaisseur des blocs. Leur pose collée identique aux autres blocs du Système de construction YTONG-SIPOREX supprime tout coffrage et attente de séchage. Ils assurent une homogénéité thermique à la construction et une continuité du support pour les enduits. Les blocs d'angle sont aussi utilisés pour les constructions en zone sismique et pour les ceintures des ouvertures.

9.5. Les blocs U (chaînage horizontal)

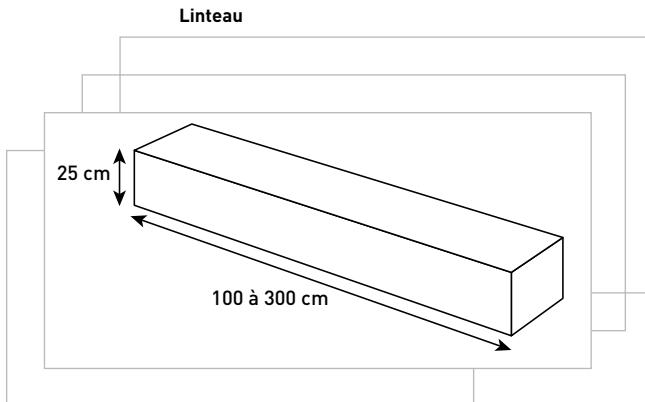
Ils sont destinés à la réalisation du chaînage périphérique, en servant de coffrage à la ceinture de béton armé. Ils contribuent à l'efficacité de l'isolation du Système et assurent une homogénéité thermique à la construction et une continuité du support pour les enduits.

Les U coquille

Ils servent de coffrage pour la réalisation des chaînages périphériques et de linteaux pour les baies de grande ouverture.

9.6. Les planelles isolantes

En servant de coffrage à la ceinture de béton armé du chaînage périphérique, elles garantissent une homogénéité des parois pour les enduits et éliminent les ponts thermiques.



Dimensions	8 KN/ml	18 KN/ml
100 - 25 - 20	X	X
100 - 25 - 25	X	X
100 - 25 - 30	X	X
100 - 25 - 36,5	X	X
125 - 25 - 15	X	
130 - 25 - 20	X	X
130 - 25 - 25	X	X
130 - 25 - 30	X	X
130 - 25 - 36,5	X	X
175 - 25 - 20	X	
175 - 25 - 25	X	X
175 - 25 - 30	X	X
175 - 25 - 36,5	X	X
200 - 25 - 15	X	
200 - 25 - 20	X	
200 - 25 - 25	X	X
200 - 25 - 30	X	X
200 - 25 - 36,5	X	X
225 - 25 - 20	X	
225 - 25 - 25	X	
225 - 25 - 30	X	X
225 - 25 - 36,5	X	X
300 - 25 - 20	X	
300 - 25 - 25	X	
300 - 25 - 30	X	

9.7. Les linteaux porteurs

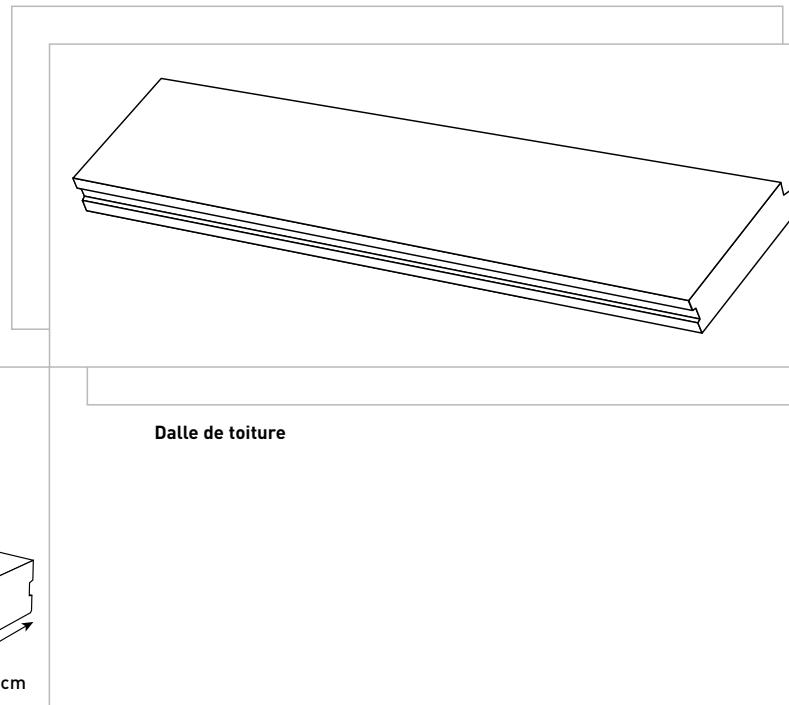
Les linteaux YTONG-SIPOREX sont des éléments armés préfabriqués de dimensions standard. Ils complètent et améliorent les qualités thermiques du Système de construction YTONG-SIPOREX en supprimant les ponts thermiques. Leur utilisation garantit une totale sécurité de résistance*. Leur mise en œuvre s'effectue par une simple pose collée, sans étai ni coffrage et sans arrêt du chantier.

*Dans le cadre d'une mise en œuvre conforme aux règles de l'art et au respect de l'utilisation exclusive à laquelle les linteaux sont destinés et de leur charge maximale autorisée. Les dimensions d'origine ne doivent pas être modifiées.

Les profondeurs d'appui des linteaux porteurs sont :

- 20 cm pour les linteaux de longueur < ou = 175 cm
- 25 cm pour les linteaux de longueur > ou = 200 cm.

Les planchers et toitures



Dalle de plancher

Dalle de toiture

9.8. Les dalles de plancher

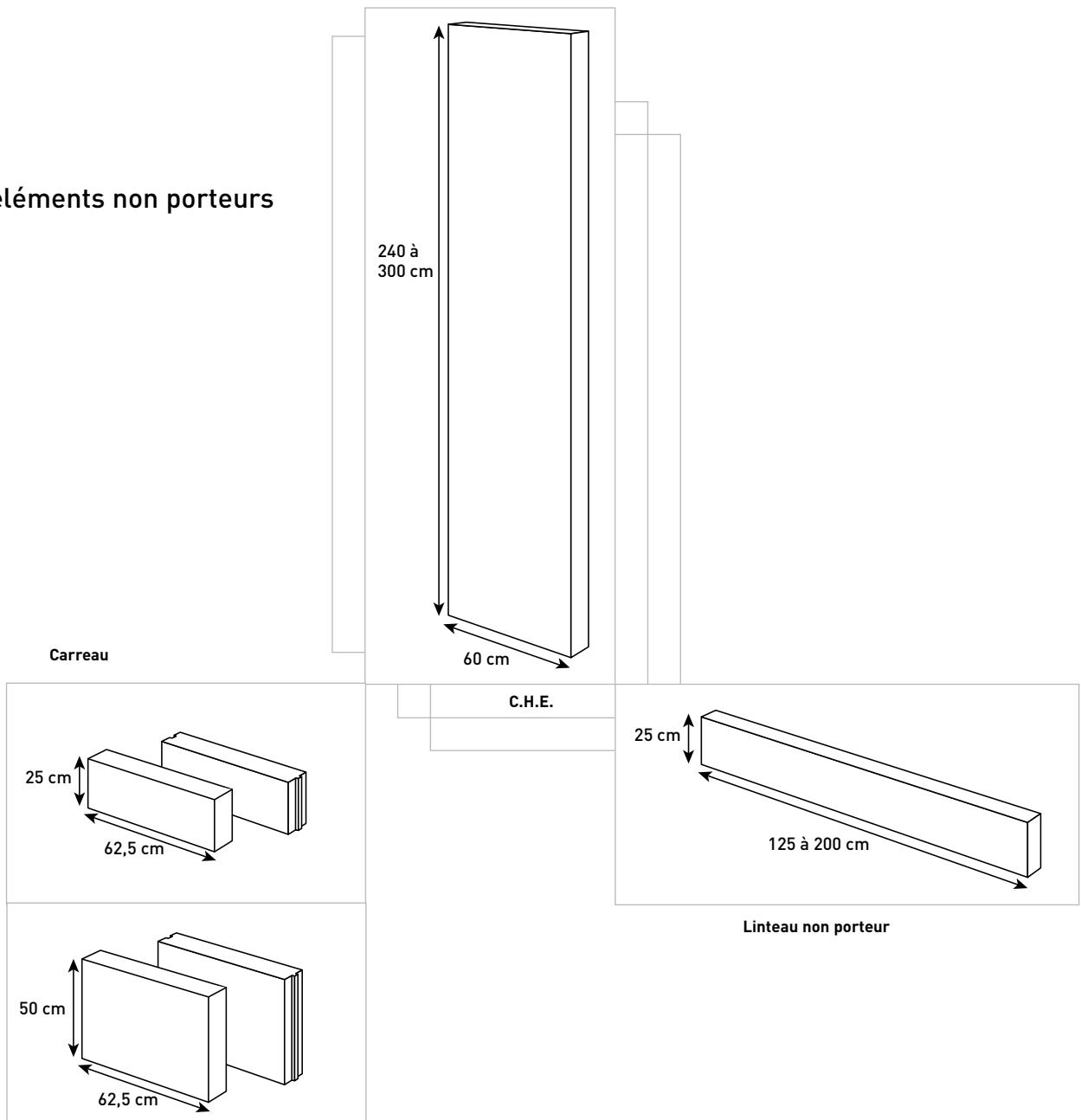
Les dalles de plancher sont des éléments armés porteurs et isolants, destinés à la réalisation de planchers. Elles sont adaptées à un emploi sur vide sanitaire ou en tant que plancher intermédiaire. Elles rendent inutiles les coffrages et étalements, et diminuent considérablement le volume de béton à couler ; la dalle de compression est en effet évitée, et seuls les joints entre dalles sont à claveter. Le plancher peut être posé en quelques heures (100 m² en 5 heures, soit 12 à 15 dalles par heure pour 2 unités de main d'œuvre).

Une fois le clavetage des joints terminé, la maçonnerie du niveau supérieur peut aussitôt continuer. Ces dalles sont fabriquées sur mesure, après une étude de calepinage précise fournie par nos services techniques.

9.9. Les dalles de toiture

Les dalles de toiture sont des éléments armés porteurs et isolants, destinés à la réalisation de plafonds, de sous-toitures et de toitures. Elles sont disposées horizontalement ou en rampant, parallèlement au faîte, leurs extrémités reposant sur les murs porteurs perpendiculaires. Elles sont fabriquées sur mesure, après une étude de calepinage précise fournie par nos services techniques.

Les éléments non porteurs



9.10. Les carreaux

Utilisés pour la réalisation de cloisons massives de distribution ou de séparation, en doublage de mur, en aménagement de cave ou de grenier, les carreaux trouvent de nombreuses applications tant en neuf qu'en rénovation. Ils s'intègrent parfaitement au Système de construction YTONG-SIPOREX en facilitant la conception et la mise en œuvre, en améliorant, dans le même temps, les performances d'isolation thermique et acoustique.

9.11. Les éléments hauteur d'étage C.H.E.

Les éléments hauteur d'étage YTONG-SIPOREX sont des dalles non porteuses préfabriquées, de grand format, ayant la hauteur standard d'un étage. Elles sont destinées à la réalisation très rapide de cloisons de distribution. Elles sont utilisées pour des constructions standard et répétitives, telles que maisons en bande, logements collectifs, immeubles de bureaux, locaux administratifs et maisons de retraite.

9.12. Les linteaux non porteurs

Les linteaux non porteurs sont des éléments préfabriqués de dimensions standard. Ils complètent et améliorent les qualités thermiques du Système de construction YTONG-SIPOREX et participent à l'inertie thermique, grâce à l'homogénéité de la construction. Leur mise en œuvre s'effectue par une simple pose collée, sans étai ni coffrage et sans arrêt du chantier. Ils facilitent largement le passage des portes dans les cloisons. Les profondeurs d'appui de chaque extrémité des linteaux peuvent varier de 20 cm à 12,5 cm (nous consulter).

Voir tableau de dimensionnement en fin de chapitre



9.13. Le mortier-colle PREOCOL

Pour la réalisation du gros œuvre, de la cave au toit, de tous types de construction, Xella a mis au point un mortier-colle spécifique qui garantit la pose à joint mince de son Système : le PREOCOL.

Sécurité

L'utilisation de ce mortier-colle est indissociable de la mise en œuvre des éléments du Système de construction YTONG-SIPOREX. Il permet d'améliorer le coefficient global N :

- Le chargement centré passe de 8 à 5
- Le chargement excentré passe de 10 à 6,5.

Garantie

L'utilisation du mortier-colle assure des chantiers sans souci.

- Les quantités exactes nécessaires au chantier sont indiquées sur devis
- Xella effectue toujours ses livraisons, matériaux et mortier-colle, en même temps et directement sur les chantiers.



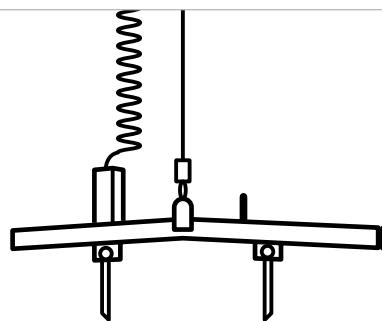
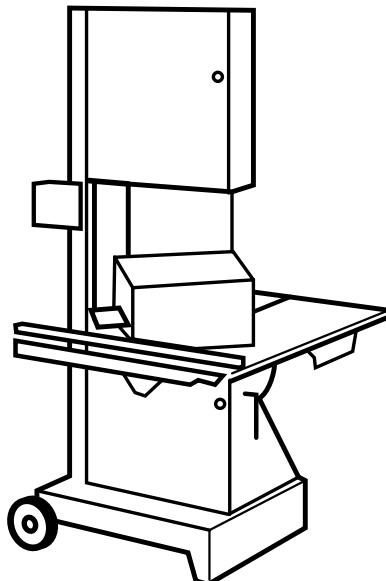
9.14. Outilage, matériel et accessoires

Pour réaliser facilement la mise en œuvre des éléments du Système de construction YTONG-SIPOREX, une gamme complète mais réduite d'outils est nécessaire. Ils garantissent la précision pour tous les travaux de façonnage, de pose et de finition.

Des équipements de base existent également sous forme de kits, très pratiques et faciles à transporter :

- Kit outillage 1 : Mur extérieur
- Kit outillage 2 : Cloisons intérieures
- Kit outillage 3 : Électricien.

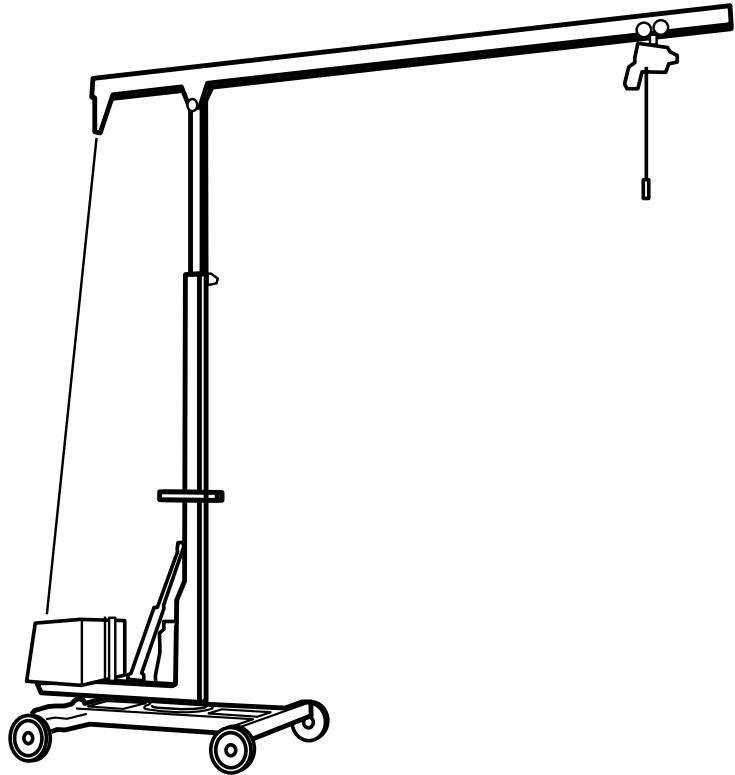




2 types de scie à ruban électrique ,
selon la dimension des blocs

Pince de levage pour Modulbloc et Jumbo

Saisie de 2 blocs simultanément



Pour simplifier ou faciliter la pose de certains produits de la gamme YTONG-SIPOREX, ou pour réaliser des travaux de façonnage et de finition, Xella a sélectionné des matériaux auxiliaires et électriques.

Mini-grue destinée à la mécanisation
de la pose des Modulbloc

9.15. Tableau de dimensionnement

Epaisseur	5		7		10		15		20		25		30		36,5
Longueur	62,5		62,5		62,5		62,5		62,5		62,5		62,5		62,5
Hauteur	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25	50	25
Blocs															
Modulbloc															
Carreaux															
Carreaux 50															
Blocs de chaînage horizontal															
Planelles de chaînage horizontal															
Blocs de chaînage vertical															
Densité disponible et poids à l'état sec	MVn 400	-	-	-	-	-	9,37	18,75	12,5	25	15,62	31,25	18,75	37,5	22,81
	MVn 500	3,9	7,8	5,46	10,93	7,81	15,62	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de pièces par m ²		6,4	3,2	6,4	3,2	6,4	3,2	6,4	3,2	3,2	6,4	3,2	6,4	3,2	6,4
Consommation de PRECOL kg / m ²	lisse	1,25	0,75	1,75	1,00	-	-	3,00	2,00	4,00	2,70	5,00	3,35	6,00	4,00
	à profil	-	-	-	-	2,50	1,50	2,20	1,20	3,50	1,65	4,50	1,95	5,50	2,40
															6,20

9.16. Tableau de palettisation

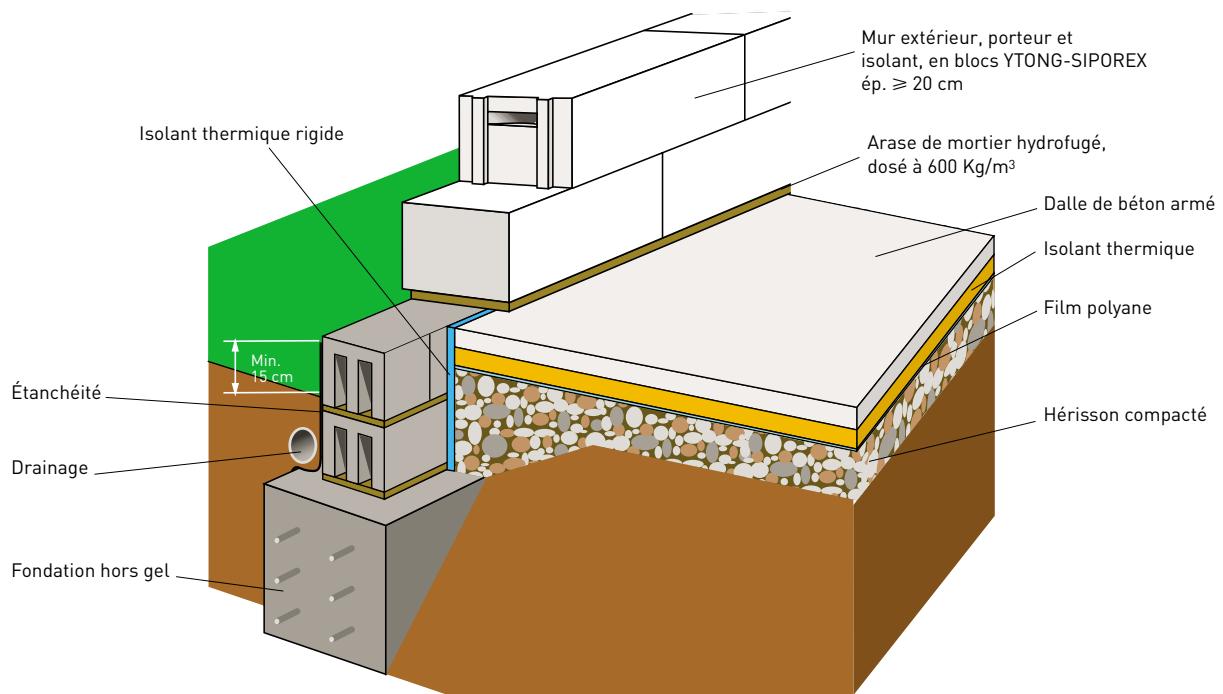
Epaisseur	5		7		10		15		20		25		30		36,5		
Hauteur	25		50		25		50		25		50		25		25		
Nombre de m ² par palette	St Savin	30		21,25		15		10		7,5		6,25		5	3,75		
	Autres usines	32,5		26,25		18,75		12,50		8,75		-	7,50	-	6,25	-	5,00
Nombre d'unités par palette	St Savin	192	96	136	68	96	48	64	32	48	24	40	20	32	16	24	
	Autres usines	208	104	168	84	120	60	80	40	56	-	48	-	40	-	32	
Poids par palette	St Savin	1035	1035	1035	1035	1035	1035	850	850	850	850	1080	895	850	850	750	
	Autres usines	1280	1330	1260	1330	1280	1280	1050	1050	985	-	1050	-	1050	-	1025	

10. Conception du gros œuvre

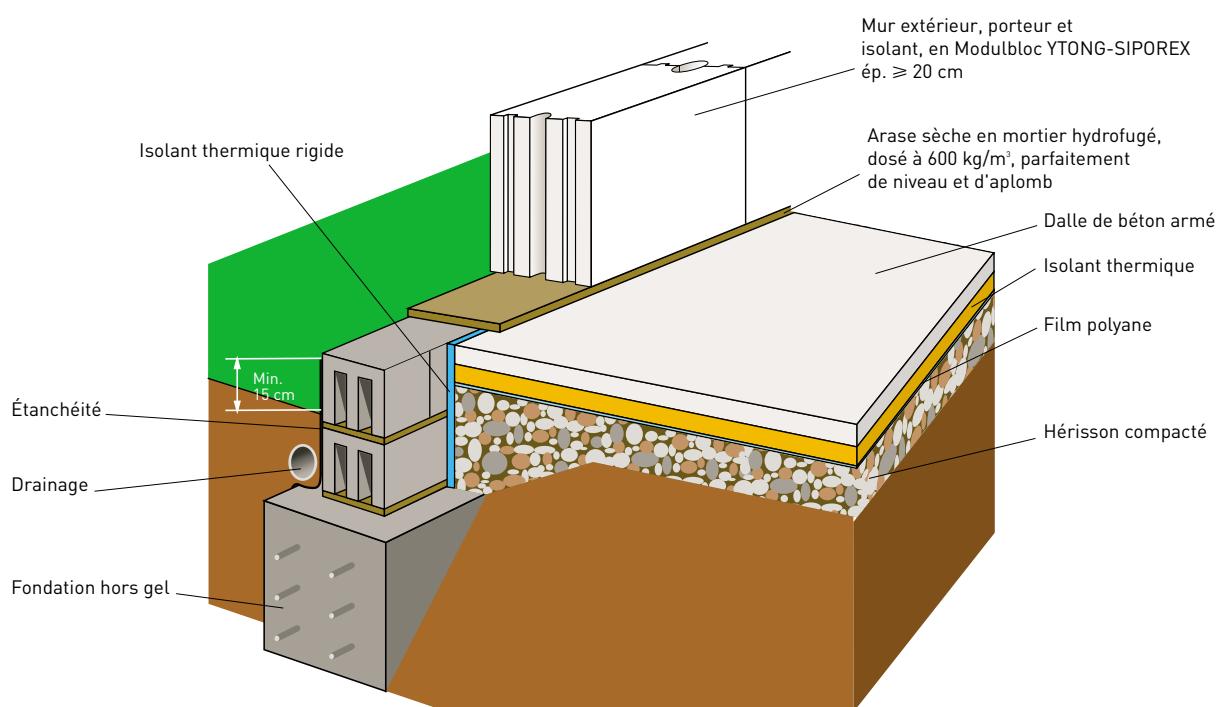
- Démarrage sur terre-pleinp. 1
- Démarrage sur terre-plein - Mur extérieur en Modulbloc
- Démarrage sur vide sanitaire ou sous-solp. 2
- Plancher en dalles et mur extérieur en Modulbloc
- Scellement d'une menuiserie en appliquep. 3
- Fixation pour volets battants et coupe sur allège et menuiserie
- Fixation pour console boisp. 4
- Appuis de charpente fermette sur linteau baie
- Détails de finition d'une réserve pour appuis de panne en pignonp. 5
- Plancher solivage bois
- Longueur du fer d'allègep. 6
- Hauteur d'allège brute
- Coupe sur volet roulant autoportantp. 7
- Linteau coffrage sous plancher en dallesp. 8
- Pose de linteau en blocs "U" ou "U" coquille sous chaînage périphérique en planelles
- Pose de linteau sous chaînage périphérique en blocs "U" ou "U" coquillep. 9
- Jonction entre mur extérieur et refend en blocs ou Modulblocp. 10
- Jonction entre mur extérieur (ép. 30) avec chaînage et mur extérieur (ép. 20 garage) - A
- Jonction entre mur extérieur et refend en blocs
- Plancher poutrelles-hourdis et mur extérieur en blocsp. 12
- Plancher en dalles isolantes et porteuses et mur extérieur en blocs
- Porte-à-faux des dalles de plancher pour balcon ou coursivep. 13
- Anchorage des armatures de joint entre les dalles et le chaînage périphériquep. 13
- Plancher en dalles et armature du chaînage périphérique et verticalp. 14
- Anchorage des dalles de plancher sur poutre béton
- Trémie de largeur supérieure à 75 cmp. 15
- Trémie avec ouverture sur une dalle de plancher
- Détail de montage des dalles de toiture, en panne sablièrep. 16
- Détail de montage en faîte de toiture
Dalle de toiture
- Anchorage des dalles de toiture sur pignonp. 17
- Anchorage des dalles de toiture sur pignon en refend
- Assise des cloisons sur sol béton lissep. 18
- Assise des cloisons sur sol béton irrégulier
- Assise des cloisons sur sol béton
- Assise des cloisons sur plancher bois
- Liaison sous plafond des cloisonsp. 20
- Fixation de porte avec scellement en queue d'arondep. 21
- Cloison de doublage
- Pose des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E.p. 22
- Assise des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E. sur sol béton lisse ou irrégulier
- Assise des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E. sur plancher bois
- Liaison sous plafond des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E.
- Liaison en angle des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E.
- Détail de liaison en T des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E.

10. Conception du gros œuvre

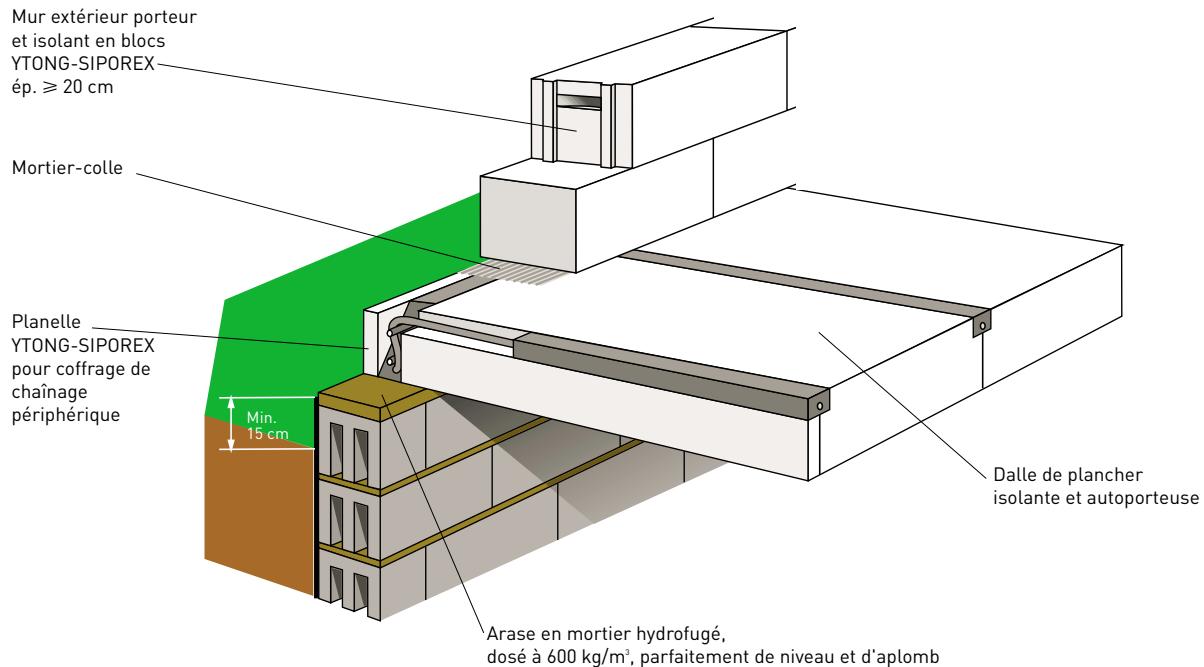
Démarrage sur terre-plein



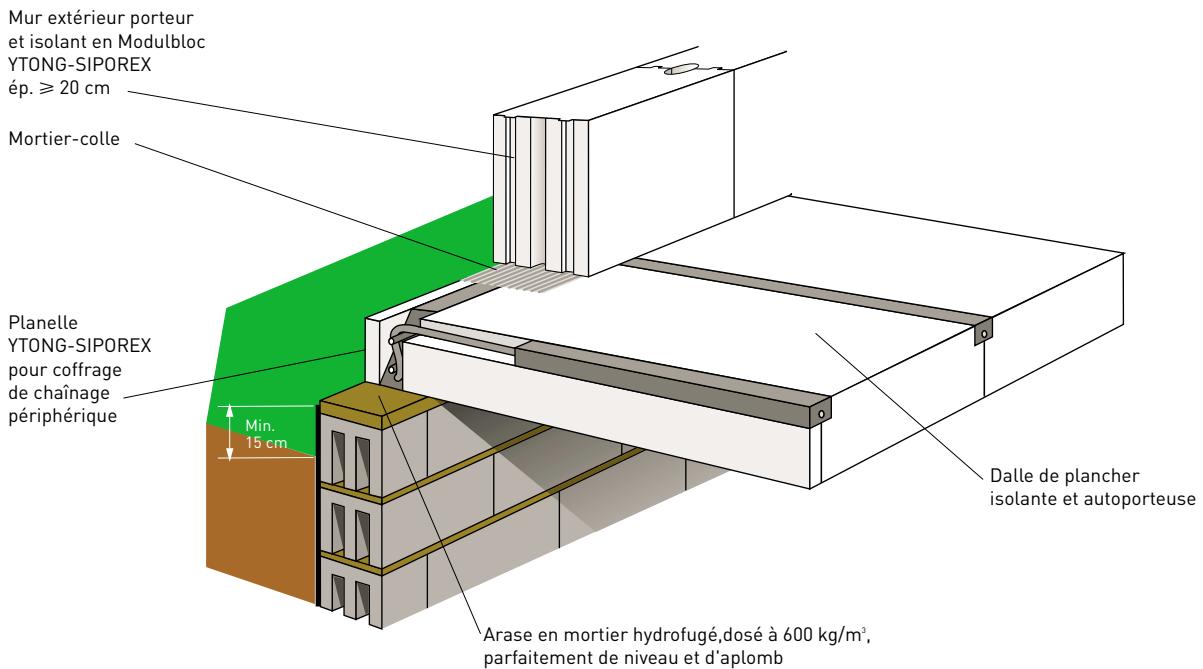
Démarrage sur terre-plein - Mur extérieur en Modulbloc



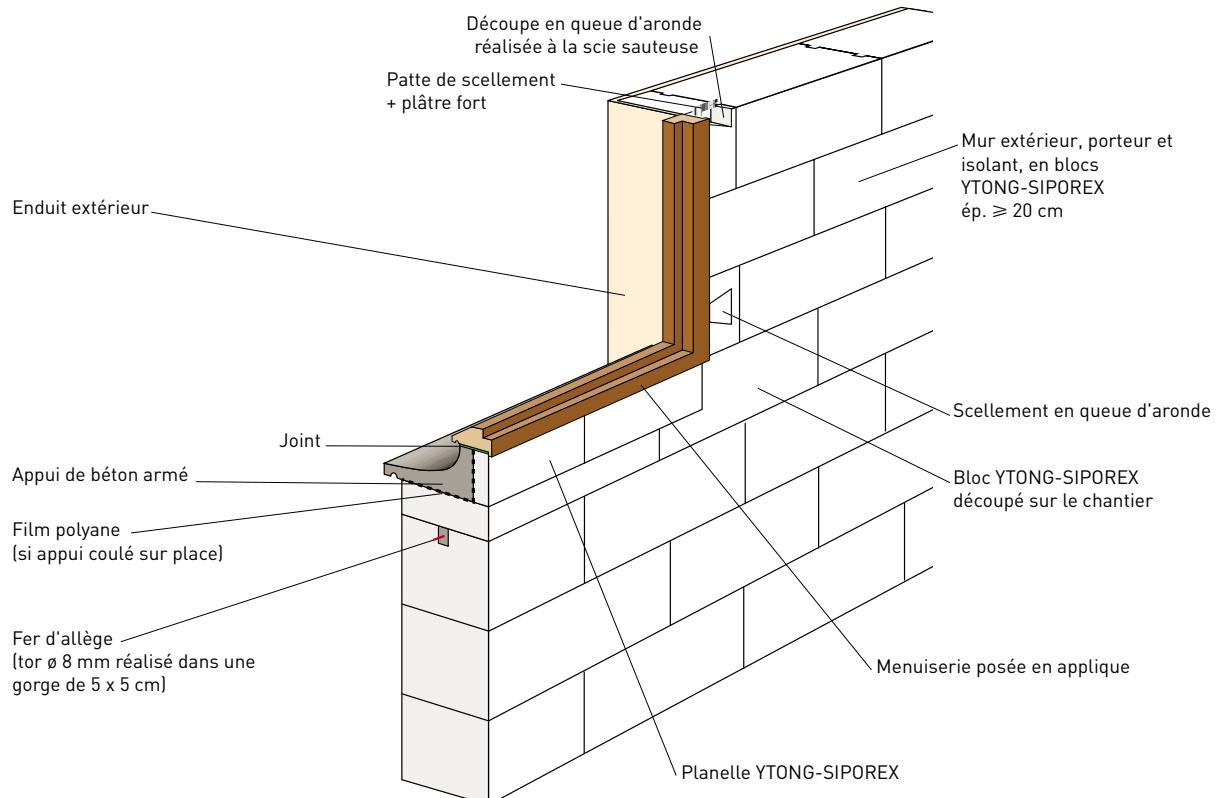
Démarrage sur vide sanitaire ou sous-sol



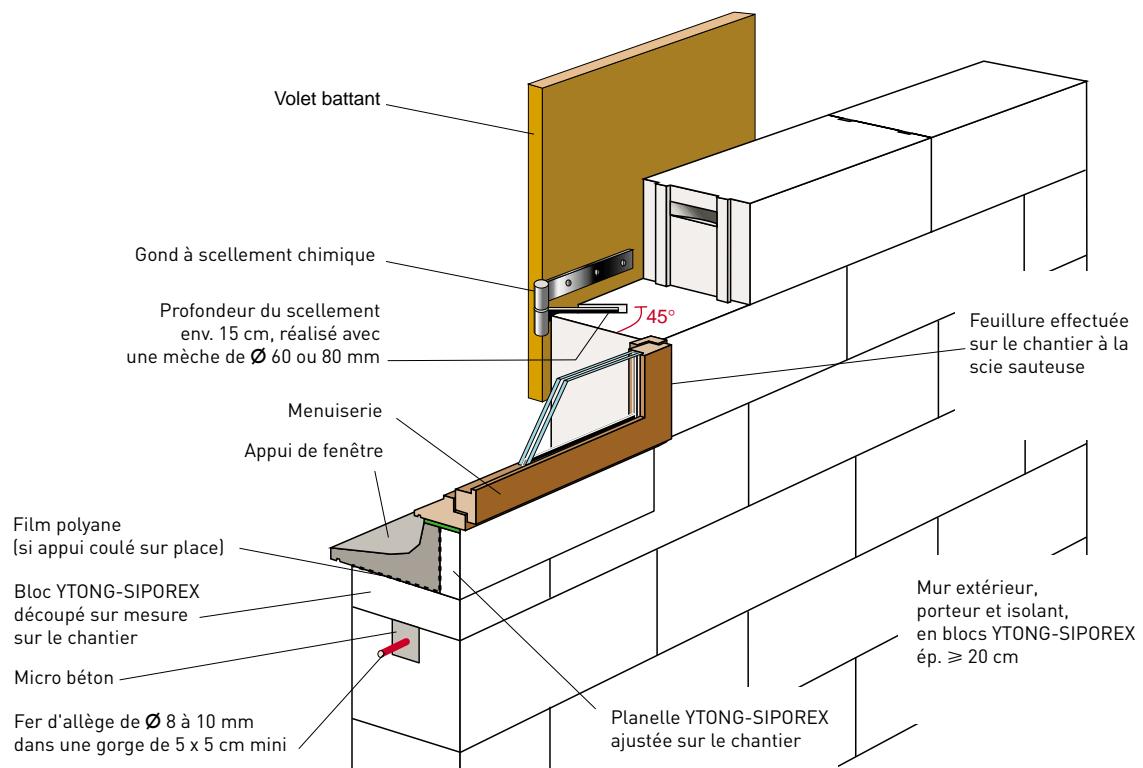
Démarrage sur vide sanitaire ou sous-sol Plancher en dalles et mur extérieur en Modulbloc



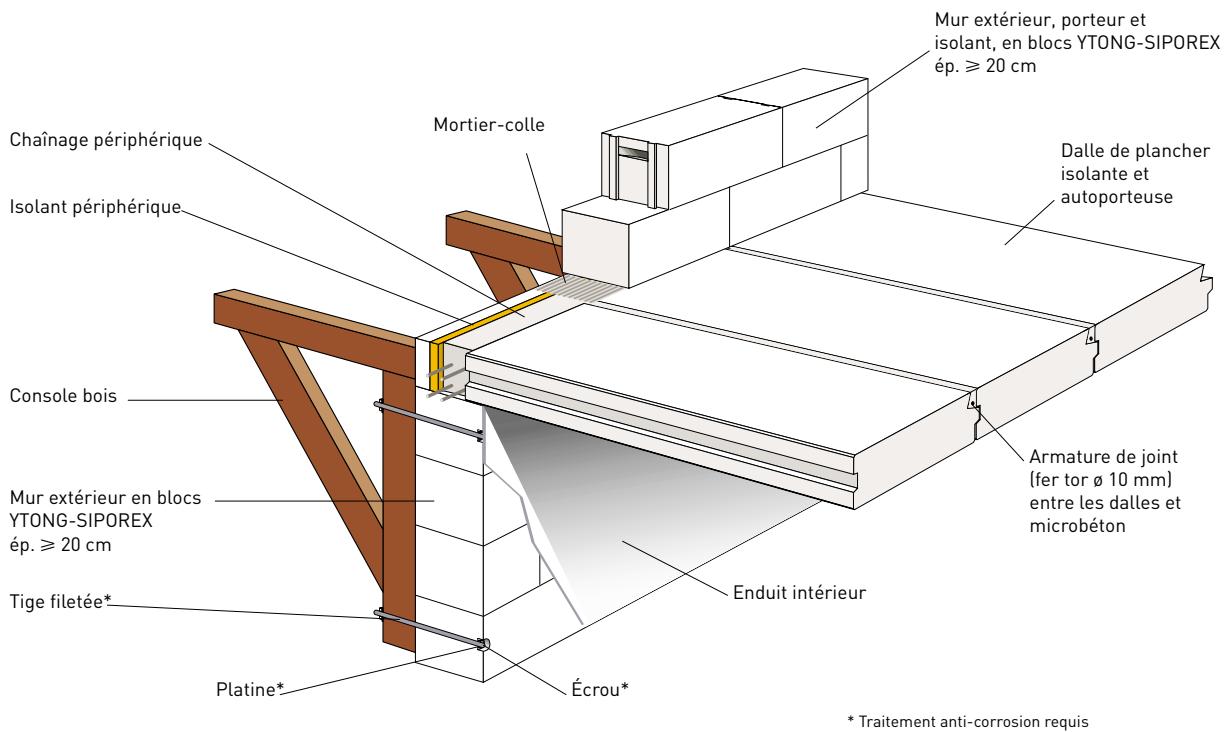
Scellement d'une menuiserie en applique



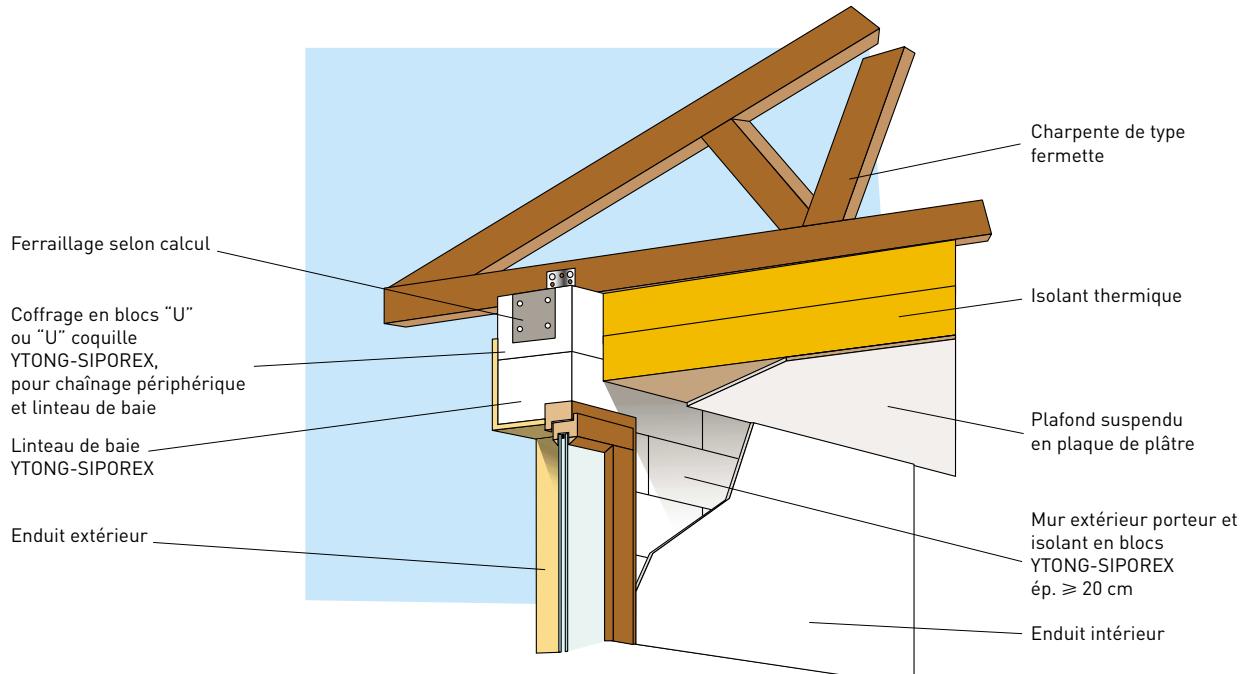
Fixation pour volets battants et coupe sur allège et menuiserie



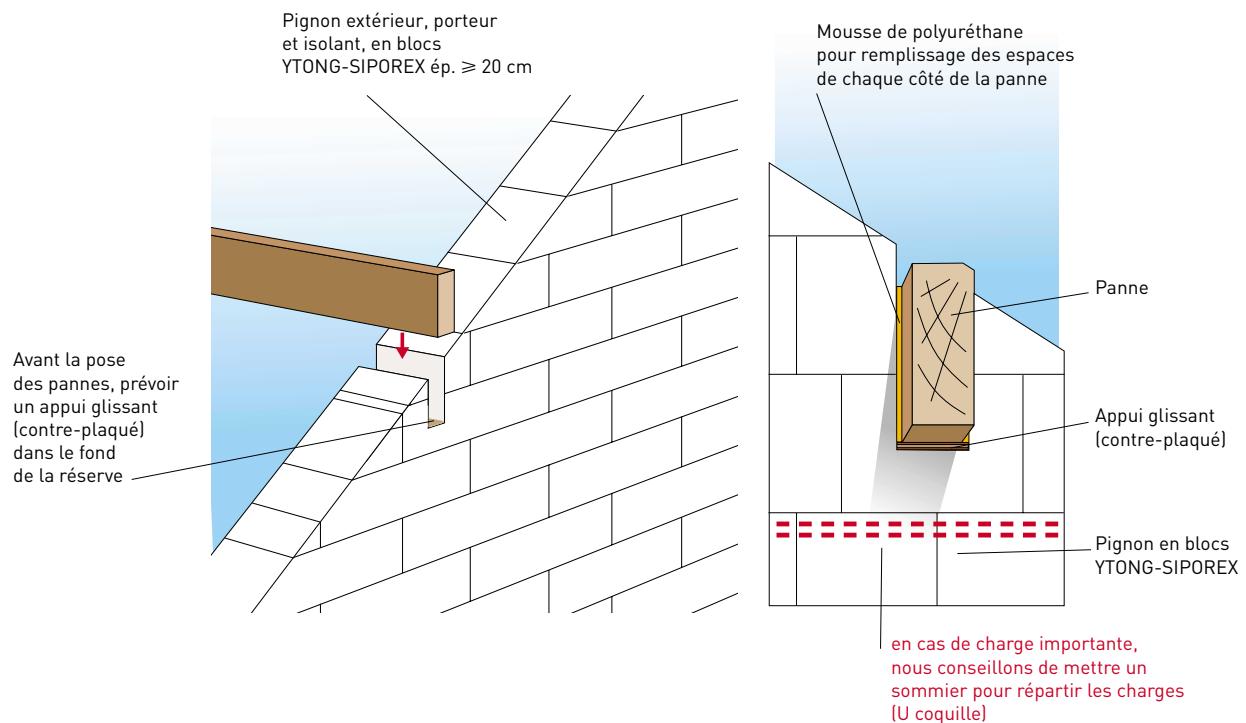
Fixation pour console bois



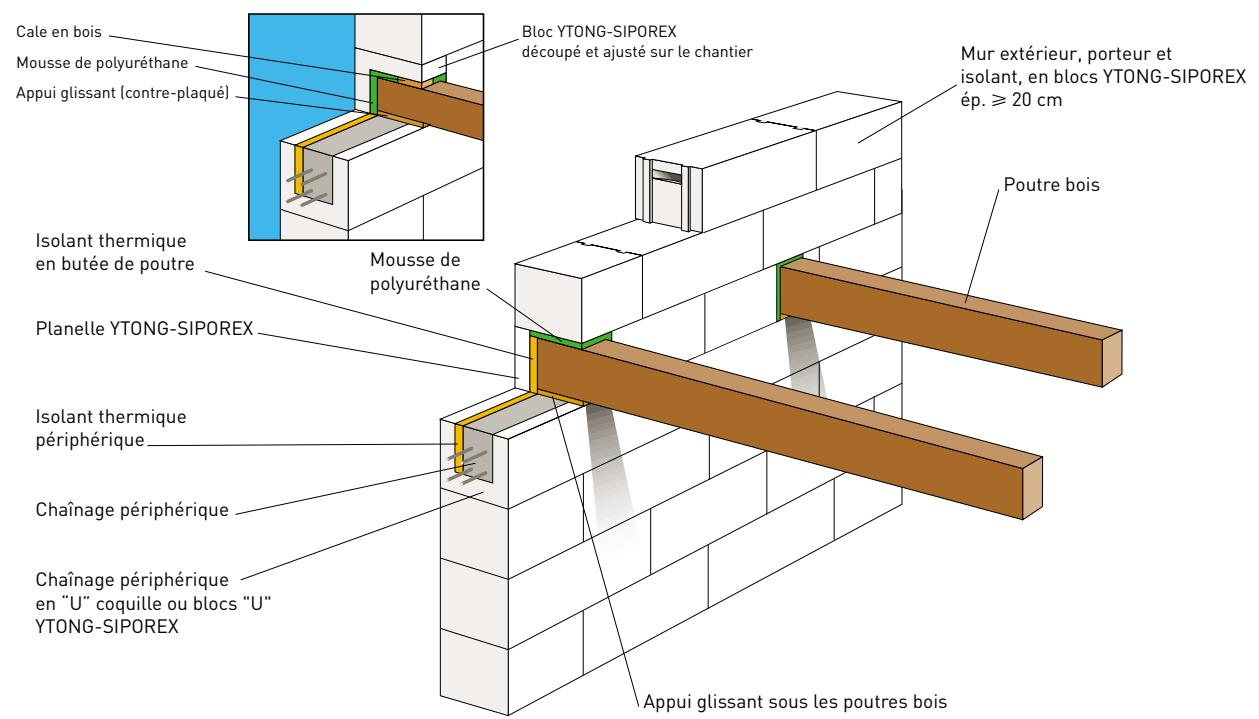
Appuis de charpente fermette sur linteau baie



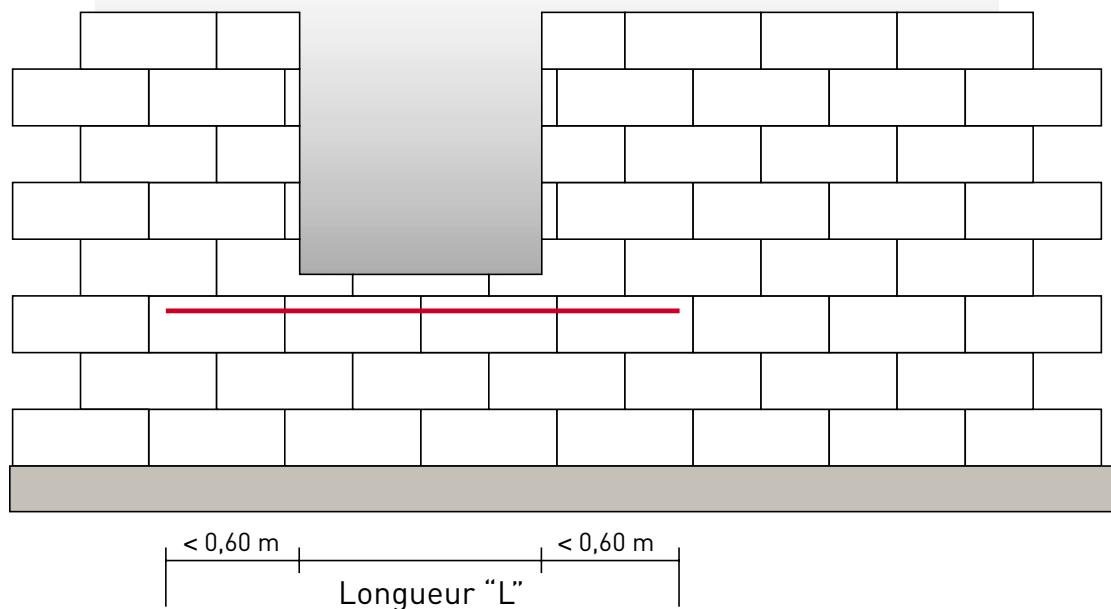
Détails de finition d'une réserve pour appuis de panne en pignon



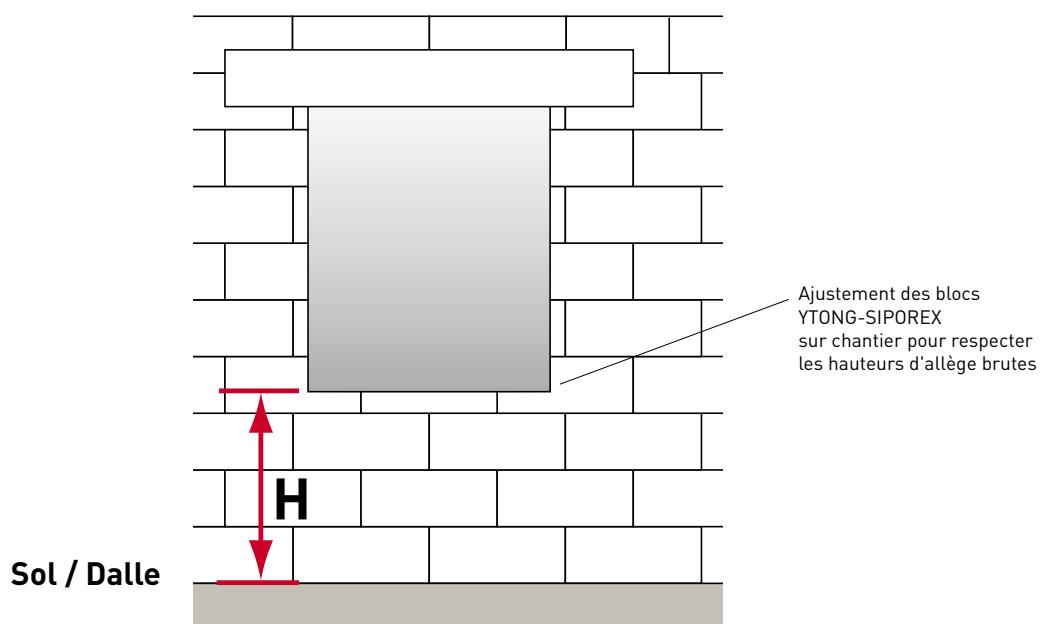
Plancher solivage bois

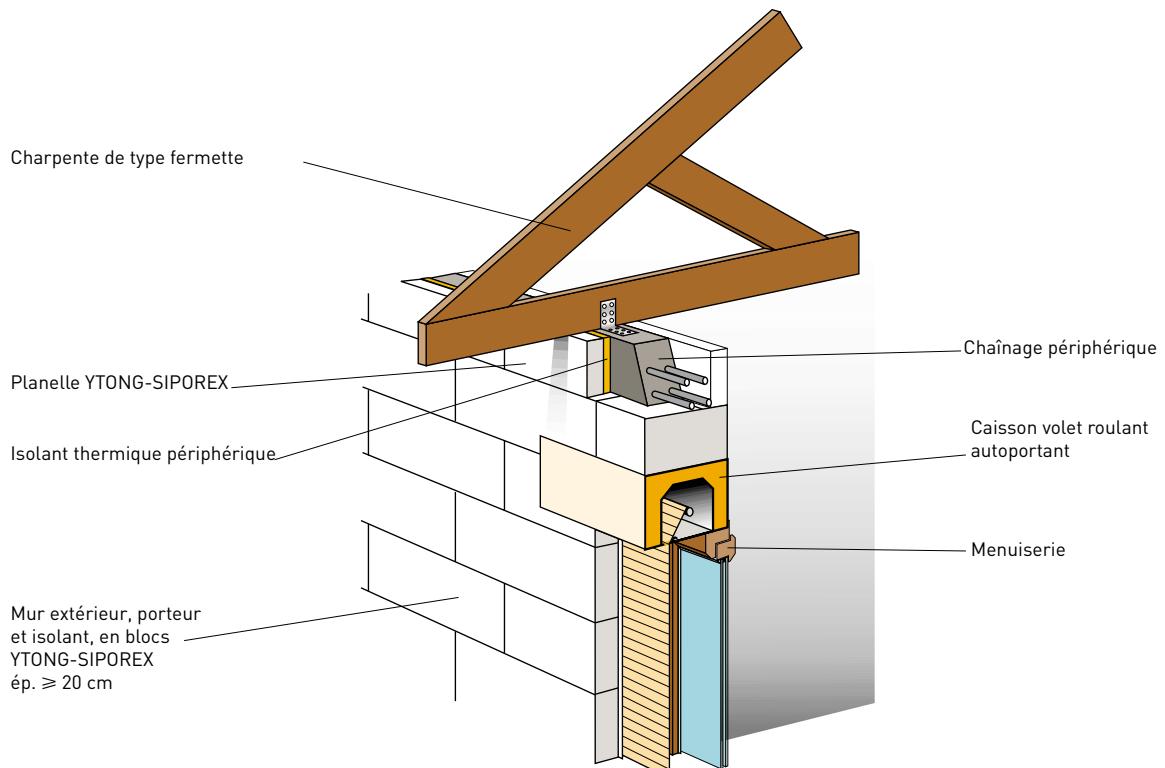


Longueur du fer d'allège

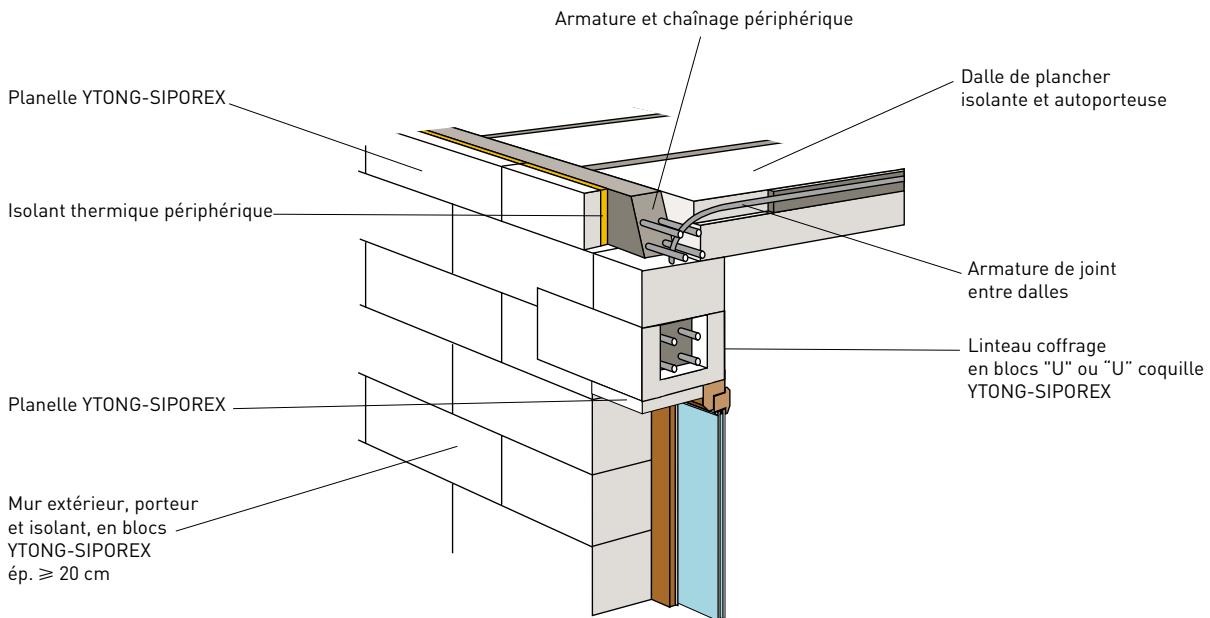


Hauteur d'allège brute

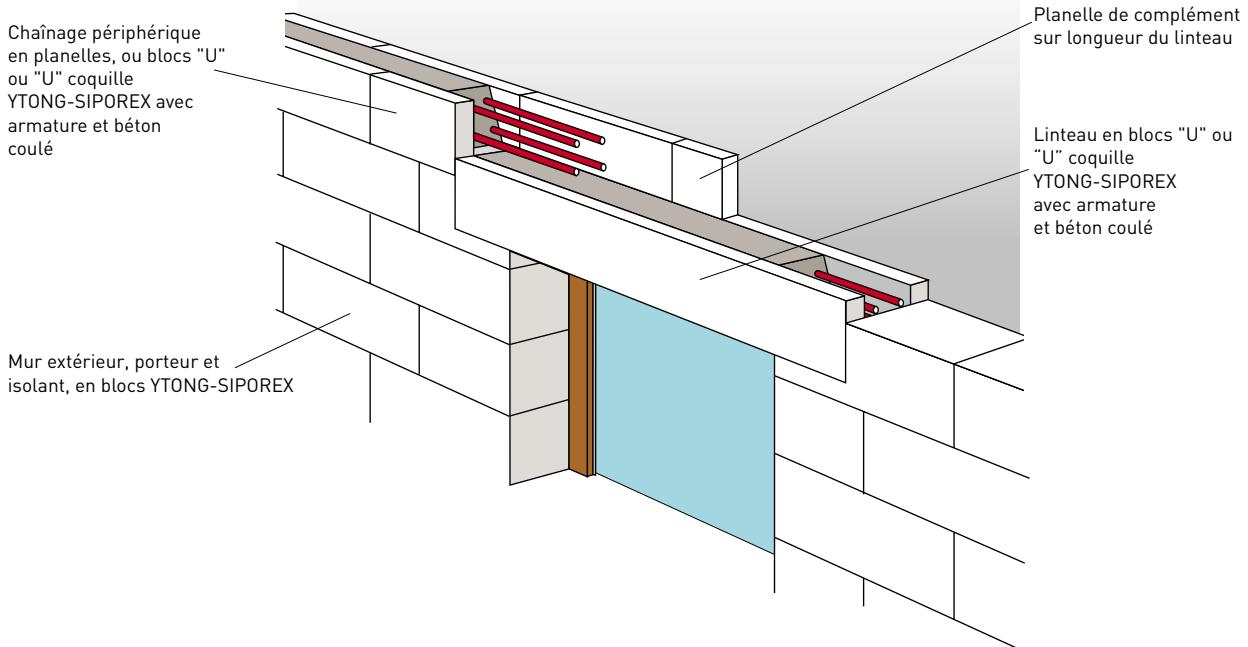


Coupe sur volet roulant autoportant

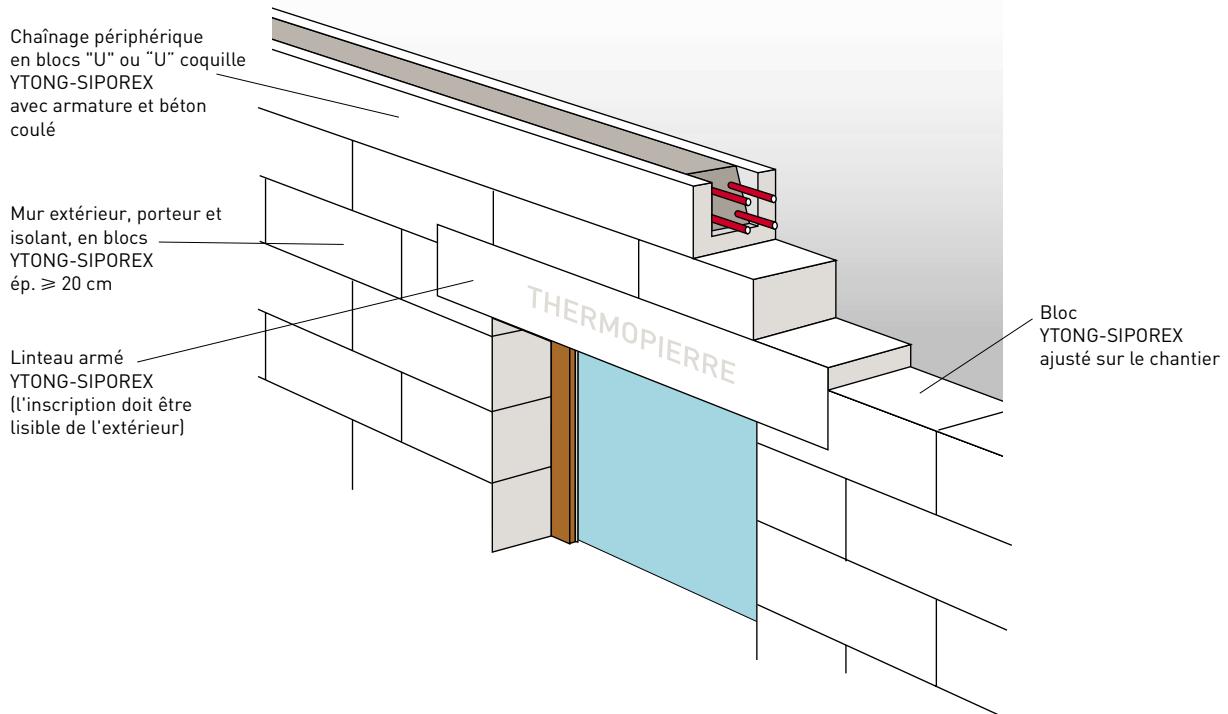
Linteau coffrage sous plancher en dalles



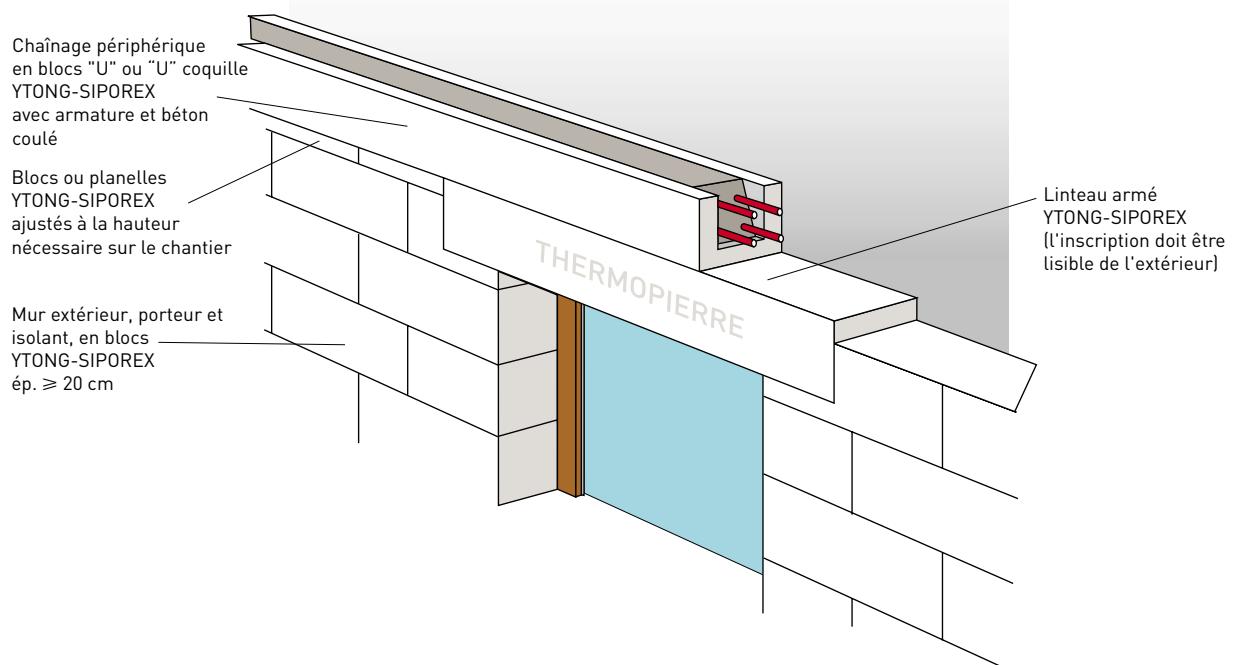
Pose de linteau en blocs "U" ou "U" coquille sous chaînage périphérique en planelles



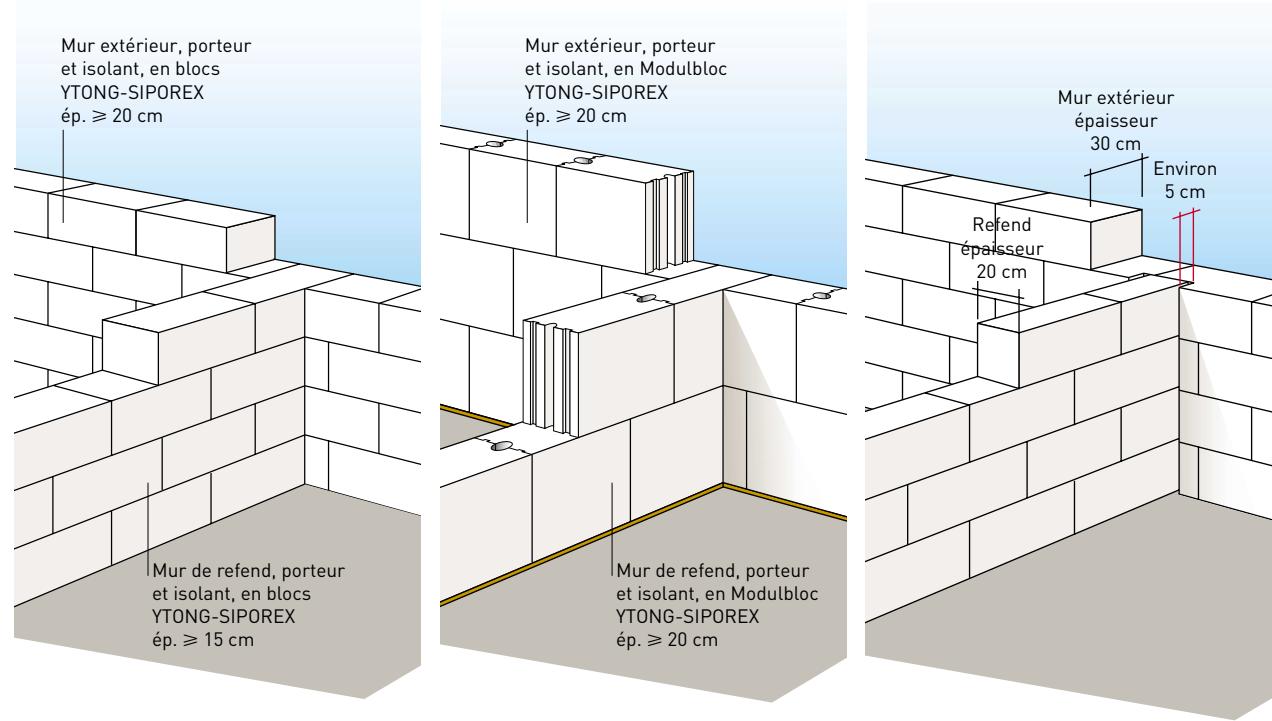
Pose de linteau sous chaînage périphérique en blocs "U" ou "U" coquille - A



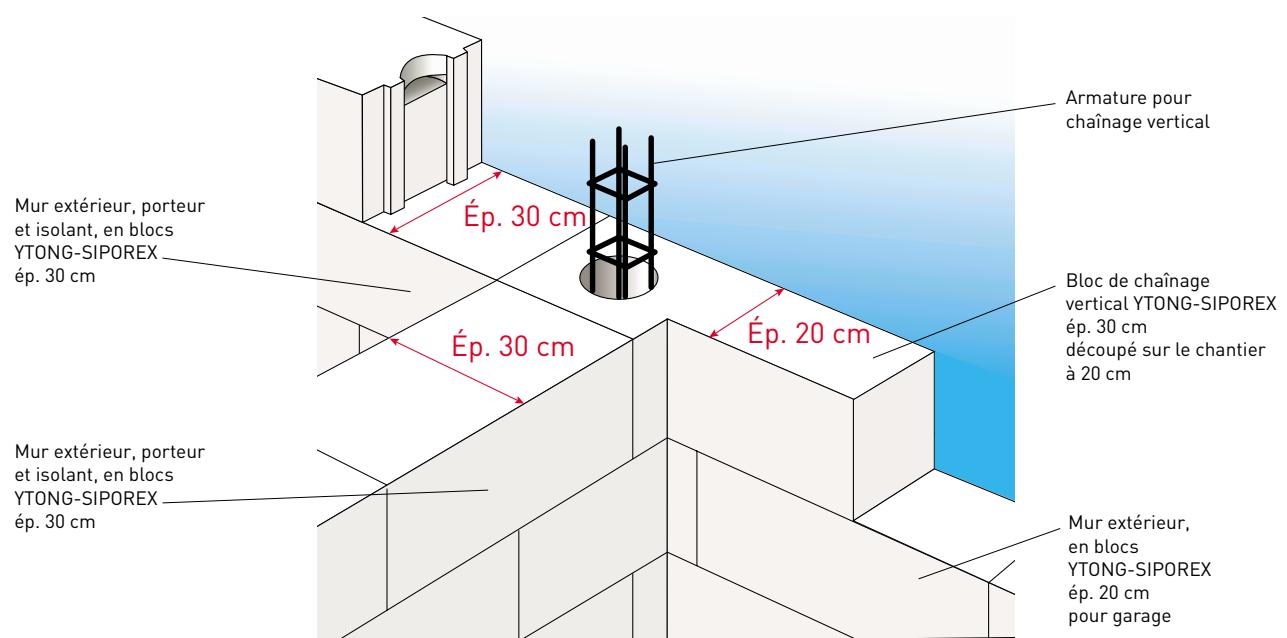
Pose de linteau sous chaînage périphérique en blocs "U" ou "U" coquille - B



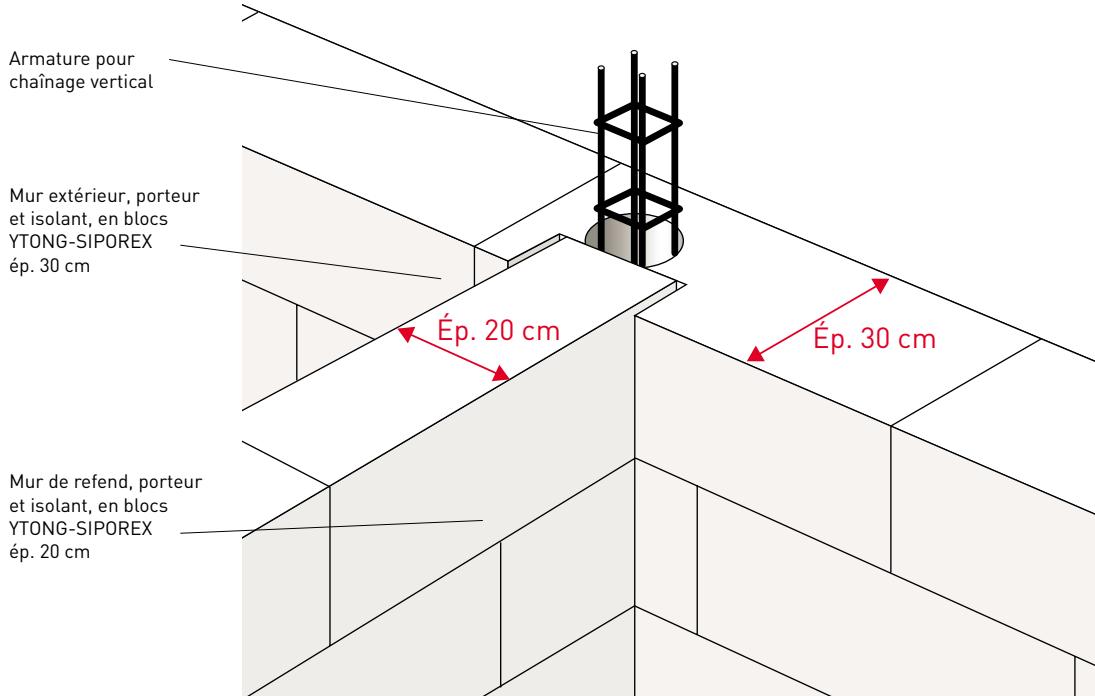
Jonction entre mur extérieur et refend en blocs ou Modulbloc



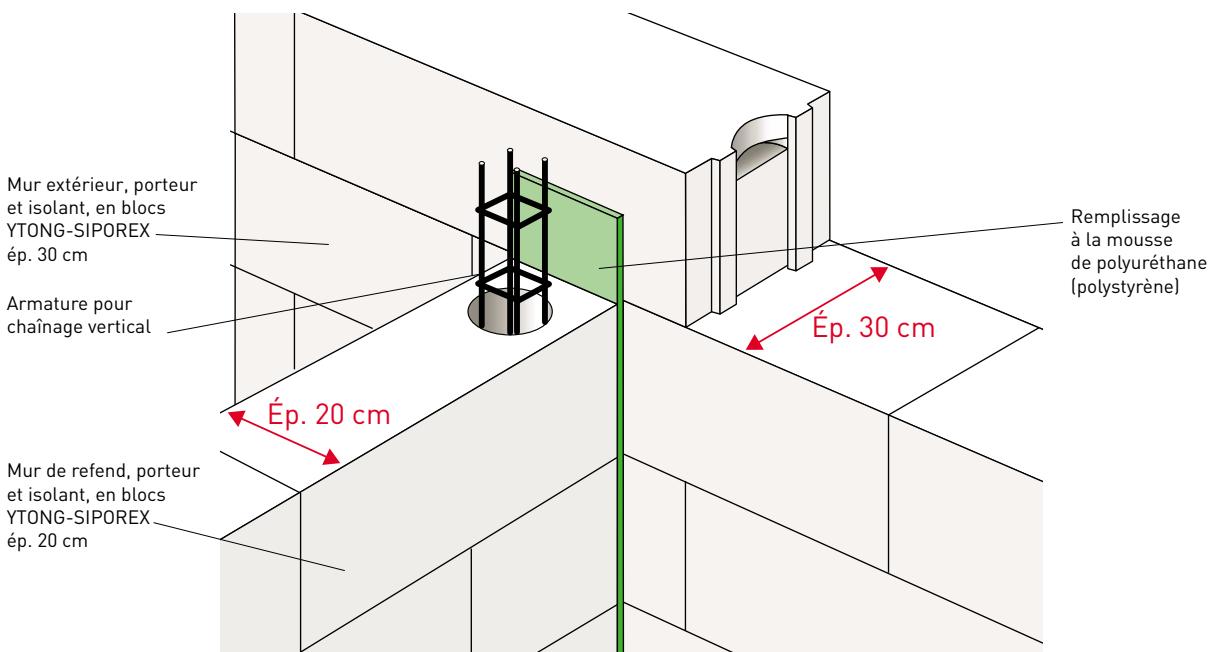
Jonction entre mur extérieur (ép. 30) avec chaînage et mur extérieur (ép. 20 garage) - A



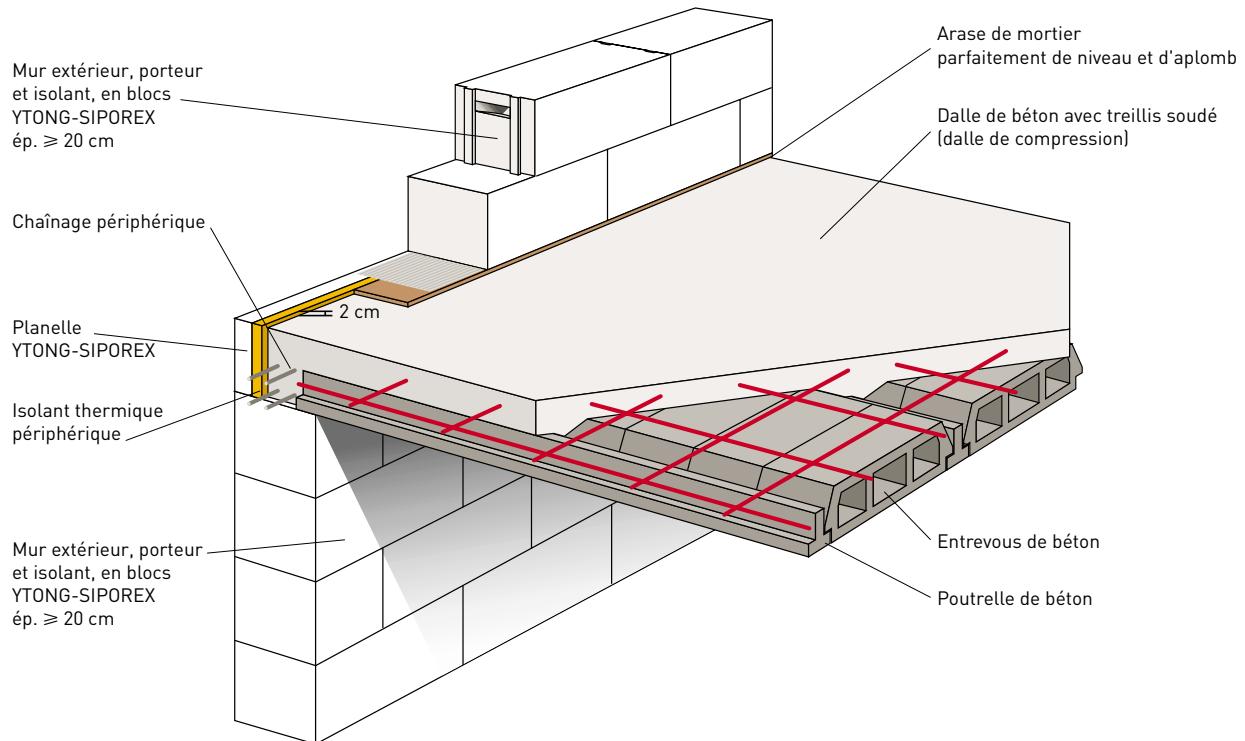
Jonction entre mur extérieur et refend en blocs - B



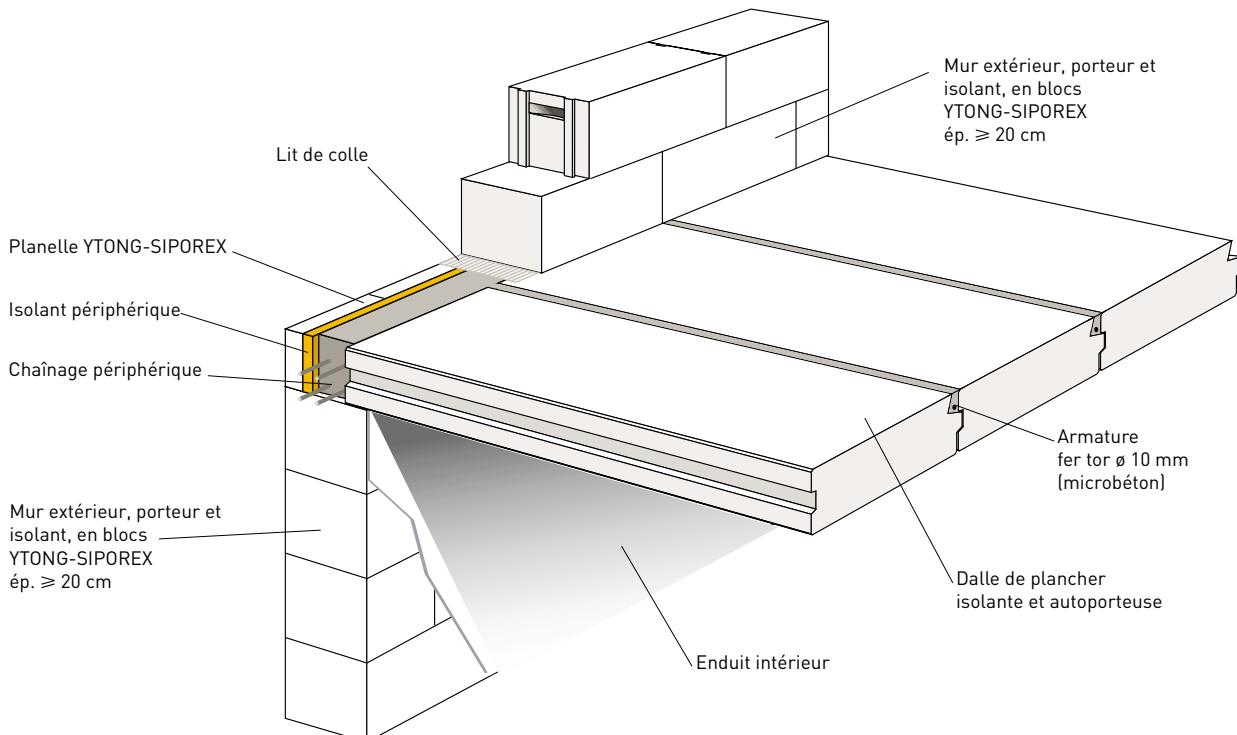
Jonction entre mur extérieur et refend en blocs - C



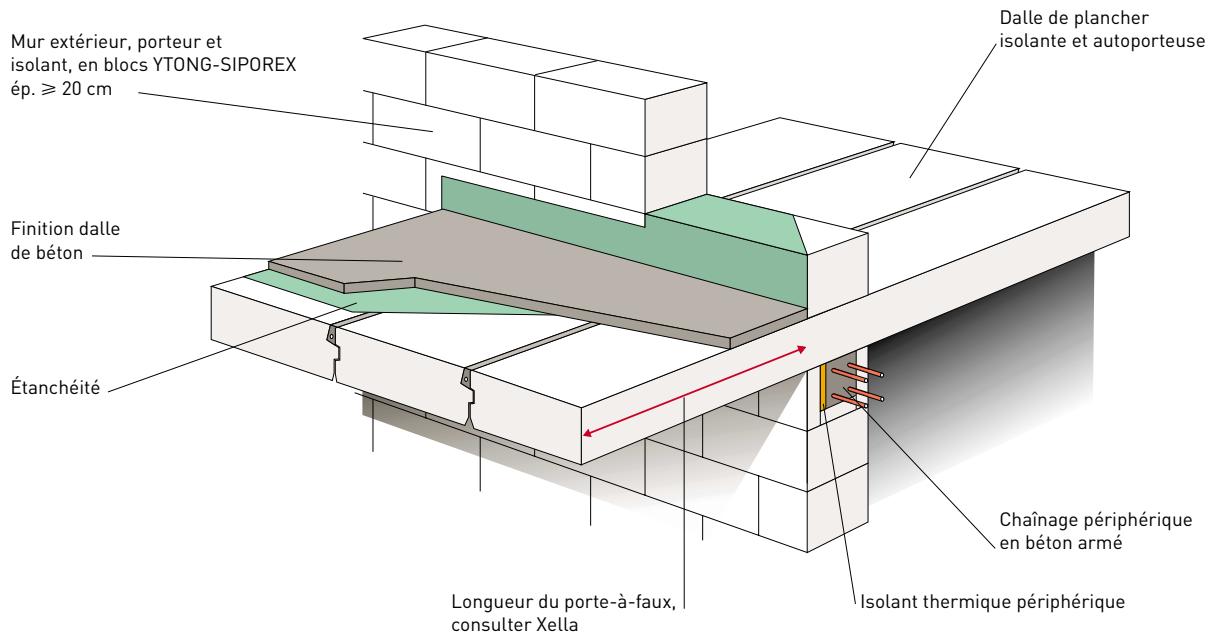
Plancher poutrelles-hourdis et mur extérieur en blocs



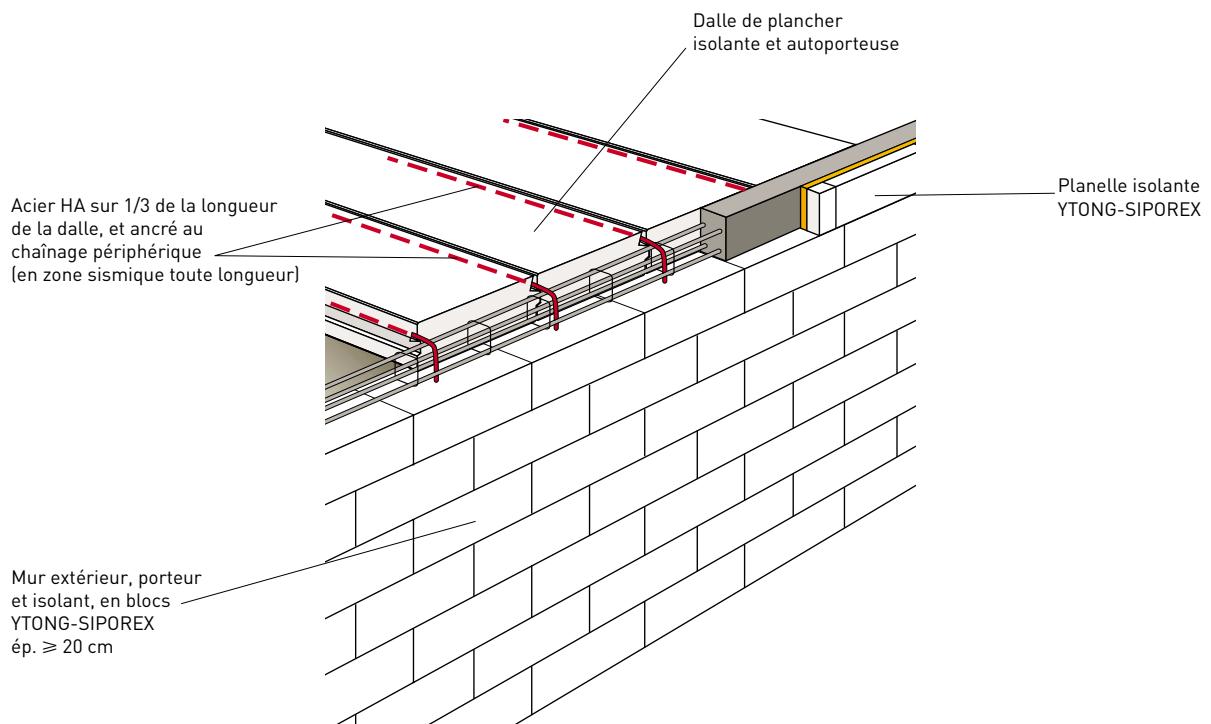
Plancher en dalles isolantes et porteuses et mur extérieur en blocs



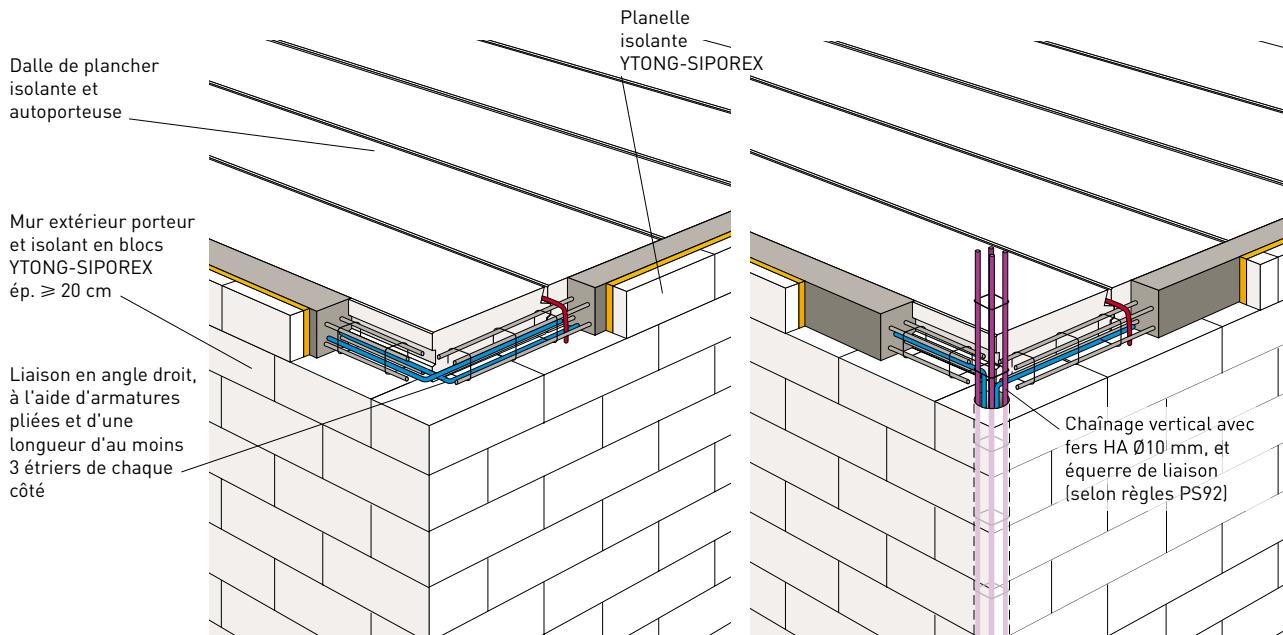
Porte-à-faux des dalles de plancher pour balcon ou coursive



Ancrage des armatures de joint entre les dalles et le chaînage périphérique

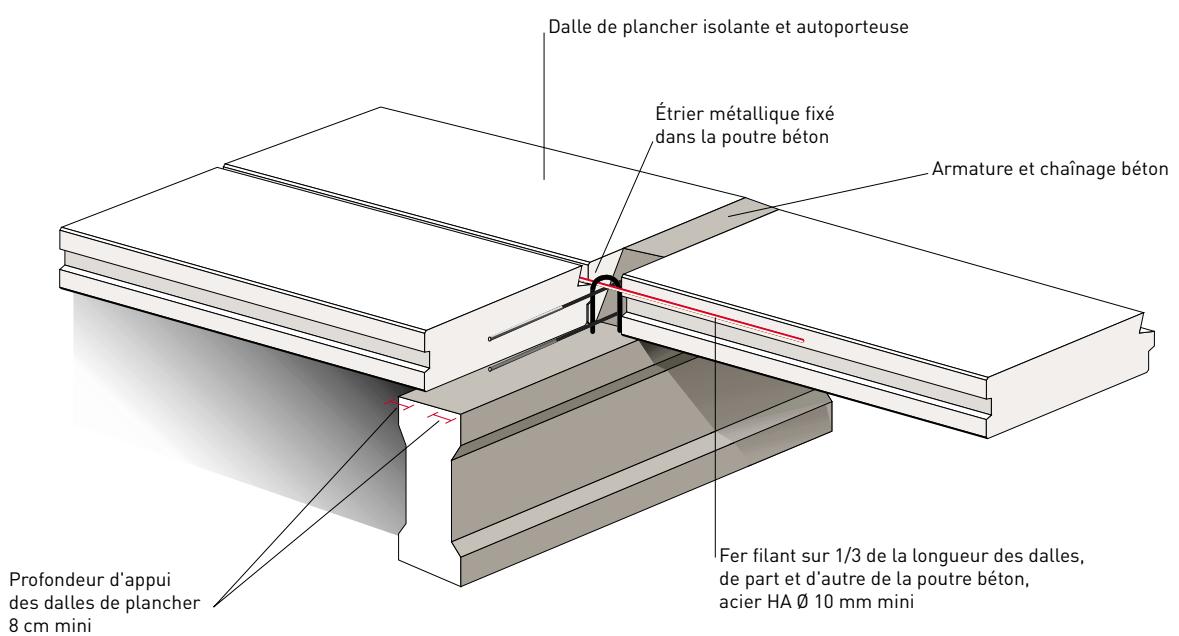


Plancher en dalles et armature du chaînage périphérique et vertical

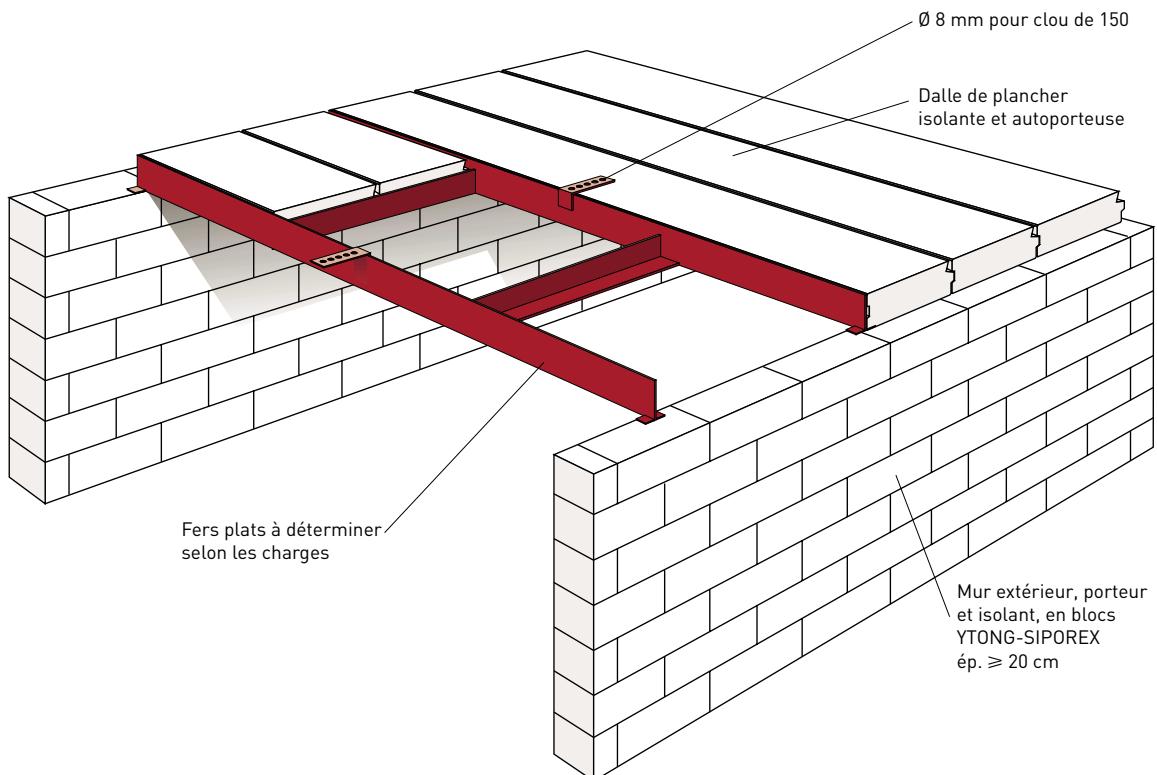


Zone sismique (Ex Zone 1B)

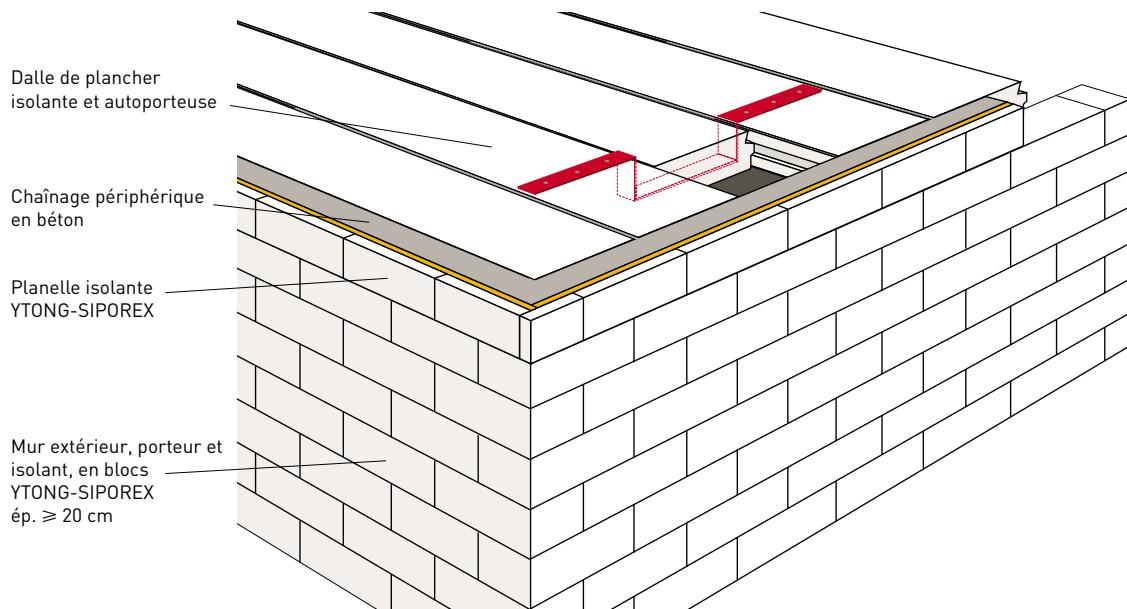
Ancrage des dalles de plancher sur poutre béton



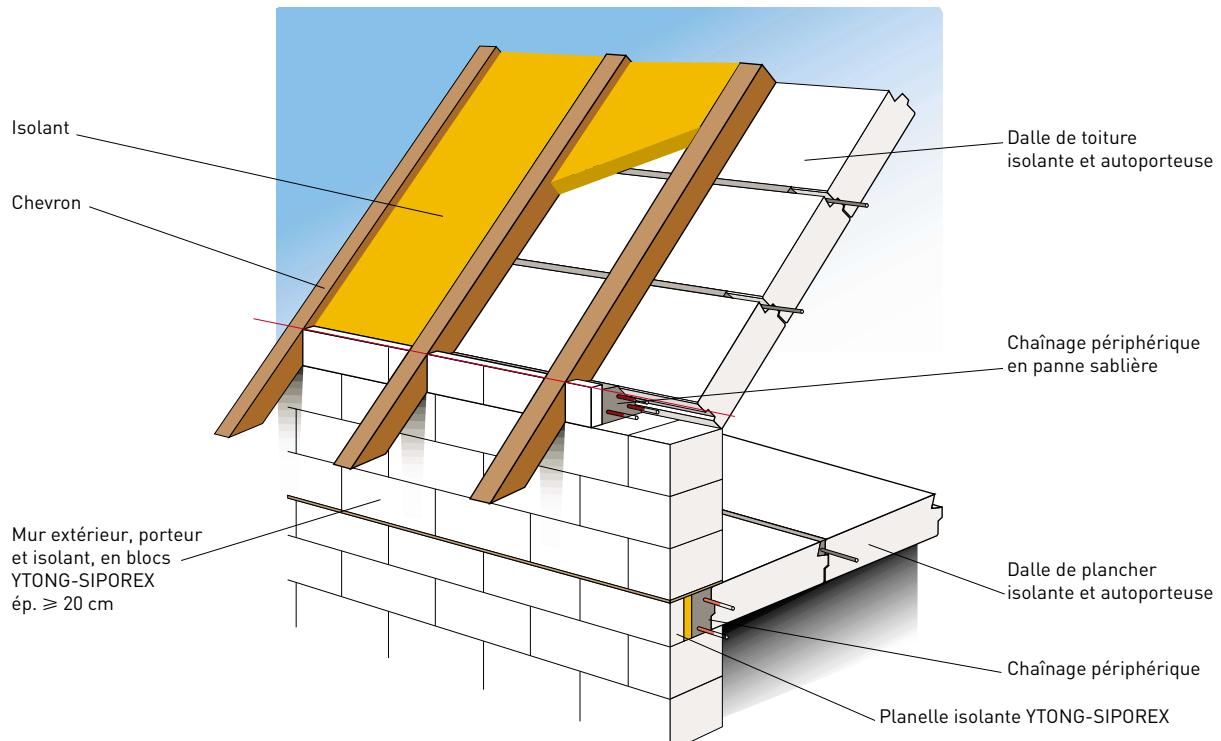
Trémie de largeur supérieure à 75 cm



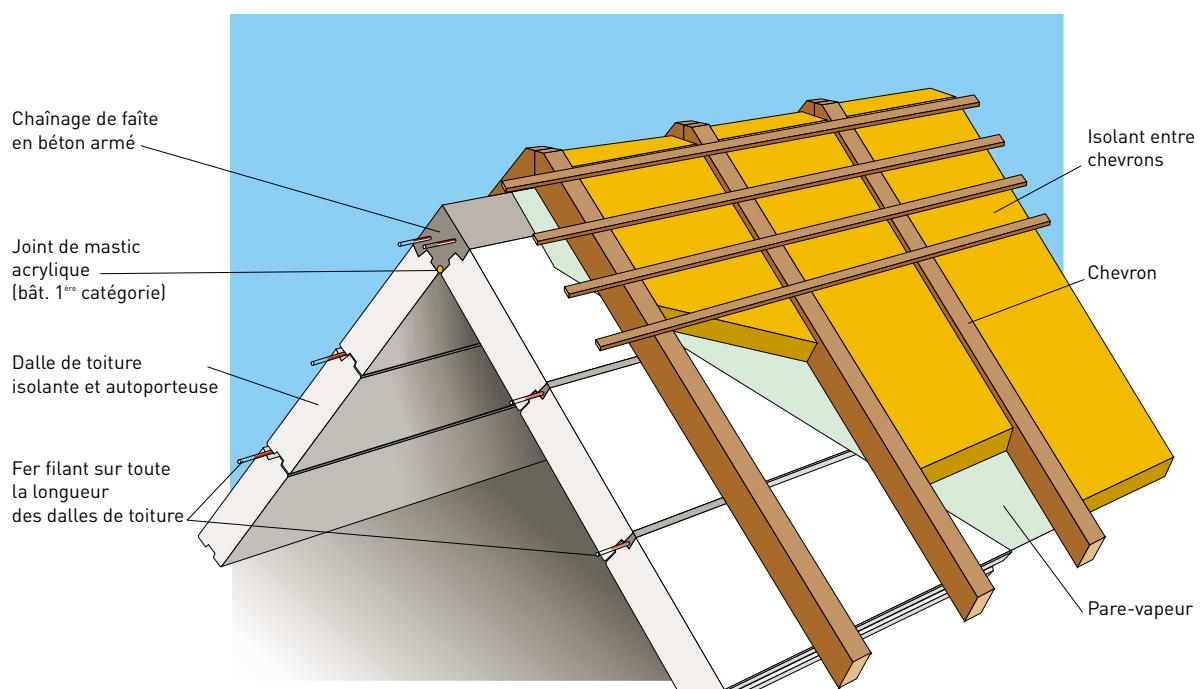
Trémie avec ouverture sur une dalle de plancher



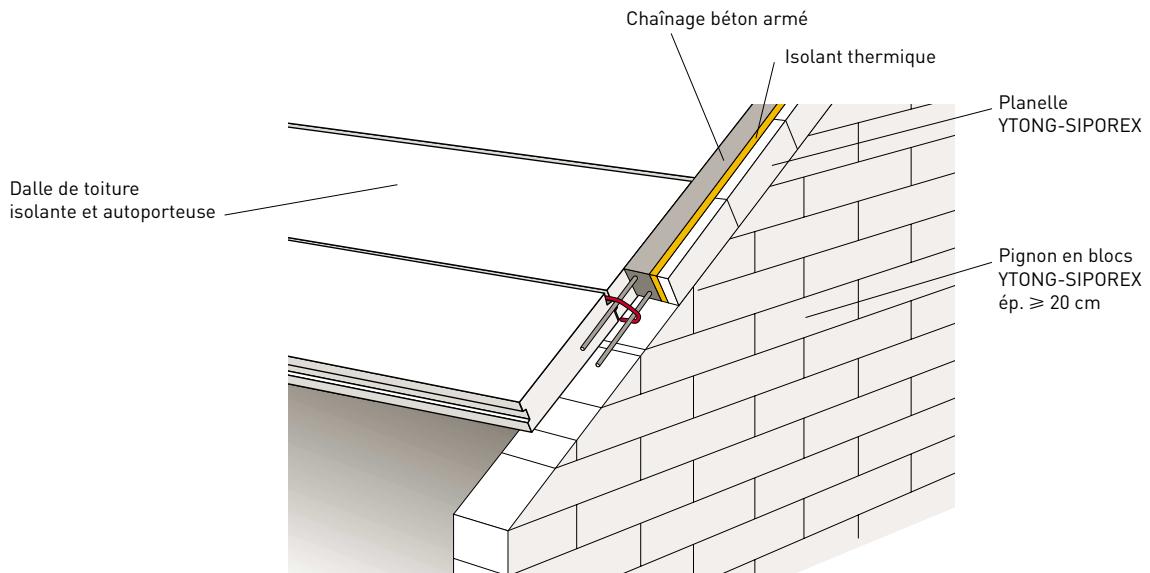
Détail de montage des dalles de toiture, en panne sablière



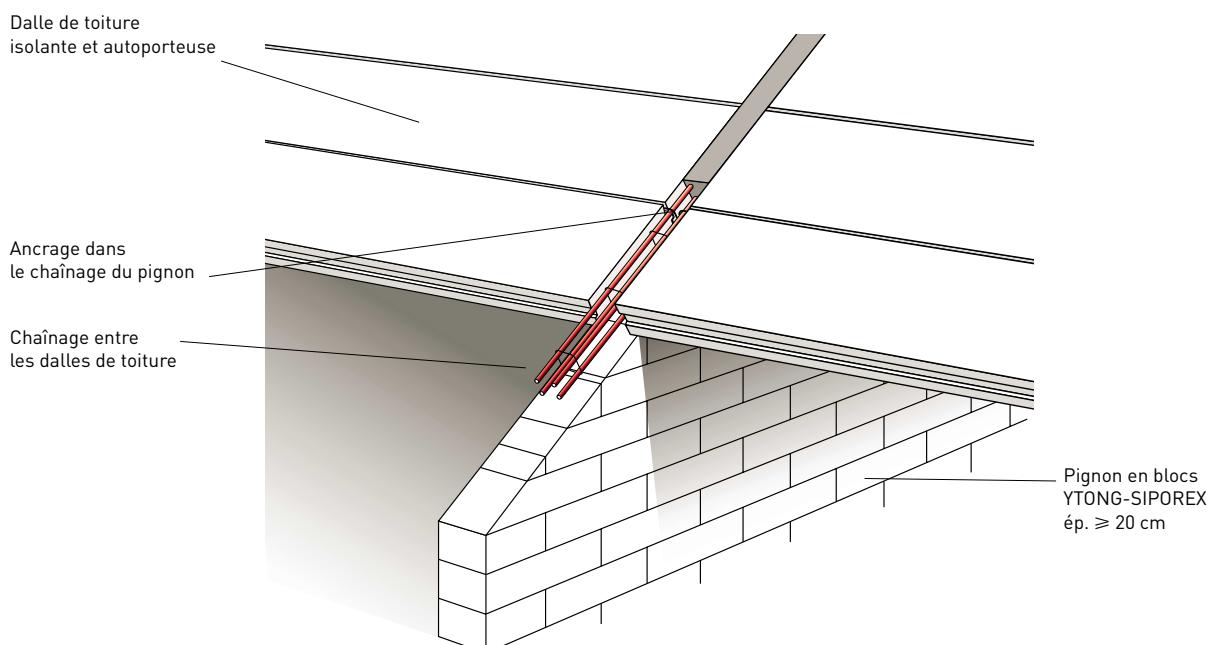
Détail de montage en faîte de toiture - Dalle de toiture

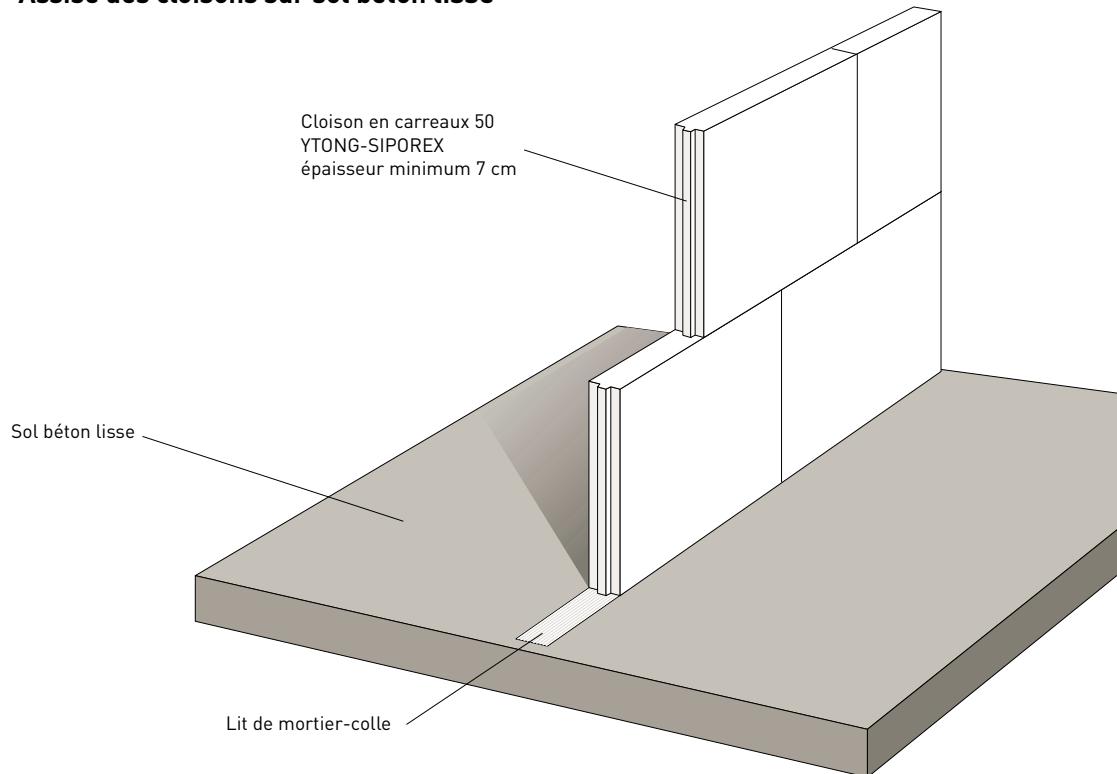
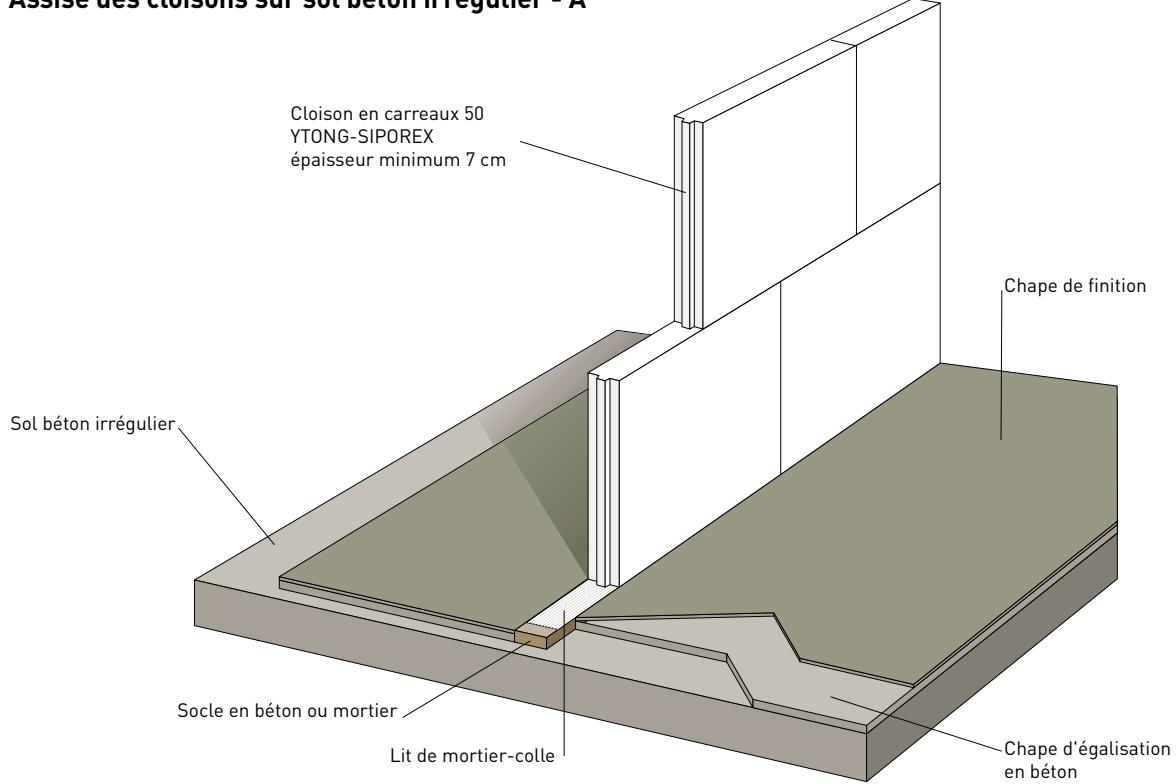


Ancrage des dalles de toiture sur pignon



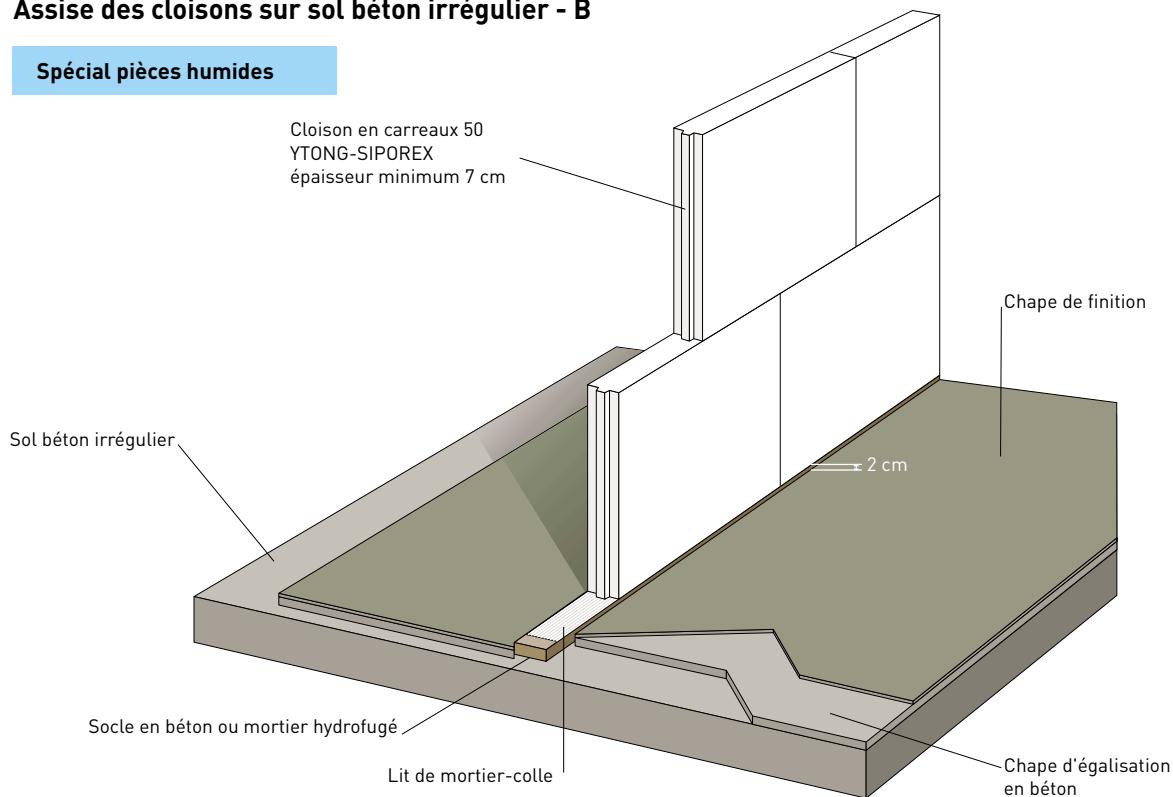
Ancrage des dalles de toiture sur pignon en refend



Assise des cloisons sur sol béton lisse**Assise des cloisons sur sol béton irrégulier - A**

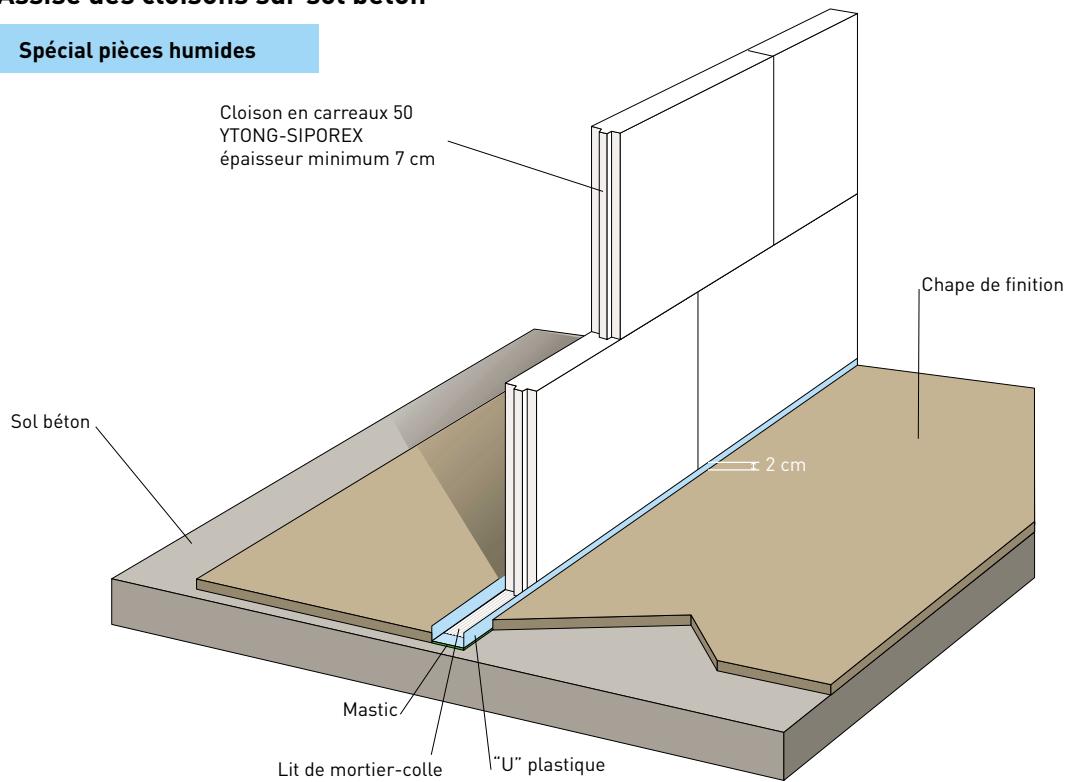
Assise des cloisons sur sol béton irrégulier - B

Spécial pièces humides

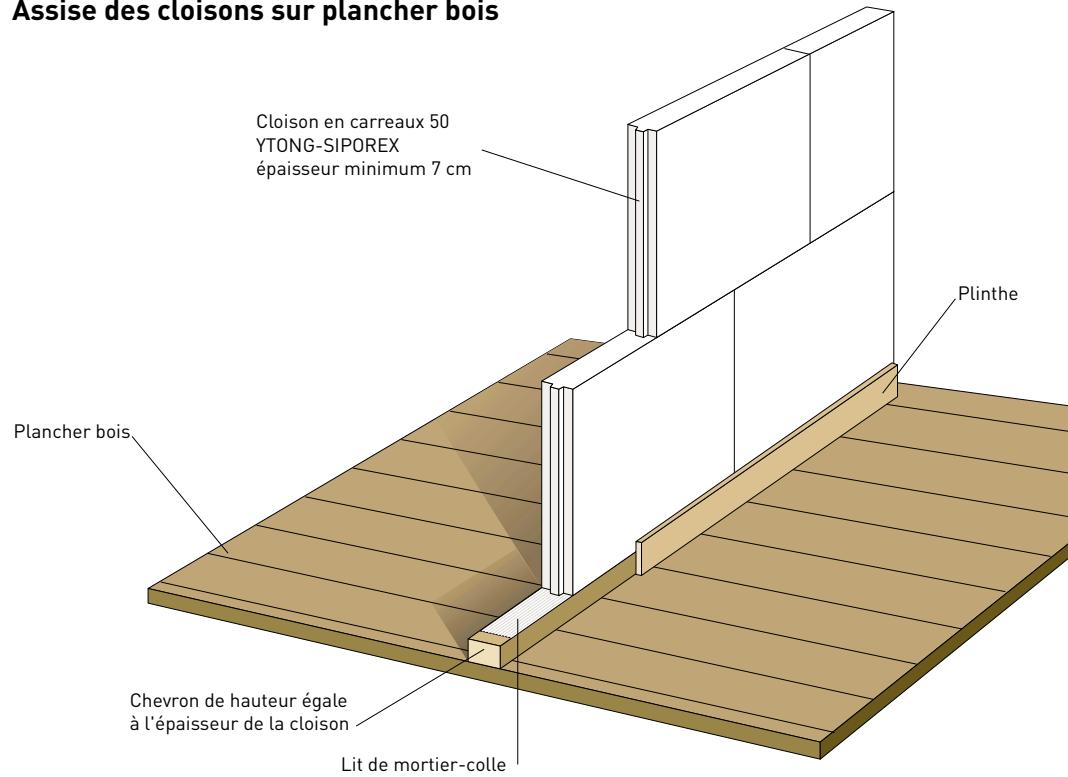


Assise des cloisons sur sol béton

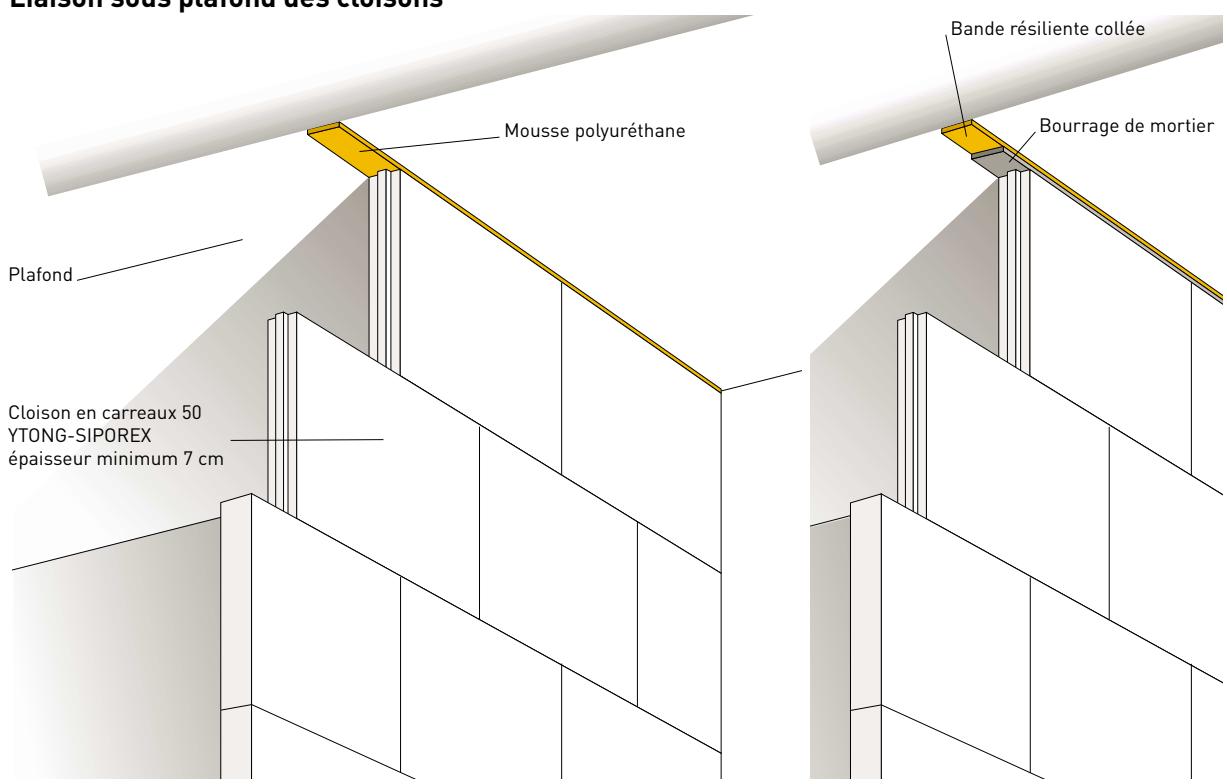
Spécial pièces humides



Assise des cloisons sur plancher bois



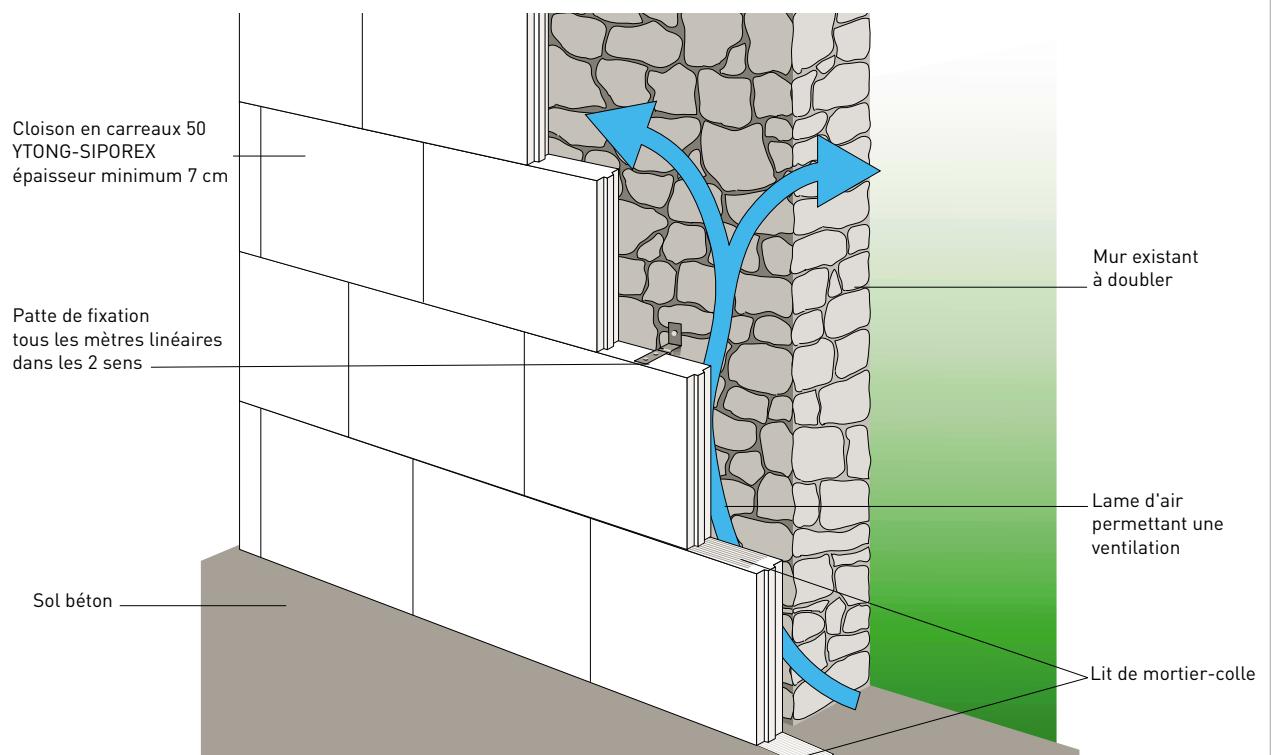
Liaison sous plafond des cloisons



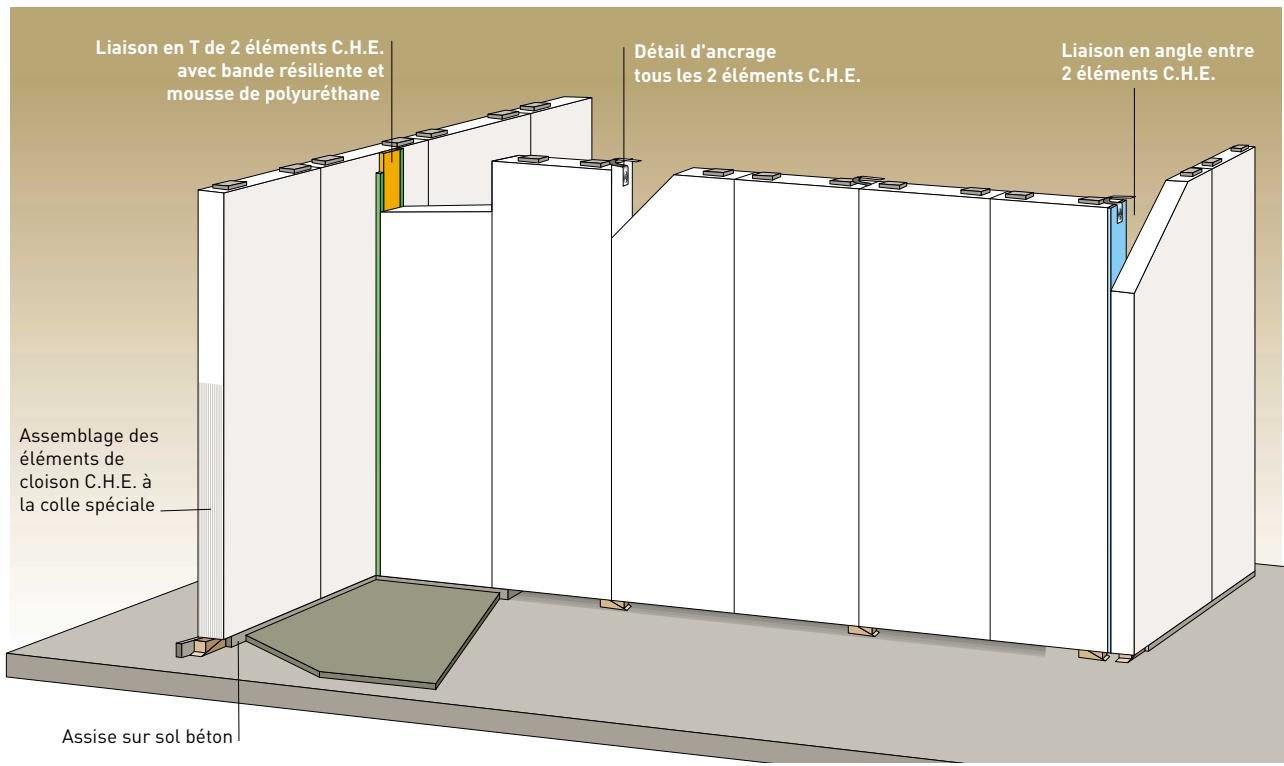
Fixation de porte avec scellement en queue d'aronde



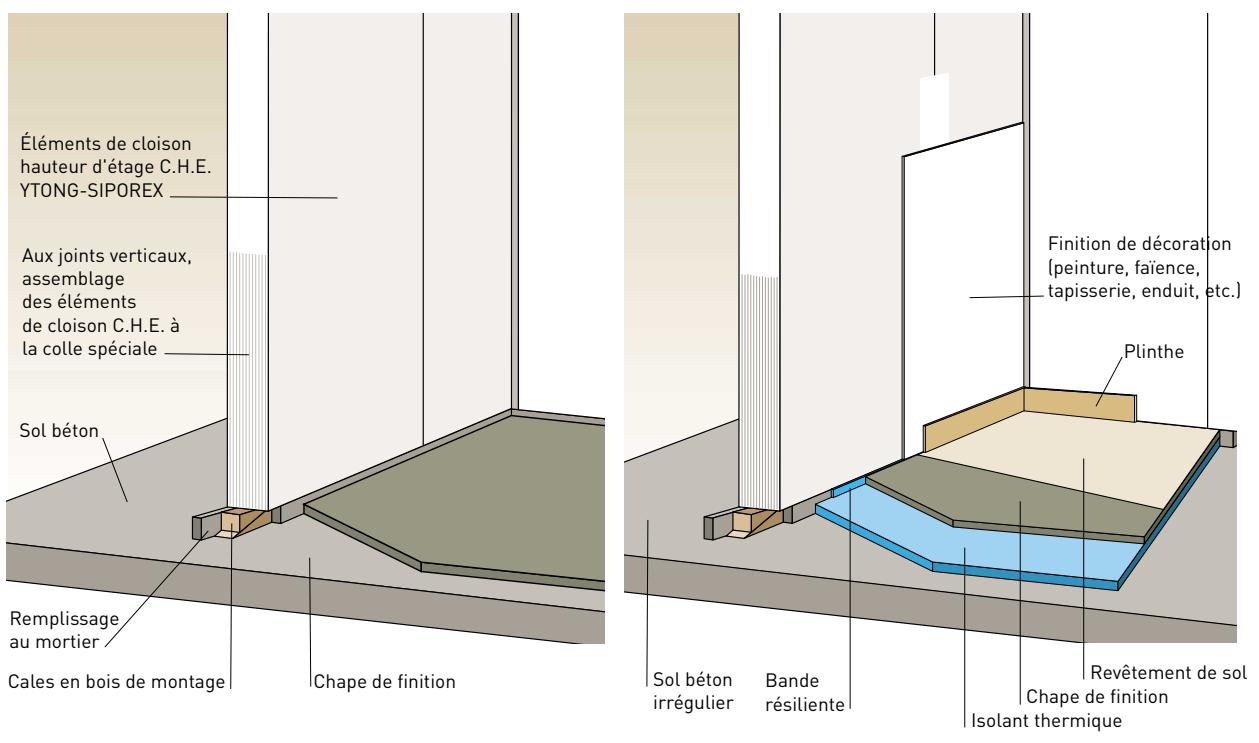
Cloison de doublage



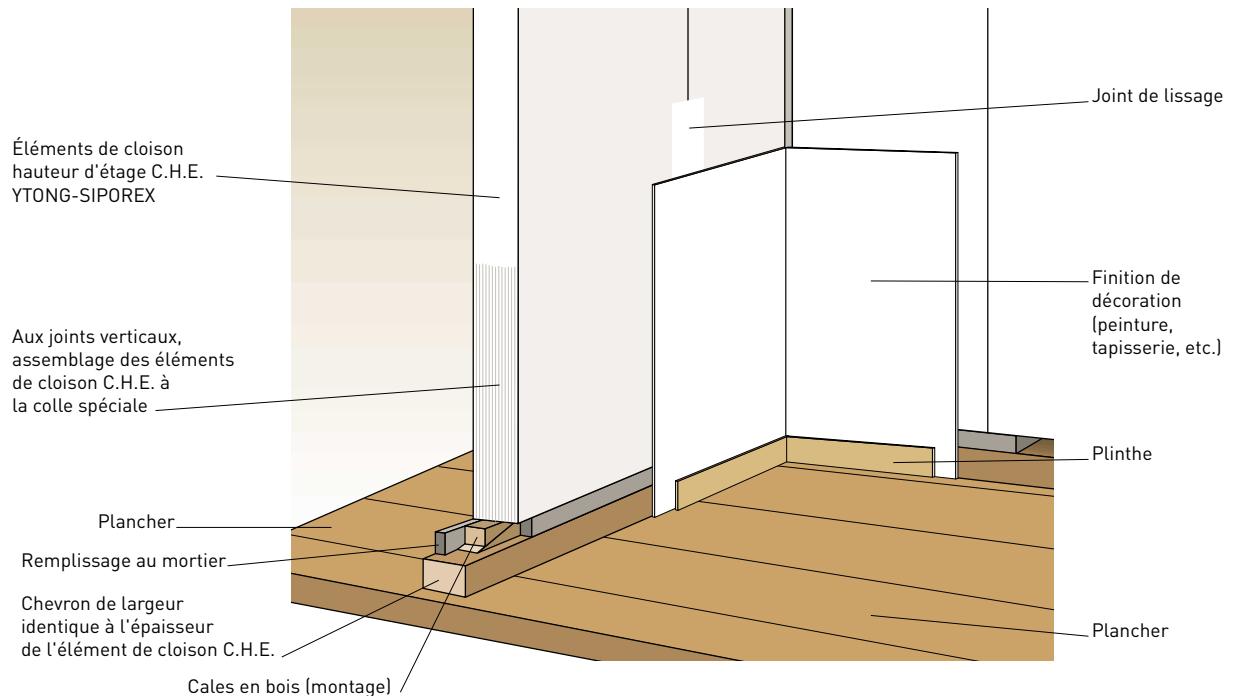
Pose des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E.



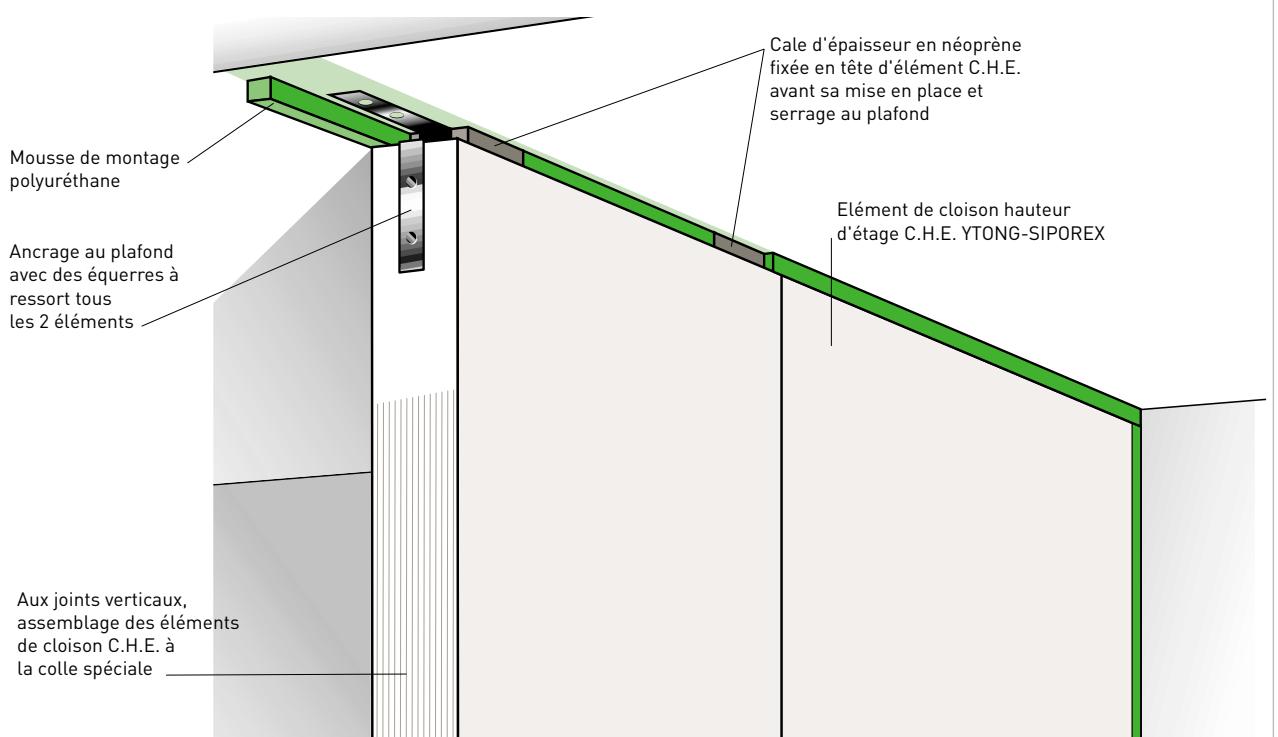
Assise des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E. sur sol béton lisse ou irrégulier



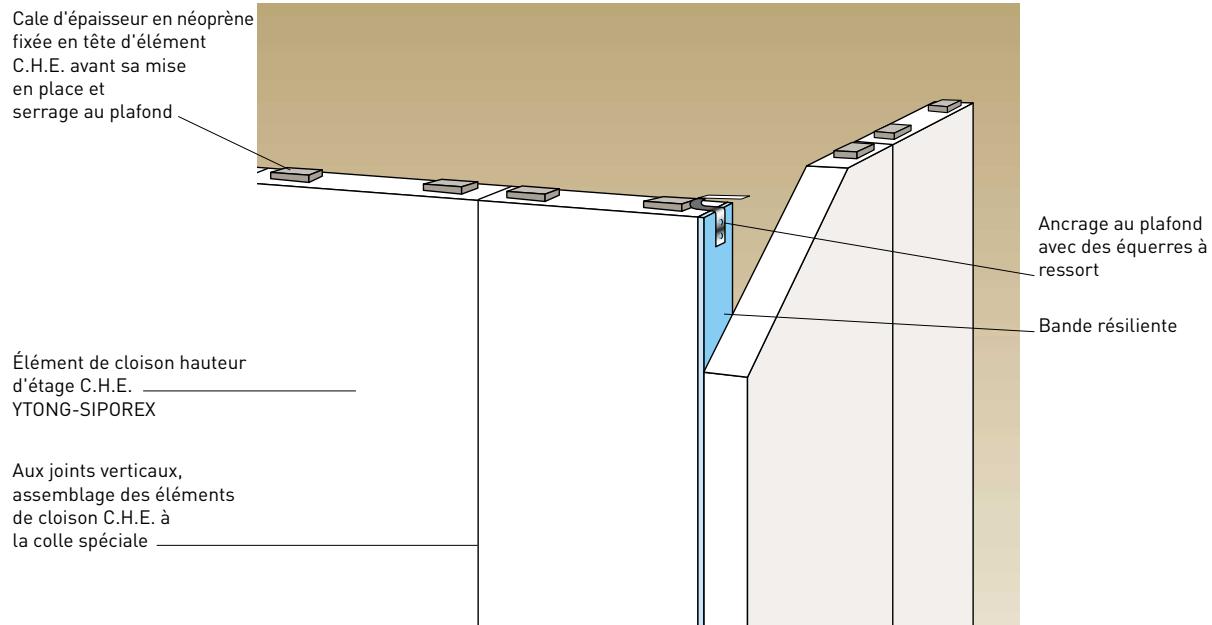
Assise des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E. sur plancher bois



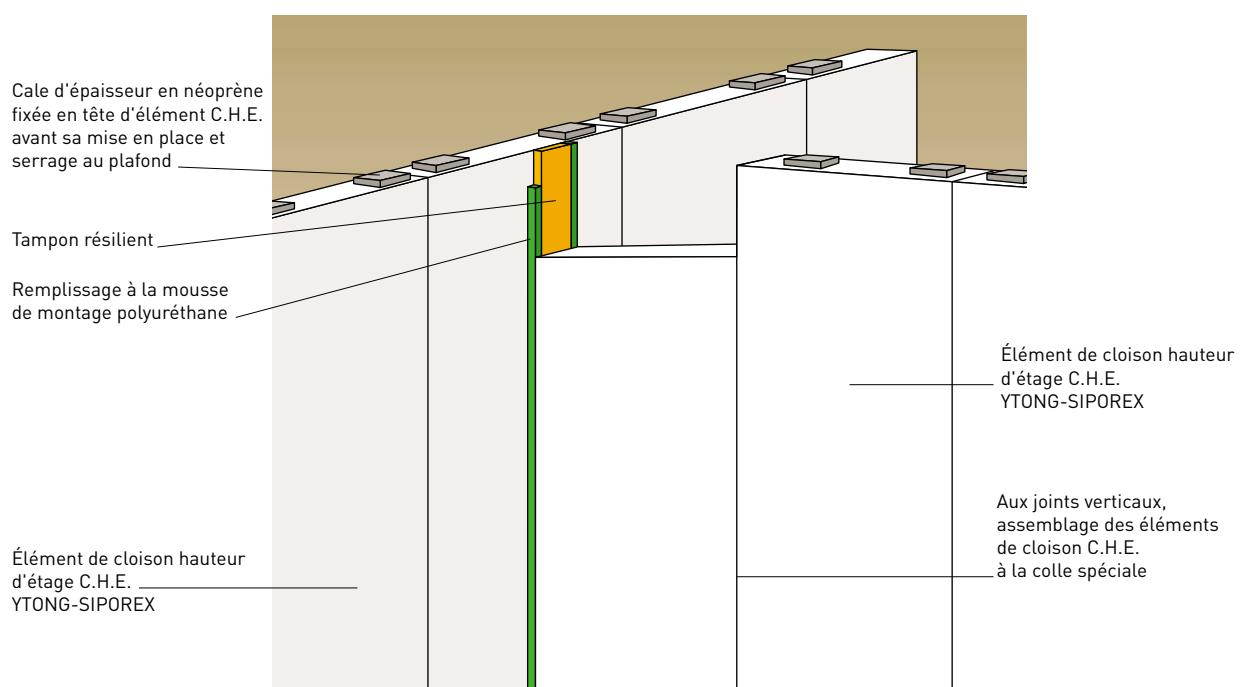
Liaison sous plafond des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E.



Liaison en angle des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E.



Détail de liaison en T des éléments de cloison hauteur d'étage C.H.E.



11. Finitions

11.1. Finitions intérieures	p. 1
11.1.1. Enduit pelliculaire	p. 1
11.1.2. Plâtre traditionnel	p. 1
11.1.3. Plaques de plâtre	p. 1
11.1.4. Papier peint et toile de verre	p. 1
11.1.5. Céramique et faïence	p. 1
11.1.6. Peinture intérieure	p. 1
11.2. Finitions extérieures	p. 2
11.2.1. Parement	p. 2
11.2.2. Enduits	p. 2
11.3. Saignées et percements	p. 3
11.4. Fixations et scellements	p. 3
11.4.1. Clouage	p. 3
11.4.2. Scellement	p. 3
11.4.3. Chevillage	p. 4

11. Finitions



11.1. Finitions intérieures

11.1.1. Enduit pelliculaire

On trouve sur le marché de fins enduits intérieurs adaptés au Thermopierre (béton cellulaire). Contenant des matières synthétiques, ils sont très solides et, contrairement aux enduits intérieurs ordinaires, ils peuvent être appliqués en une fine couche de 3 à 5 mm et directement lissés. La préparation de la pâte doit être effectuée selon les recommandations portées sur l'emballage, par le fabricant.

11.1.2. Plâtre traditionnel

L'application doit être conforme au DTU 25.1. Le plâtre peut être exécuté manuellement en une ou deux passes ou projeté mécaniquement. Après un premier gobetis, le plâtre est appliqué sur le support puis dressé et serré à la taloche. Une finition lissée sera réalisée à l'aide d'une truelle lisseuse pour enduit. Les angles saillants doivent être protégés par l'incorporation de baguettes de protection, préalablement fixées aux arêtes par scellement au plâtre.

11.1.3. Plaques de plâtre

Les plaques peuvent être collées directement sur la paroi de Thermopierre. La colle utilisée doit être compatible avec le Thermopierre. Les plaques peuvent également être vissées sur des tasseaux de bois, eux-mêmes directement cloués dans le Thermopierre au moyen de clous spéciaux YTONG-SIPOREX. Le traitement des joints sera conforme au DTU 25.41.

11.1.4. Papier peint et toile de verre

Les finitions utilisant des toiles de verre, papiers spéciaux légèrement gaufrés ou à fibres longues collées, nécessitent un enduit préalable. Les revêtements intérieurs en papier peint sont utilisables directement sur l'enduit intérieur, par collage direct. Dans tous les cas de figure, il est nécessaire de respecter les directives du DTU 59.4.

11.1.5. Céramique et faïence

Les revêtements muraux en faïence (céramique) peuvent être collés sur un enduit à base de plâtre, ou directement sur la maçonnerie en Thermopierre au moyen de mortier-colle bénéficiant d'un Avis Technique favorable à une application sur un support en Thermopierre (béton cellulaire).

11.1.6. Peinture intérieure

Les peintures utilisées doivent être microporeuses.

11.2. Finitions extérieures

Les murs extérieurs doivent être protégés contre les intempéries. Les finitions les plus courantes incluent :

- Parement
- Enduits monocouche d'imperméabilisation et enduits traditionnels
- Bardages

11.2.1. Parement

On peut recouvrir le mur en Thermopierre d'ardoises, de planchettes, d'un bardage métallique ou bois, d'un revêtement en PVC, etc. Le bardage doit être posé sur un lattage (de bois ou d'acier) fixé sur le mur en Thermopierre. L'espace entre le bardage et le mur doit être ventilé. La pose directe sur le Thermopierre doit faire l'objet d'une étude particulière.

11.2.2. Enduits

L'enduit extérieur joue un rôle essentiel : esthétique, il protège les façades des intempéries. Il est soumis à l'influence du climat extérieur : précipitations, vents, variations importantes de température (ensoleillement, gel, brusque refroidissement, soleil/ombre sur une façade...).

L'enduit traditionnel (conforme au DTU 26.1) est obligatoirement réalisé en 3 couches, avec un délai de séchage de plus de 3 jours entre chaque couche.

- Gobetis (1^{ère} couche) avec dosage : 400 kg de ciment par m³ de sable sec 0,25/3,15
- Corps d'enduit (2^{ème} couche) avec dosage : 50 kg de ciment + 250 à 300 kg de chaux CAEB* par m³ de sable sec 0,1/2

N° de certificat	Produits	Support	Fabricant
02-33 M02	ENDUNI	B	Satma - VPI
32-49 M22	PRB ALG	B	PRB
50-49 M36	LOOK PRB	B	PRB
116-09 M87	MONOPRAL KS	B	Weber & Broutin
168-36 M38	JETECO	B	Satma - VPI
232-64 M134	MAXIT IP 18 E	B	Heidelberg Zement
234-34 M135	MONOREX	B	Lafarge Mortier
253-49 M146	PRB FINIBRIK	B	PRB
268-34 M153	MONOREX GF	B	Lafarge Mortier

Certification CSTBat à juillet 2003

- Couche de finition [3^{ème} couche] avec dosage : 50 kg de ciment + 200 à 250 kg de chaux CAEB* par m³ de sable sec 0,1/2

* Chaux Aérienne Éteinte pour le Bâtiment ou DL

En dehors de l'adhérence et de l'aspect esthétique, un enduit compatible avec le Thermopierre doit :

- 1- Être étanche à la pluie, mais en même temps être perméable à la vapeur d'eau pour laisser la paroi respirer
- 2- Être capable d'absorber des chocs thermiques importants
- 3- Être compatible avec un support de type B (cf tableau CSTBat).

L'utilisateur se conformera, dans tous les cas de figure, aux prescriptions du fabricant.

Conformément au DTU 20.1, les liaisons de matériaux de nature différente doivent être recouvertes de toile : aux endroits où il y a risque de fissuration, par exemple au point de raccordement avec d'autres matériaux, avec poteaux et poutres en béton, on incorpore une toile de verre traitée antialcalie.

Les enduits monocouche d'imperméabilisation compatibles avec le Système de construction YTONG-SIPOREX sont ceux prévus pour les supports de type B. Ils doivent bénéficier d'un certificat CSTBat en cours de validité délivré par le CSTB.



11.3. Saignées et percements

Les saignées sont réalisées à l'aide d'une gouge à rainurer manuelle ou d'une rainureuse électrique.

Les percements sont réalisés au moyen de mèches à trépan, mèches hélicoïdales ou scies cloche.

Le rebouchage est effectué au plâtre fort ou avec un mortier de réparation adapté.

11.4. Fixations et scellements

11.4.1. Clouage

Le clouage direct dans le Thermopierre doit toujours être réalisé à l'aide de clous spéciaux tronco-pyramidaux en acier galvanisé ou en aluminium.

11.4.2. Scellement

Les scellements sont destinés à assurer l'ancrage de charges ponctuelles élevées. Il existe différents types possibles :

- Le mortier de scellement :

Il se compose de 5 volumes de mortier-colle, d'1 volume de ciment et de 4 volumes de sable. 48h de séchage avant la pose de la charge sont recommandées.

Clous acier galvanisé tronco-pyramidaux

Longueur mini (mm)	Ancrage adm. (kg)	Traction adm. (kg)	Cisaillement du supp.	Épaisseur mini (mm)
50	35	1	5	70
100	65	5	25	150
150	85	15	60	200
180	100	20	70	200

Clous torsadés inox Z4

70	40	10	10	-
----	----	----	----	---

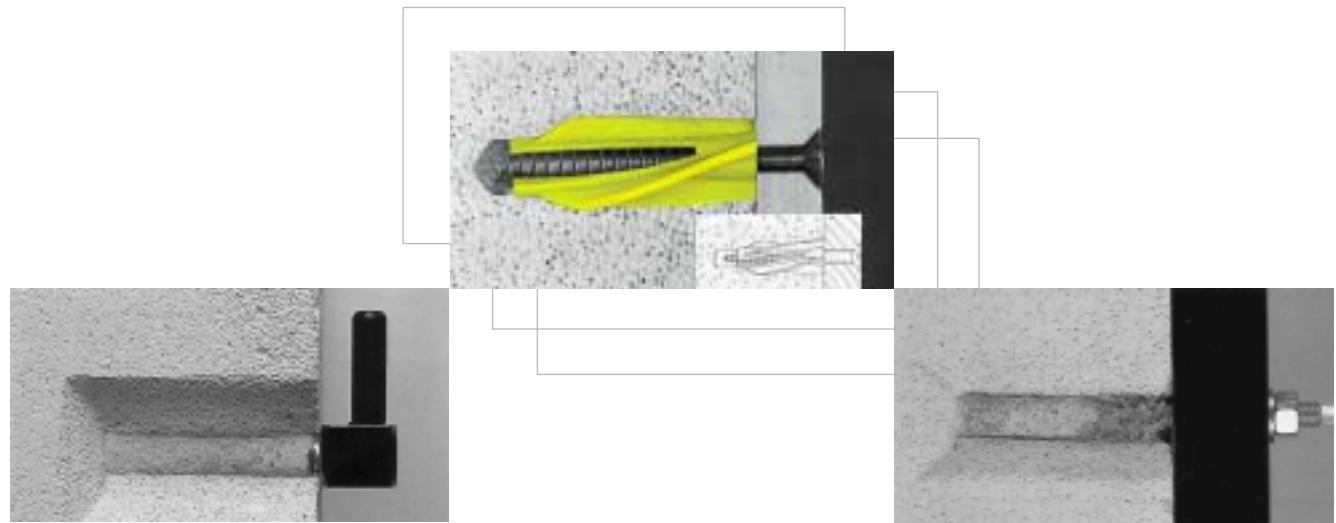
- Les produits de scellement prêts à l'emploi : Il est impératif de suivre les préconisations des fabricants.
- Le scellement au plâtre : Les scellements au plâtre fort ne sont envisageables qu'en intérieur.
- Les scellements par fixations traversantes : Ce type de scellement assure la fixation de charges lourdes ou de charges supportant des efforts dynamiques.
- Le scellement chimique à la résine : Ce type de scellement est spécifique au Thermopierre.



Ne pas confondre chaux aérienne et chaux hydraulique.



Pour plus de précisions, voir nos fiches spécifiques aux fixations et scellements.



11.4.3. Chevillage

Les fixations par chevilles métalliques, plastiques à expansion ou chimiques, adaptées au Thermopierre, disponibles dans le commerce, couvrent tous les besoins courants en matière de fixation.

Marque	Type	Traction admissible (kg)	Épaisseur mini du support (mm)
FISCHER (Chevilles plastiques)	GB 8	20	75
	GB 10	30	80
	GB 14	50	100
FISCHER (Chevilles chimiques)	RM 8	100	150
	JETFIX	15	70
SPIT (Chevilles autoforeuses)	5 x 50 mm	20	70
	8 x 95 mm	50	150
HEMA (Chevilles clous à déviation)	PBD M6	40	100
	PBD M8	40	150
	PBD M10	60	150
KUNKEL (Chevilles métalliques)	LG 30	15	70
	LG 45	25	70
RAYFIX (Chevilles métalliques)	16 x 200 mm	100	200
	Montage au travers		
INGLESE (Chevilles plastiques)			