

Sur le procédé

Mur Mixte EasyPsi

Famille de produit/Procédé : Mur en blocs en béton

Titulaire(s) : Société PERIN ET CIE

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 16 - Produits et Procédés spéciaux pour la maçonnerie

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V1	Première version examinée par le Groupe Spécialisé n°16 le 02 octobre 2025.	AKKAOUI Abdessamad	Par délégation du président Florian RASSE

Descripteur :

Procédé de mur en maçonnerie mixte composé de blocs béton de granulats courants en zone courante du mur avec la première et/ou la dernière rangée du mur, de part et d'autre du plancher, en blocs béton de granulats léger. Pose à joints épais.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté	4
1.1.1.	Zone géographique	4
1.1.2.	Ouvrages visés	4
1.2.	Appréciation.....	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé.....	4
1.2.2.	Durabilité.....	5
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	5
2.	Dossier Technique	6
2.1.	Mode de commercialisation	6
2.1.1.	Coordonnées	6
2.1.2.	Mise sur le marché	6
2.1.3.	Identification	6
2.2.	Description	6
2.2.1.	Principe	6
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	6
2.3.	Dispositions de conception	7
2.3.1.	Résistance sous charges verticales	7
2.3.2.	Résistance sous charges latérales.....	8
2.3.3.	Contreventement des maçonneries chaînées.....	8
2.3.4.	Contreventement des maçonneries non armées	9
2.3.5.	Données essentielles aux vérifications.....	9
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	9
2.4.1.	Principe général de pose	9
2.4.2.	Réalisation des points singuliers	10
2.4.3.	Étanchéité à l'air du bâtiment	11
2.4.4.	Condensation dans les parois.....	12
2.4.5.	Mode de fixation d'objets lourds	12
2.4.6.	Protection collective.....	12
2.4.7.	Revêtements extérieurs et intérieurs.....	12
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé	12
2.6.	Traitement en fin de vie	12
2.7.	Assistance technique	12
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication	12
2.8.1.	Fabrication des blocs béton.....	12
2.8.2.	Contrôles de fabrication	13
2.8.3.	Marquage des produits.....	13
2.9.	Mention des justificatifs	13
2.9.1.	Résultats expérimentaux	13
2.9.2.	Références chantiers	14
2.10.	Annexes du Dossier Technique.....	14

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet Avis Technique a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé EasyPsi® est destiné à la réalisation de bâtiments à usage courant au sens du NF DTU 20.1.

Les limitations résultent de l'application des règles de conception et de calcul données dans le Dossier Technique et du respect du domaine d'emploi des Procès-Verbaux de résistance au feu rappelés dans le présent document.

Les conditions d'exposition acceptées sont celles prévues au NF DTU 20.1 P3.

La réalisation de murs de soubassement, de murs enterrés ou d'acrotères n'est pas visée par le présent Avis Technique.

La hauteur maximale des murs visés dans le présent Avis Technique est de 2,60 m pour une longueur minimale de 1,25 m.

La réalisation de murs non porteurs soumis à des exigences de sécurité incendie n'est pas visée par le présent Avis Technique.

Les ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2020 modifié sont exclus.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La stabilité des bâtiments est normalement assurée moyennant l'application des règles de conception, de calcul et de mise en œuvre habituelles des maçonneries de blocs creux en béton de granulats courants et légers.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Résistance au feu

Le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie pour le domaine d'emploi visé, dans la limite du domaine de validité du Procès-Verbal de classement n°031511 du CERIB et sa reconduction n°054487-A étendant la validité du PV jusqu'au 27 février 2030 : REI 90 (mur porteur monté au mortier de joint épais sans enduit et sans doublage, les poches d'about entre blocs de granulats courants d'une même rangée sont remplies à refus au mortier épais courant, les blocs de granulats légers sont montés à joints verticaux secs). Ce classement est limité à une hauteur de mur de 3,00 m ; ce qui englobe la hauteur maximale des murs visés (Voir §1.1.2) ; et à un chargement vertical limité à 116 kN/ml.

Il est rappelé que la charge de calcul en situation d'incendie ne peut dépasser celle calculée à froid.

Réaction au feu

Compte-tenu de la nature des matériaux constitutifs du procédé, celui-ci ne pose pas de problème particulier de réaction au feu dans le domaine d'emploi accepté (classement en réaction au feu A1).

1.2.1.3. Isolation thermique

Le procédé peut permettre de satisfaire aux exigences réglementaires, étant entendu que les déperditions thermiques ne dépendent pas du seul procédé et qu'une vérification par le calcul, conduite conformément aux « règles Th-Bât » doit être faite dans chaque cas.

En l'absence de certification sur la conductivité thermique utile du matériau constitutif des blocs utilisés, celle-ci est déterminée conformément à l'Annexe XII de l'arrêté du 4 août 2021.

La conductivité thermique des blocs en béton de granulats courants est de 1,65 W/(m.K) [valeur tabulée issue du Fascicule Matériaux des Règles Th-Bat, §2.2.1.1].

La conductivité thermique des blocs en béton de granulats légers EASYTHERM (béton d'ardoise expansée) est de 0,70 W/(m.K) [valeur tabulée issue du Fascicule « Matériaux » des Règles Th-Bat, §2.2.3.4].

Les calculs de Psi affichés en Annexe du Dossier Technique sont réalisés sur la base des conductivités thermiques équivalentes suivantes :

- Pour la partie en blocs de béton de granulats courant : La conductivité thermique équivalente est celle d'une maçonnerie courante au sens du Fascicule « Parois Opaques » des Règles Th-Bat, §1.3.1, soit 0,7 W/(m.K).
- Pour mémoire : une maçonnerie « courante » est une maçonnerie couramment utilisée à base de béton ou de terre cuite de conductivité thermique équivalente $\lambda_e \geq 0,7$ W/(m.K) [cf Fascicule 5 des Règles Th-U]

- Pour la partie en blocs de granulats courants EASYTHERM : la conductivité thermique équivalente est celle d'une maçonnerie de « type a » est une maçonnerie à isolation répartie de conductivité thermique équivalente $\lambda_e \leq 0,2 \text{ W/(m.K)}$ [au sens du Fascicule 5 des Règles Th-U]
- Selon le rapport CT n°2028 du CERIB, une façade maçonnée en blocs EASYTHERM correspond à une maçonnerie de « type a ».

1.2.1.4. Isolation acoustique

La consultation technologique n°021848 du CERIB a permis d'évaluer l'indice d'affaiblissement acoustique d'une façade en blocs béton creux de granulats courants avec mise en œuvre blocs EASYTHERM localement au niveau de la rangée juste au-dessus et juste au-dessous du plancher.

Configuration	Rw(C ;Ctr) en dB
Façade enduite (enduit mortier ciment 15mm) sans doublage	45 (0 ; -2)
Façade enduite (enduit mortier ciment 15mm) avec doublage PSE 120+13	67 (-2 ; -7)

Tableau 1 Indices d'affaiblissement acoustique

La réglementation portant sur la performance finale de l'ouvrage, la satisfaction à cette dernière, vis-à-vis des bruits aériens provenant de l'espace extérieur, peut être estimée par application de la norme NF EN ISO 12354-3 à partir des performances intrinsèques des produits mesurés en laboratoire.

1.2.1.5. Etanchéité des murs à l'eau

L'étanchéité à l'eau des murs de façade est convenablement assurée, moyennant le respect des conditions d'exposition définies à l'article 3 de la partie 3 du NF DTU 20.1.

1.2.1.6. Confort d'été

Pour la détermination de la classe d'inertie thermique des logements, qui constitue un facteur important du confort d'été, les murs extérieurs de ce procédé appartiennent à la catégorie des parois à isolation répartie de type béton de granulats courants et légers. La détermination de la classe d'inertie est à effectuer conformément aux règles « Th-Bât ».

1.2.1.7. Aspects sanitaires

Le présent Avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux produits pouvant contenir des substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci. Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent Avis. Le titulaire du présent Avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

1.2.1.8. Données environnementales

Le procédé EasyPsi® ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

1.2.2. Durabilité

Les matériaux constitutifs du mur ne posent pas de problème de durabilité intrinsèque. La durabilité des parements intérieurs en plaques de plâtre peut être estimée similaire à celle des parements identiques appliqués sur supports traditionnels.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le groupe attire l'attention sur les dispositions constructives nécessaires pour les maçonneries chaînées et non armées hors exigences sismiques. Les dispositions constructives des maçonneries chaînées correspondent à celles de l'Eurocode 6. Les dispositions constructives des maçonneries non armées correspondent à celles prévues par le NF DTU 20.1 pour les maçonneries chaînées (section béton, section armatures...).

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire :

PERIN ET COMPAGNIE

102 Route de Vannes

35600 REDON (France)

www.perinetcie.fr

2.1.2. Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n°305/2011, les éléments de maçonnerie en béton de granulats courants et légers font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base de la norme NF EN 771-3. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

De même, en application du Règlement (UE) n°305/2011, le mortier fait l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base de la norme NF EN 998-2. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

2.1.3. Identification

Les blocs en béton sont identifiables par :

- Le logo réglementaire pour le marquage CE ;
- Le numéro d'identification de l'unité de fabrication PERIN & CIE ;
- Référence produit avec sa classe de résistance (B40 ou L60)
- Le jour et année de fabrication ;
- Le logo de la marque NF ou équivalent

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé EasyPsi® est un système de maçonnerie (chainée ou non armée) dont les murs sont composés de blocs en béton de granulats courants avec uniquement la première et/ou la dernière rangée en blocs de granulats légers.

Les blocs en béton sont montés à joint épais, les points singuliers tels que les coffrages des rives de plancher sont traités soit par des produits en béton de granulats courants traditionnels soit par d'autres procédés sous Avis Technique en cours de validité (Thermo'Rive® n° ATec 16/23-798).

2.2.2. Caractéristiques des composants

Tous les blocs sont conformes aux exigences des normes NF EN 771-3+A1 et son complément national. Ils sont tous titulaires de la marque NF 025A « Blocs en béton de granulats courants et légers ».

2.2.2.1. Bloc standard (Bloc creux 6 alvéoles)

Bloc béton de granulats courants	Longueur	Largeur	Hauteur
Dimensions (mm)	500	200	200/250

Classe de résistance	Résistance à la compression caractéristique (MPa)
Bloc B40	≥ 4,0

2.2.2.2. Blocs EASYTHERM

Bloc béton de granulats légers (EASYTHERM)	Longueur	Largeur	Hauteur
Dimensions (mm)	500	200	200/250

Classe de résistance	Résistance à la compression caractéristique (MPa)
L60	$\geq 6,0$

2.2.2.3. Blocs bétons accessoires

2.2.2.3.1. Blocs tableau

Les blocs tableaux sont destinés à la réalisation des jambages d'ouverture, leurs formats sont équivalents aux bloc associés (Longueur = 500 mm, largeur = 200 mm) et ils existent en deux hauteurs (200 et 250 mm)

2.2.2.3.2. Blocs de chaînage vertical (Poteaux)

Le format, la classe de résistance et la structure sont identiques aux blocs bétons de granulats courants et granulats légers. Les blocs poteaux présentent une alvéole d'un diamètre de 150 mm destinée à recevoir le chaînage vertical. La gamme comporte également un bloc poteau présentant une alvéole de forme ovale d'une largeur maximale de 150 mm et d'une longueur maximale de 200 mm garantissant son utilisation en zone sismique.

2.2.2.3.3. Blocs en U

Ils sont destinés à la réalisation de chaînages horizontaux et de linteaux, en coffrage de chantier avec ferrailage conformément aux règles en vigueur. Leurs formats sont équivalents aux blocs associés (Longueur = 500 mm, largeur = 200 mm) et il existe 2 hauteurs (200 & 250 mm).

2.2.2.3.4. Planelles de rive de plancher

Les coffrages de rives de planchers sont réalisés soit à l'aide de planelles traditionnelle ou pas d'autres procédés sous Avis Technique en cours de validité. A titre d'exemple, la Figure 6 représente le cas de l'utilisation d'une planelle Thermo'Rive (n° ATec 16/23-798).

2.2.2.4. Mortiers de montage

La mise en œuvre de la maçonnerie de façade montée en blocs bétons de granulats courants et blocs de granulats légers (encadrant la dalle de plancher), est réalisée en pose maçonnerie à joint épais et respecte les règles d'exécution communes à toutes les maçonneries de petits éléments décrites conformément aux dispositions décrites dans le NF DTU 20.1.

Le mortier de montage est un mortier industriel de recette réalisé à base de ciment Portland CEM I ou équivalent conforme à la norme NF EN 197-1 à un dosage de 350 kg/m³ de mortier. Les caractéristiques du mortier répondent aux spécifications de la norme NF EN 998-2 et il est marqué CE.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Résistance sous charges verticales

À l'état-limite ultime, la valeur de calcul de la charge verticale appliquée par mètre de longueur de mur N_{Ed} (Obtenu suivant les normes NF EN 1990 et 1991) doit être inférieure ou égale à la valeur de calcul de la résistance aux charges verticales, N_{Rd} , exprimée en MN/m et donnée par l'expression suivante :

$$N_{Rd} = \frac{\Phi \cdot t \cdot f_k}{\gamma_M}$$

Où :

- f_k est la résistance caractéristique en compression de la maçonnerie en MPa ;
- Φ est le coefficient de réduction pour tenir compte de l'élançement du mur, l'excentricité des charges verticales appliquées et l'effet de fluage ;
- t est l'épaisseur de la maçonnerie en m ;
- γ_M est le coefficient partiel de sécurité sur la résistance de la maçonnerie.

Les valeurs de Φ peuvent être calculées de deux façons :

1 - Méthode standard : Calcul suivant NF EN 1996-1-1, §6,1 ;

2 - Méthode simplifiée.

Si on respecte les prescriptions des règles NF EN 1996-3, §4.2 et les hypothèses ci-dessous :

- Elancement des murs < 13 ;
- Portée du plancher ≤ 6 m ;
- Hauteur libre d'un étage $\leq 2,6$ m.

On peut utiliser les valeurs de Φ ci-dessous (calculées suivant la méthode simplifiée NF EN 1996-3, §4.2.2.3) :

Epaisseur du mur	t(m)	0,20
Murs intermédiaires	Φ centré	0,60
Murs servant d'appui en rive aux planchers	Φ excentré	0,55
Murs de niveau le plus élevé	Φ excentré	0,40

Pour les murs de bâtiments soumis à exigences réglementaires en matière de résistance au feu, la charge verticale N_{Ed} pondérée par le coefficient de réduction η_f doit être inférieure ou égale à la valeur de la charge maximale indiquée dans le Procès-Verbal de classement. On prendra par défaut $\eta_f=0,7$. En outre, la hauteur maximale du mur est limitée à la valeur indiquée dans ce Procès-Verbal.

2.3.2. Résistance sous charges latérales

Pour le calcul des murs soumis à des pressions hors plan les résistances caractéristiques en flexion sont données dans l'Annexe Nationale AN.3 de la norme NF EN 1996-3 :

$f_{xk1}=0,10$ N/mm²(résistance en flexion parallèle aux lits de pose);

$f_{xk2}=0,40$ N/mm²(résistance en flexion perpendiculaire aux lits de pose).

Les valeurs ci-dessus peuvent être prises sous réserve de l'utilisation d'un mortier de recette indiqué dans le présent Dossier Technique et préparé conformément à ce dernier.

2.3.3. Contreventement des maçonneries chaînées

Voir le cahier du CSTB N°3719 « Note d'information : Contreventement par murs en maçonnerie de petits éléments ».

La justification de l'aptitude du mur à assurer sa fonction de contreventement passe par les deux vérifications suivantes :

1. Le non-écrasement de la zone comprimée de la maçonnerie en pied de mur. Cette vérification de non-écrasement s'écrit :

$$\frac{2 \cdot \frac{V_{Ed}}{N_{Ed}} \cdot \frac{h}{l} + l}{l_c \cdot \left(l - \frac{l_c}{3} \right)} \cdot N_{Ed} \cdot l \leq \frac{\Phi \cdot t \cdot f_k}{\gamma_M}$$

Avec :

- V_{Ed} : force horizontale appliquées au mur, exprimée en MN ;
- l et h : respectivement longueur et hauteur du mur, exprimées en mètres ;
- l_c : longueur comprimée du mur (cf. § 6.2 de l'EN 1996-1-1), exprimée en mètres, est donnée dans le tableau 4 du cahier du CSTB n°3719 rappelé ci-après en fonction de la longueur du mur et du rapport $V_{Ed}/(l \cdot N_{Ed})$.

		Longueur du mur (m)					
		1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00
$V_{Ed}/(l \cdot N_{Ed})$	0	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00
	0,2	1,00	1,57	2,23	2,95	4,00	5,00
	0,4	0,67	0,96	1,34	1,81	3,03	4,43
	0,6	0,58	0,78	1,01	1,29	2,07	3,17
	0,8	0,53	0,69	0,87	1,07	1,59	2,33

Pour des valeurs du rapport $V_{Ed}/(l \cdot N_{Ed})$ comprises entre deux lignes du tableau ci-dessus ou pour des longueur du mur comprises entre deux colonnes du tableau ci-dessus, il est possible de procéder à une interpolation linéaire pour en déduire la valeur l_c à utiliser.

2. L'absence de rupture prématurée par cisaillement à l'interface éléments de maçonnerie/joint horizontal, à vérifier en utilisant le modèle de cisaillement décrit au § 6.2 de l'EN 1996-1.1. La valeur de calcul de la force de cisaillement appliquée V_{Ed} doit être inférieure ou égale à la valeur de la résistance au cisaillement du mur, V_{rd} , exprimée en MN et donnée par l'expression suivante :

$$V_{rd} = \frac{t \cdot l \cdot f_{vk}}{\gamma_M} + \sum A_c \cdot \frac{f_{cvk}}{\gamma_c}$$

Avec :

- f_{vk} : résistance caractéristique en cisaillement de la maçonnerie, exprimée en MPa ;
- l est la longueur de l'ouvrage de maçonnerie entre chaînages ;
- $\sum A_c$ est la somme des sections de béton des chaînages ;
- f_{cvk} est la résistance caractéristique au cisaillement du béton ;
- γ_c est le coefficient partiel de sécurité relatif au béton.

La résistance caractéristique au cisaillement de la maçonnerie, f_{vkr} , est prise égale à l'une des deux expressions suivantes :

- Pose à joints verticaux secs

$$f_{vk} = 0,5f_{vk0} + 0,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{t} \leq 0,045 \cdot f_b$$

- Pose à joints verticaux remplis ou collés sur au moins 40% de l'épaisseur de la maçonnerie :

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{t} \leq 0,065 \cdot f_b$$

Avec :

- f_{vk0} : Résistance initiale au cisaillement, en MPa (Voir tableau du §2.3.5) ;
- f_b : Résistance moyenne en compression normalisée des éléments, en MPa (Voir tableau du §2.3.5).

Dans le cas de murs montés à joints verticaux secs, le décalage des briques/blocs d'une rangée sur l'autre doit être proche de la demi-longueur de ces derniers. De plus, la longueur minimale du panneau de contreventement doit être égale à $h \cdot \frac{l_b}{2 \cdot h_b}$, h étant la hauteur du mur, et l_b et h_b étant respectivement la longueur et la hauteur de l'élément de maçonnerie.

Les données essentielles nécessaires aux vérifications ci-avant sont récapitulées dans le tableau du §2.3.5.

2.3.4. Contreventement des maçonneries non armées

Voir le cahier du CSTB N°3719 « Note d'information : Contreventement par murs en maçonnerie de petits éléments », §1.3.2.1.

Le non-écrasement de la zone comprimée en pied de mur s'écrit :

$$\frac{2 \cdot V_{Ed} \cdot h + N_{Ed} \cdot l}{l_c \cdot t \cdot \left(l - \frac{l_c}{3} \right)} \leq \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Avec :

- V_{Ed} = force horizontale appliquée en tête du mur ;
- N_{Ed} = force verticale appliquée à mi-longueur du mur ;
- l , h , t = longueur, hauteur et épaisseur du mur ;
- l_c = longueur comprimée du mur telle que :

$$l_c = \frac{3}{2} \cdot l - 3 \cdot \frac{h \cdot V_{Ed}}{N_{Ed}}$$

Les données essentielles aux vérifications sont récapitulées dans le tableau du §2.3.5

2.3.5. Données essentielles aux vérifications

Le dimensionnement est réalisé en assimilant l'intégralité du mur à un mur non-mixte réalisé entièrement en blocs béton B40.

Résistance moyenne en compression normalisée des éléments	f_b	5,4 MPa pour les hauteurs de 200 mm 5,9 MPa pour les hauteurs de 250 mm
Résistance caractéristique en compression de la maçonnerie	f_k	2,76 MPa
Résistance initiale au cisaillement	f_{vk0}	0,20 MPa (Selon tableau 3.4 de la NF EN 1996-1-1)
Résistance caractéristique en cisaillement du béton	f_{cvk}	0,45 MPa (béton C25/30)
Coefficient partiel de sécurité sur la résistance de la maçonnerie	γ_M	2,5
Coefficient partiel de sécurité sur la résistance du béton	γ_C	1,5 pour actions durables ou transitoires et 1,3 pour actions sismiques
Module d'élasticité de la maçonnerie	E	$E = 1000 \times f_k$ (selon NF EN 1052-1)

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Principe général de pose

Les dispositions constructives sont celles des maçonneries chaînées au sens de la NF EN 1996-1-1. Les dispositions constructives des maçonneries non armées correspondent à celles prévues par le NF DTU 20.1 pour les maçonneries chaînées (section béton, section armatures...).

Les points singuliers de l'ouvrage (angles, linteau, baies) doivent être réalisés à l'aide des blocs spéciaux.

Lors de la mise en œuvre d'un plancher préfabriqué, celui-ci doit être étayé conformément aux préconisations du fabricant du plancher.

La sélection de la hauteur des planelles dépend de la hauteur des planchers mis en œuvre.

2.4.1.1. Outillage

L'outillage nécessaires pour réaliser une bonne mise en œuvre comprend les outils traditionnels du maçon (règle, niveau, maillet caoutchouc, truelle, spatule, niveau laser, fil à plomb, cordeau).

Afin de faciliter les découpes des blocs, une scie sur table ou une tronçonneuse à disque de diamètre adapté est nécessaire.

2.4.1.2. Préparation du support et réalisation du premier rang

Conformément au NF DTU 20.1, avant le démarrage de la pose du premier rang, il convient de vérifier la présence et la conformité des armatures en attente, afin de bien assurer l'ancrage des chaînages verticaux aux fondations.

L'assise du premier rang est réalisée sur une arase de mortier de montage frais conformément au NF DTU 20.1. Le mortier peut être un mortier d'imperméabilisation hydrofugé ou un mortier de recette de chantier. Une arase hydrofugée peut servir de coupure de capillarité.

Les blocs sont mis en œuvre manuellement, sans outil de manutention spécifique :

La pose du premier rang de blocs en béton de granulats légers s'exécute comme la pose et mise en œuvre de blocs béton de granulats courants.

Le premier rang est débuté en commençant par un bloc d'angle. Le niveau est ensuite ajusté dans les deux sens à l'aide d'un maillet en caoutchouc. La surface latérale du bloc d'angle est encollée, puis les blocs suivants sont mis en place en les serrant les uns contre les autres.

2.4.1.3. Montage en partie courante

Les joints de montage sont réalisés manuellement, sans outil de manutention spécifique et conformément au NF DTU 20.1. La présence du voile de pose sur les blocs en béton de granulats courant permet la bonne application du lit de mortier sur ces derniers. Dans le cas de la pose de la rangée de blocs en béton de granulats courant sur les blocs EASYTHERM, la bonne application du lit de mortier est rendue possible par l'introduction d'une trame de verre au-dessus des blocs EASYTHERM.

Le mortier de montage est celui décrit au § 2.2.2.4.

Une attention particulière doit être portée pour éviter d'aligner les coupes d'un rang sur l'autre verticalement dans la paroi. Dans le cas de petites sections à combler (< 5 cm), il est préférable de ne pas réaliser de coupes de trop petite taille et de boucher simplement l'espace à l'aide du mortier de montage sur toute l'épaisseur du mur.

2.4.1.4. Réalisation des joints verticaux

- Dans le cas des blocs B40 : Les joints verticaux sont laissés soit secs soit remplis. Dans le cas où les joints verticaux sont remplis, les poches d'about entre blocs d'une même rangée sont remplies à refus au mortier épais d'usage courant conforme à la NF EN 998-2 ;
- Dans le cas des blocs L60 : Les joints verticaux sont laissés soit secs soit collés. Dans le cas où les joints verticaux sont collés, le collage est réalisé à l'aide d'un mortier à joints minces marqué CE et répondant aux spécifications de la norme NF EN 998-2. L'encollage est réalisé comme indiqué sur la Figure 1 à l'aide d'un outil adapté.

Les chants verticaux des blocs remplis ou collés sur une surface de plus de 40 % de la surface totale verticale du bloc sont considérés comme remplis au sens de la norme NF EN 1996-1-1. Le joint doit être réalisé sur la hauteur complète de l'élément et sur une largeur minimale de 40 % de la largeur du bloc ($0,4 \times e$, soit 80 mm pour un bloc de largeur $e=200$ mm). Il peut être réalisé en une ou plusieurs bandes de mortier.

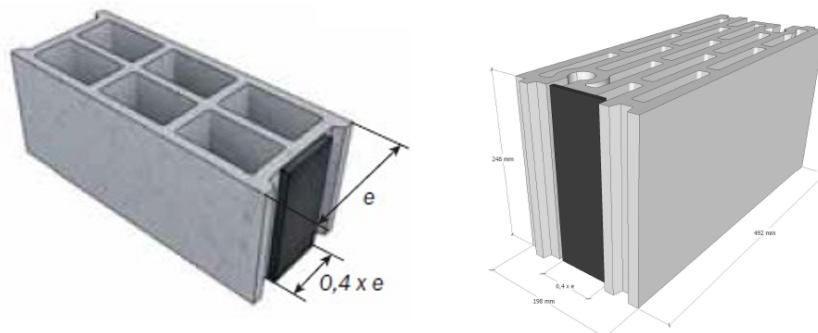


Figure 1 Réalisation des joints verticaux

2.4.2. Réalisation des points singuliers

2.4.2.1. Réalisation des angles

Les blocs poteaux utilisables sur les angles à 90° et en chaînage intermédiaire comportent une alvéole de diamètre de 150 mm permettant la mise en place de chaînages verticaux conformément au NF DTU 20.1.

Les tableaux de baies sont obtenus par les blocs tableaux ou par les blocs poteaux conformément au DTU 20.1.

Les murs de refends sont liaisonnés de façon classique par harpage ou par des équerres métalliques perforées.

2.4.2.2. Réalisation des chaînages horizontaux

Au niveau des planchers, les chaînages sont coffrés en périphérie, du côté extérieur, par des blocs de rive/planelles de rive de plancher. Une isolation complémentaire de rupture de pont thermique peut être réalisée par la mise en place d'autres procédés de planelle de rive de plancher sous Avis Technique en cours de validité (Par exemple : Thermo'Rive® n° ATec 16/23-798).

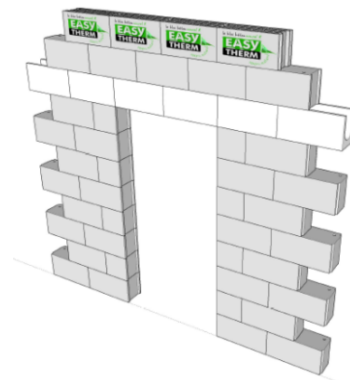
2.4.2.3. Jonctions entre murs de façade et murs de refend (Figure 9)

Pour la jonction des murs de façade et de refend, des blocs béton standard au sens du NF DTU 20.1 ou tout procédé sous Avis Technique peuvent être utilisés. Plusieurs cas sont possibles dans le cas de la jonction façade-refend :

- En zones non sismiques ou dans le cas de murs non contreventant, par montage juxtaposé du refend et en laissant un espace dans lequel on disposera un isolant intérieur ;
- Lorsqu'un contreventement est nécessaire (en zones sismiques par exemple), une jonction par harpage est préférable car elle augmente la rigidité des murs au contreventement. Il est cependant possible de chaîner les deux murs mais dans ce cas il faudrait remplacer la liaison par harpage par une autre telle que : créer un chaînage vertical dans le mur de refend et assurer une liaison efficace entre le chaînage horizontal du mur de refend et le chaînage horizontal du mur de façade.

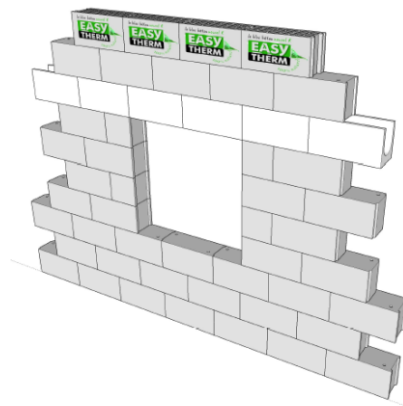
2.4.2.4. Réalisation des ouvertures

2.4.2.4.1. Réalisation des tableaux de baies



Les tableaux de baies sont réalisés en utilisant les blocs accessoires.

2.4.2.4.2. Réalisation des appuis de fenêtre



Les caractéristiques géométriques de l'appui ainsi que sa mise en œuvre doivent respecter les spécifications du NF DTU 20.1. Pour la pose dans des zones non sismique uniquement, les appuis peuvent être posés sur un U de chaînage ou un linteau coulé en place. Ils peuvent également être posés grâce à l'utilisation des armatures préfabriquées, intégrées entre 2 couches de joints de maçonnerie.

L'étanchéité des menuiseries est réalisée conformément au NF DTU 36.5.

2.4.2.4.3. Réalisation des linteaux

Ils peuvent être réalisés soit à l'aide des blocs accessoires en U et conformément au NF DTU 20.1 ou de linteaux préfabriqués. Le cas particulier des coffres de volets roulants ne dispense en aucun cas de la réalisation de linteaux.

2.4.2.5. Réalisation des pignons (Voir Figure 10)

Le chaînage est réalisé soit avec un bloc de chaînage en U soit avec du béton armé coffré conformément aux NF DTU 20.1.

2.4.3. Etanchéité à l'air du bâtiment

L'étanchéité à l'air de la maçonnerie avec le procédé EasyPsi® est normalement assurée si au moins l'une des 2 faces du produit est enduite (plâtre ou hydraulique).

2.4.4. Condensation dans les parois

L'utilisation du procédé EasyPsi® ne présente aucun risque particulier susceptible de détériorer l'ensemble de la paroi sur le long terme.

2.4.5. Mode de fixation d'objets lourds

Les techniques utilisées avec des maçonneries de blocs traditionnels peuvent être utilisées. Les gonds des volets battants sont scellés au mortier traditionnel. Il est important d'adapter le diamètre du foret, la vitesse de rotation et la puissance de percussion de la perceuse au matériau et au type de cheville utilisé.

2.4.6. Protection collective

Lorsque le chantier n'est pas muni de garde-corps permanents, des protections collectives temporaires doivent être installées à sa périphérie avant les interventions (article R. 4323-58 du Code du travail) : garde-corps provisoires ou dispositifs de recueil souples. La mise en place de ces protections collectives peut être réalisée soit sans fixation à la maçonnerie, soit en perçant sans percussion le bloc (hors des joints horizontaux ou verticaux) pour la mise en place des supports métalliques. Ces derniers doivent être munis de platines de répartition afin de ne pas poinçonner le bloc. Les perçages sont ensuite rebouchés à l'aide de mortier performant adapté.

2.4.7. Revêtements extérieurs et intérieurs

2.4.7.1. Revêtements extérieurs

- Dans le cas d'une isolation par l'intérieur : enduit monocouche OC2 ou OC1 au sens de la norme NF EN 998-1, ou multicouche applicable sur supports de type Rt2 au sens du NF DTU 26.1.

La réalisation des enduits doit être traitée conformément aux prescriptions du NF DTU 20.1 et NF DTU 26.1. Une bande d'armature de renfort d'enduit débordant de 15 cm au-dessus du premier rang en bloc de granulats légers et de 15 cm au-dessous du deuxième joint de la maçonnerie sous-jacente sera positionnée à tous les niveaux. Ce treillis a pour fonction d'armer l'enduit ; il doit donc être mis en œuvre dans la première couche (ou passe pour l'application d'un enduit monocouche) d'enduit conformément au NF DTU 26.1.

Le choix de l'enduit doit être compatible avec le classement comme support d'enduit de la maçonnerie en partie courante de mur.

- Dans le cas d'une isolation par l'extérieur : tout système d'isolation thermique par l'extérieur ayant fait l'objet d'une Evaluation Technique Européenne et d'un Document Technique d'Application visant un support en maçonnerie de blocs en béton de granulats courants et en blocs en béton de granulats légers peut être utilisé.

2.4.7.2. Revêtements intérieurs

Dans le cas d'une isolation par l'intérieur, complexe de doublage plaque de plâtre-isolant ou doublage isolé sur ossature métallique.

Dans le cas d'une isolation par l'extérieur, enduit traditionnel au plâtre projeté, plaques de plâtre sur ossature simple, enduits monocouche OC (OC1-OC2) ou GP de classe CS IV au sens de la norme NF EN 998-1 et du NF DTU 26.1.

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

Les matériaux constitutifs du mur ne posent pas de problème de durabilité intrinsèque. La durabilité des parements intérieurs en plaques de plâtre peut être estimée similaire à celle des parements identiques appliqués sur supports traditionnels.

2.6. Traitement en fin de vie

Le traitement en fin de vie peut être assimilé à celui de produits traditionnels.

2.7. Assistance technique

Le groupe Perin & Cie apporte une assistance et une formation adaptée aux entreprises qui mettent en œuvre le procédé.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication des blocs béton

Les blocs béton de granulats courants sont fabriqués dans les usines PERIN ci-dessous :

- Saint Maudez (22980) ;
- Vern sur Seiche (35770) ;
- Redon (35600) ;
- Hennebont (56700) ;
- Elven (56250) ;

- Noyal Pontivy (56151).

Les blocs béton de granulats légers sont fabriqués dans l'usine PERIN de Noyal Pontivy

Les blocs sont moulés dans des presses automatisées, transférés dans des chambres de séchage naturel. Les blocs de granulats légers sont rectifiés pour assurer les tolérances dimensionnelles (D4) et les blocs de granulats courants ont une tolérance dimensionnelle D1.

La fabrication fait l'objet d'un autocontrôle suivi par le CERIB dans le cadre de la marque NF « Blocs de granulats courants et Blocs de granulats légers ».

2.8.2. Contrôles de fabrication

- Contrôle quotidien des recettes de béton ;
- Contrôle dimensionnel de 3 blocs par journée de fabrication. Les tolérances dimensionnelles doivent répondre aux spécifications des normes NF EN 771-3 et NF EN 771-3/CN « spécifications pour éléments de maçonnerie ; partie 3 : Eléments de maçonnerie en béton de granulats (granulats courants et légers) »,
- Contrôle de la masse volumique du béton sur 3 blocs par journée de fabrication. La masse volumique sèche du béton doit être mesurée selon la norme NF EN 772-13.
- Contrôle toutes les 4 000 opérations de moulage de la résistance à la compression sur 6 blocs. La résistance à la compression des blocs doit correspondre à la classe de résistance L60 pour les Blocs de béton en granulats légers et B40 pour les blocs de béton en granulats courants au sens de la norme NF EN 771-3/CN ;
- Contrôle tous les 3 ans des variations dimensionnelles entre états conventionnels extrêmes mesurées conformément à la norme NF P 14-304 (retrait – gonflement). Les variations dimensionnelles, mesurées selon la norme NF EN 772-14, doivent être inférieures à 0,45 mm/m.

2.8.3. Marquage des produits

Le marquage figure sur plus de 5 % des blocs livrés et comprend :

- Le logo réglementaire pour le marquage CE ;
- Le numéro d'identification de l'unité de fabrication PERIN & CIE ;
- Référence produit avec sa classe de résistance (B40 ou L60) ;
- Le jour et année de fabrication ;
- Le logo de la marque NF

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

Résistance à la compression :

Essais comparatifs de caractérisation de la résistance en compression sous chargement excentré de murs de hauteur de 2,60 m, rapport d'essai n°023050.

Résistance au feu :

Rapport d'essais n°031510, et PV n°031511 - laboratoire du CERIB

Acoustique :

Consultation technologique n°021848 établi par le CERIB. Evaluation de l'impact de la mise en œuvre locale de blocs en béton de granulats légers sur la performance acoustique d'une paroi en blocs béton creux de granulats courants.

Résistance au cisaillement :

Caractérisation de l'adhérence au cisaillement d'un joint de mortier selon la norme NF EN 1052-3, rapport CERIB n°021509

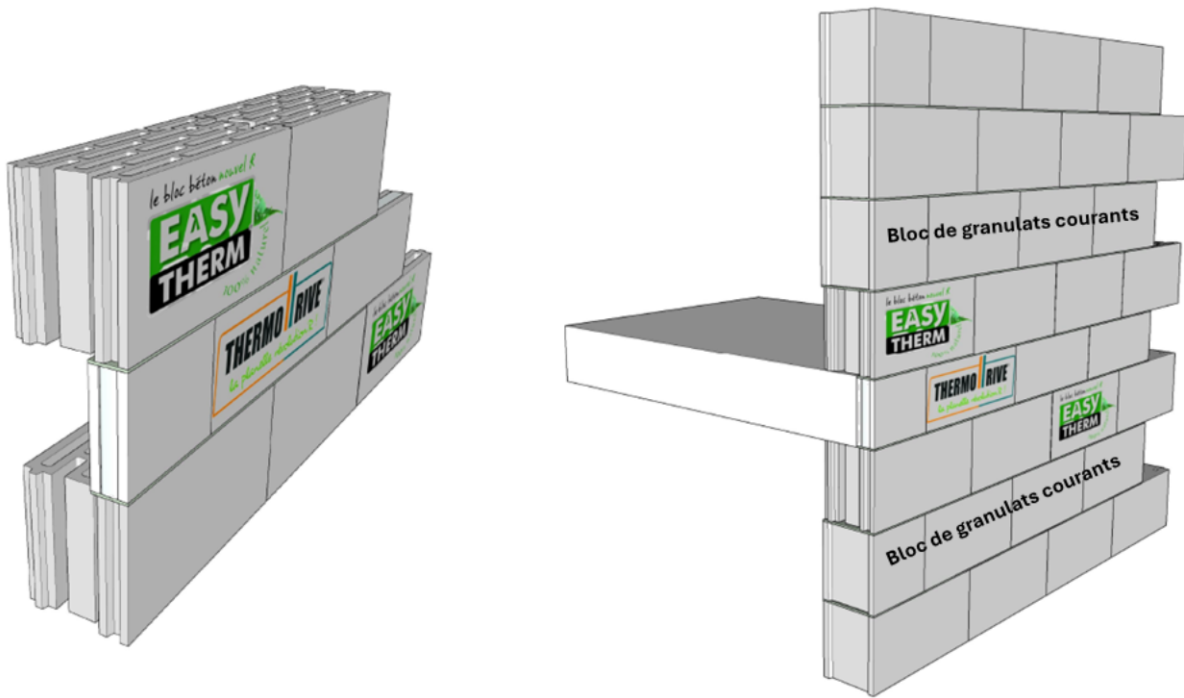


Figure 6 : Principe du procédé EasyPsi®

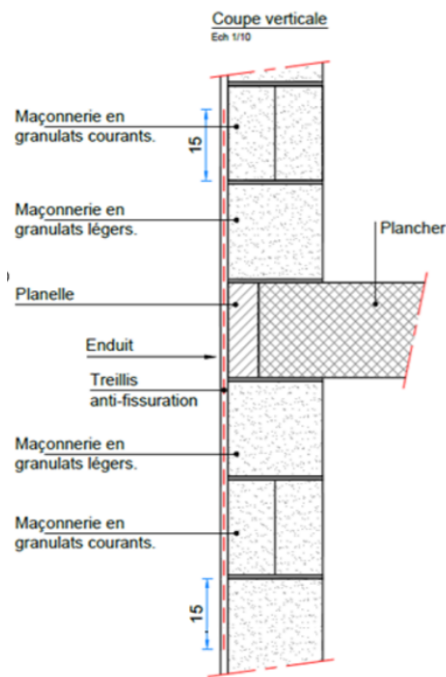


Figure 7 : Revêtement extérieur : Renfort d'enduit au niveau du plancher

COUPE TYPE sur Chainage HORIZONTAL

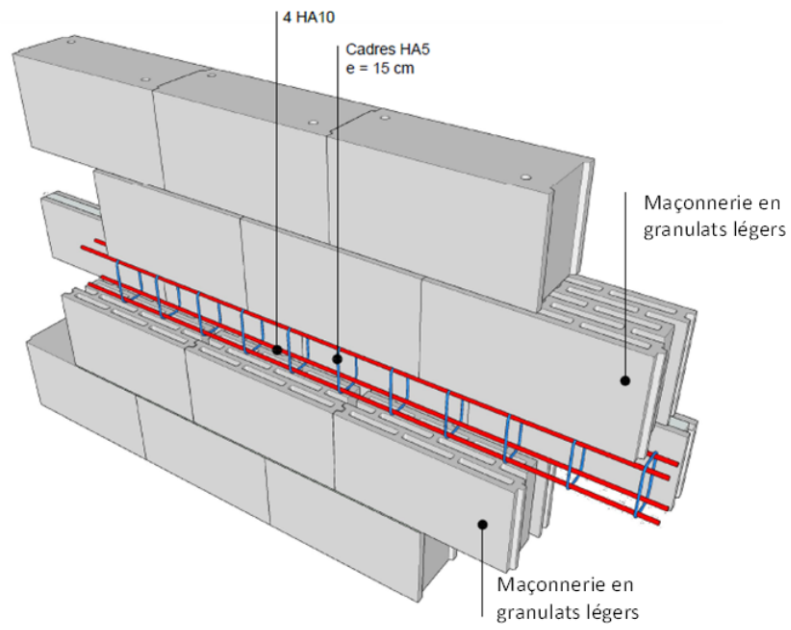


Figure 8 : Chainage horizontal

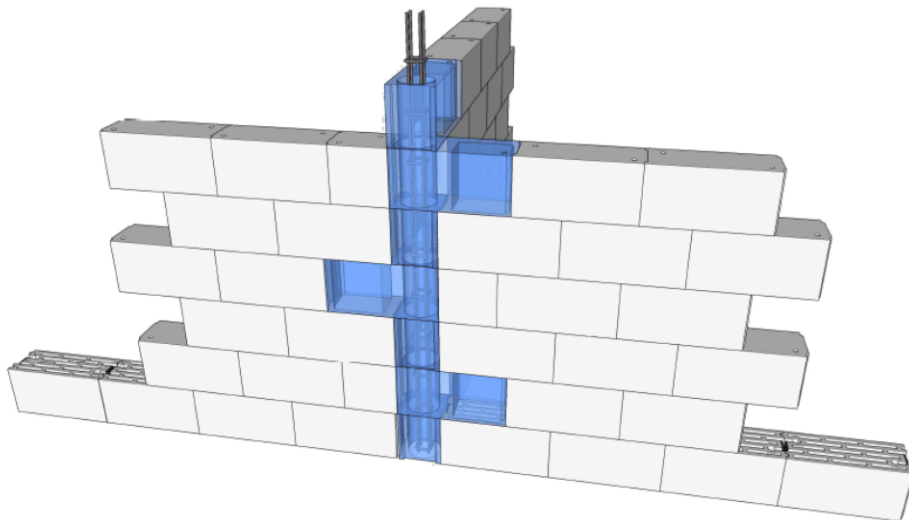


Figure 9 : jonction refend/façade

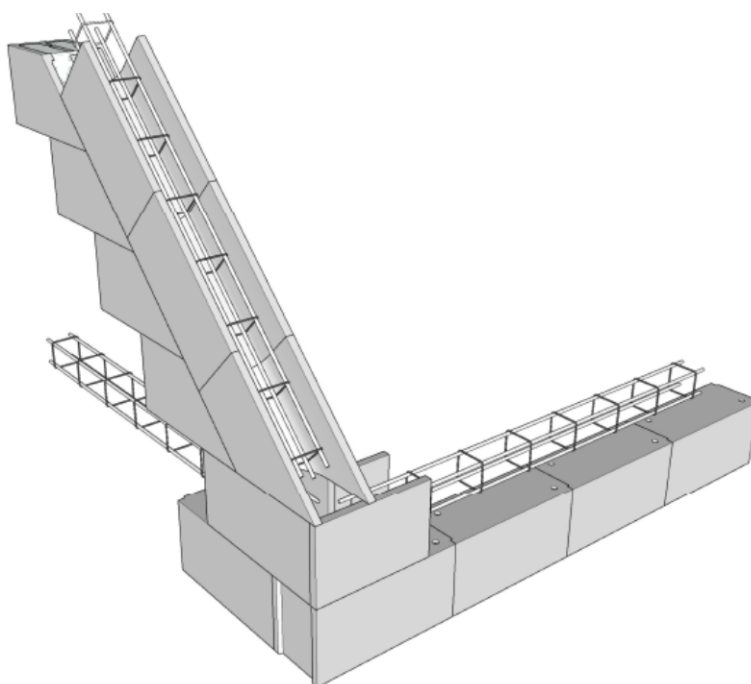


Figure 10 - Exemple de réalisation de pignon et chaînage horizontal

Référence du rapport de calcul	Configuration visée	Coefficient de déperdition linéique
CT n°008449 du CERIB (2017)	Plancher bas sur vide sanitaire ou haut de sous-sol 20 cm en béton- soubassement en béton de granulats courants / maçonnerie de façade en blocs courant sauf 1 ^{ère} rangée en maçonnerie de « type a »	0,57 W/(m.K)
CT n°008449 du CERIB (2017)	Plancher bas sur vide sanitaire ou haut de sous-sol 20 cm en béton- soubassement en béton de granulats légers / maçonnerie de façade en blocs courant sauf 1 ^{ère} rangée en maçonnerie de « type a »	0,46 W/(m.K)
CT n°011774 du CERIB (2018)	Liaison entre un plancher intermédiaire béton 20 cm avec balcon traversant et une façade en maçonnerie courante avec les deux rangées de blocs au-dessous et au-dessus de la dalle en béton en maçonnerie de « type a » isolée par l'intérieur / épaisseur de doublage 100 mm	0,74 W/(m.K)
CT n°011774 du CERIB (2018)	Liaison entre un plancher intermédiaire béton 20 cm avec balcon traversant et une façade en maçonnerie courante avec les deux rangées de blocs au-dessous et au-dessus de la dalle en béton en maçonnerie de « type a » isolée par l'intérieur / épaisseur de doublage 120 mm	0,72 W/(m.K)

Tableau 2 Exemples de coefficients de déperditions linéiques

Dans le tableau ci-dessus, les définitions suivantes s'appliquent :

- Une maçonnerie « courante » est une maçonnerie couramment utilisée à base de béton ou de terre cuite de conductivité thermique équivalente $\lambda \geq 0,7$ W/(m.K) [cf Fascicule 5 des Règles Th-U] ;
- Une maçonnerie de « type a » est une maçonnerie à isolation répartie de conductivité thermique équivalente $\lambda \leq 0,2$ W/(m.K) [au sens du Fascicule 5 des Règles Th-U] (Selon le rapport CT n°2028 du CERIB, une façade maçonnée en blocs EASYTHERM correspond à une maçonnerie de « type a »).