

# Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **16/14-700\_V1**

Annule et remplace l'Avis Technique 16/14-700

*Mur en briques de terre  
cuite  
Wall made of clay masonry  
units*

## Mur'max

Relevant des normes

**NF EN 771-1  
et NF EN 998-2**

**Titulaire :** Société Bouyer Leroux  
L'Etablère  
FR-49280 La Séguinière  
Tél. : 02 41 63 76 16

### Groupe Spécialisé n° 16

Produits et procédés spéciaux pour la maçonnerie

Publié le 16 mars 2018



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques  
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2  
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : [www.ccfat.fr](http://www.ccfat.fr)

**Le Groupe Spécialisé n° 16 « Produits et procédés spéciaux pour la maçonnerie » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 14 décembre 2017 le procédé de mur de maçonnerie à double paroi en briques creuses « Mur'max » exploité par la Société BOUYER LEROUX. Il a formulé sur ce procédé le Document Technique d'Application ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis 16/14-700. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Procédé de réalisation de murs de façade composés de deux parois en maçonnerie de briques de terre cuite de 15 cm entre lesquelles est insérée une couche isolante en panneaux polyuréthane de 122 mm d'épaisseur. Les faces de pose supérieure et inférieure sont rectifiées, montés à joints minces de mortier-colle. Les joints verticaux à emboîtement permettent un assemblage à sec, mais peuvent également être collés.

Ces deux parois sont liées entre elles au niveau de chaque plancher par des connecteurs en béton armé disposés tous les 1,20 m, ainsi qu'au niveau des tableaux d'ouvertures.

### Revêtements

#### Extérieur

Mortier d'enduit monocouche OC2 ou OC1 au sens de la norme NF DTU 26.1 P1-2, ou mortier d'enduit d'usage courant GP au sens de la norme NF EN 998-1 de classe maximale CS III.

#### Intérieur

Enduit plâtre selon DTU 25.1 ou plaques de plâtre collées suivant DTU 25.41.

### 1.2 Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n°305/2011, le produit en terre cuite fait l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base de la norme NF EN 771-1. 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.

En application de ce même Règlement, les panneaux isolants font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par le fabricant sur la base de la norme NF EN 13165. Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

### 1.3 Identification des produits

Les produits sont marqués en continu par une roulette réalisant une impression en creux en sortie de filière ; le marquage comporte la marque commerciale « Bouyer Leroux », le nom du produit la date de fabrication et le site de fabrication, ainsi que le marquage correspondant au suivi de l'autocontrôle visé dans le Dossier Technique établi par le demandeur. Les housses de palette comportent la dénomination Bouyer Leroux.

Les produits en terre cuite mis sur le marché portent le marquage CE accompagné des informations prévues par l'annexe ZA de la norme NF EN 771-1. De même, le mortier de montage mis sur marché porte le marquage CE accompagné des informations prévues par l'annexe ZA de la norme 998-2.

## 2. AVIS

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Tous types de constructions courantes telles que bâtiments d'habitation, bureaux, ERP, bâtiments à usage commercial, industriel ou agricole.

L'utilisation du procédé est limitée à la réalisation de bâtiments de type R+2+combles au plus.

La hauteur maximale des murs entre planchers est limitée à 3,15 m.

Les autres limitations résultent de l'application des règles de conception et de calcul données dans les paragraphes 2.3 ci-après.

Le procédé peut être utilisé pour la réalisation d'ouvrages en maçonnerie chaînée (confinée au sens de la NF-EN-1996-1) nécessitant des prescriptions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010

modifié (zones 1 à 4 uniquement). Les conditions d'application en zone sismique sont définies ci-après en 2.32.

### 2.2 Appréciation sur le procédé

#### 2.21 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi.

#### Stabilité

Elle est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté, moyennant le respect des règles habituelles en matière de conception, calcul et mise en œuvre des maçonneries de maçonneries en terre cuite montés à joints minces.

#### Sécurité incendie

Compte tenu de la nature incombustible des matériaux constitutifs des briques et des joints, le procédé ne pose pas de problème particulier du point de vue de leur réaction au feu.

Les différents Procès-Verbaux de classement délivrés par le laboratoire EFECTIS ont permis l'obtention de classements dans les conditions données dans ces documents, et rappelées au chapitre B du Dossier Technique établi par le demandeur. Le chargement vertical de ces murs est limité à 100 kN/m.

Pour les établissements recevant du public soumis aux prescriptions de l'instruction technique n°249 relative aux façades, visée en annexe de l'arrêté du 24 mai 2010, les dispositions constructives données dans l'Appréciation de Laboratoire EFECTIS EFR-15-002767 Révision 1 du 09/02/2018 sont à respecter.

Certaines de ces dispositions sont reprises au §5.15 du Dossier Technique établi par le demandeur.

#### Prévention des accidents lors de la mise en œuvre et de l'entretien

La fixation des protections collectives ne peut s'effectuer dans la maçonnerie et doit être reportée, par exemple, sur le plancher ou sur un échafaudage.

#### 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-U doit être conduite dans chaque cas.

Les valeurs de la résistance thermique R et du coefficient Up du mur en partie courante, à prendre en compte dans les calculs, sont données dans le tableau suivant :

Joint vertical	résistance thermique R du mur enduit 1 face (m <sup>2</sup> .K)/W	coefficient Up du mur enduit 2 faces en W/(m <sup>2</sup> .K)
Laissés secs	7,19	0,136
collés	7,19	0,136

Les valeurs ci-avant ne s'entendent que pour des productions pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérifications décrits dans le dossier technique établi par le demandeur sont effectifs.

#### Isolement 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.

Sur la base de ces dernières, figurant dans le rapport visé au chapitre B du Dossier Technique, on estime que les configurations testées peuvent permettre de satisfaire à la réglementation vis-à-vis des bruits aériens provenant de l'extérieur dans les zones où l'isolement requis est égal à 30 ou 35 dB.

## Imperméabilisation des murs extérieurs

L'imperméabilisation des murs de façade est convenablement assurée moyennant l'application des enduits de façade prévus, ainsi que le respect des conditions d'exposition définies à l'article 4.2 de la partie 3 de la norme NF DTU 20.1 (P 10-202).

### Confort d'été

Pour la détermination de la classe d'inertie thermique quotidienne des bâtiments, qui constitue un facteur important du confort d'été, les murs extérieurs de ce procédé appartiennent à la catégorie des parois à isolation extérieure, étant entendu que seule la paroi maçonnée située côté intérieur à l'isolant est à prendre en compte. L'inertie de ces bâtiments est déterminée au moyen des règles TH-1.

### Finitions – Aspects

Les finitions prévues sont celles, classiques, pour les parois en terre cuite. L'homogénéité du support d'enduit apportée par un montage à joints minces est favorable à l'homogénéité d'aspect et de teinte de l'enduit de parement.

### Données environnementales

Le procédé ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et 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.

### 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.

### 2.22 Durabilité

La terre cuite constitutive des éléments ne pose pas de problème de durabilité intrinsèque dans la mesure où les spécifications définies dans le Dossier Technique sont satisfaites. Compte tenu de ce que les matériaux associés à la terre cuite dans le mur fini sont également des matériaux minéraux, la durabilité d'ensemble des murs est équivalente à celle des murs traditionnels homogènes constitués des mêmes types de matériaux.

### 2.23 Fabrication

La fabrication des briques et accessoires mur-max ne diffère pas dans son principe de celle des briques creuses de terre cuite. D'autre part, une chaîne de rectification de chaque face horizontale des produits à l'aide de disques diamantés permet d'obtenir aisément la précision dimensionnelle en hauteur demandée.

Cet avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification de fabrication décrits dans le Dossier Technique Etabli par le Demandeur (DTED).

### 2.24 Mise en œuvre

L'assemblage des briques à joints minces diffère de la mise en œuvre traditionnelle par hourdage des produits traditionnels de même type.

La compatibilité des produits en terre cuite avec les mortiers visés dans le dossier technique a fait l'objet d'essais de convenance permettant de conclure favorablement sur l'aptitude à l'emploi. La mise en œuvre ne pose pas de problème particulier moyennant l'application des méthodes décrites dans le Dossier Technique et l'utilisation des accessoires associés au système (platines de pose, rouleau applicateur). La réalisation des assises, dont la planéité conditionne directement la qualité de réalisation des murs, requiert un soin particulier.

L'attention est par ailleurs attirée sur le fait que, compte tenu de l'épaisseur réduite du joint de mortier-colle et de la relative capillarité du support, la durée entre la dépose du mortier colle et la brique ne doit pas être trop importante de manière à éviter des dessiccations prématurées du mortier, qui seraient préjudiciables à la bonne tenue du collage. Ce temps peut être modifié en fonction des conditions atmosphériques extérieures.

Il est nécessaire de vérifier en cours de pose que le vide de construction ménagé entre les deux parois de terre cuite permettra sans difficulté l'insertion ultérieure de l'isolant.

La dépose du mortier demande un soin particulier afin d'éviter des chutes de ce dernier entre les deux parois de terre cuite. En cas de chute de mortier, les bavures de colle sont à retirer pour faciliter l'insertion de l'isolant dans le vide technique.

Le titulaire de ce DTA est tenu d'apporter son assistance technique aux entreprises désireuses de mettre en œuvre ce procédé, notamment au démarrage des chantiers.

## 2.3 Prescriptions Techniques

### 2.31 Prescriptions de conception

#### 2.311 Capacité portante sous charges verticales

À l'état-limite ultime, la valeur de calcul de la charge verticale appliquée par mètre de longueur de mur  $N_{Ed}$  doit être inférieure ou égale à la valeur de calcul de la résistance aux charges verticales,  $N_{Rd}$ , exprimée en N/m et donnée par l'expression suivante :

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

Avec :

- $\Phi$  : coefficient de réduction pour tenir compte de l'élançement du mur, l'excentricité des charges verticales appliquées et l'effet de fluage.

Les valeurs de  $\Phi$  peuvent être calculées de deux façons :

- Méthode standard : Calcul suivant NF EN 1996-1-1, §6,1
- Méthode simplifiée : calcul suivant NF EN 1996-3, §4.2

Dans le cas de planchers de portée inférieure ou égale à 6 mètres, et de murs de hauteur d'étage inférieure ou égale à 3 mètres, on peut utiliser les valeurs de  $\Phi$  suivantes :  $\Phi = 0,60$  pour un chargement centré,  $\Phi = 0,41$  pour un chargement excentré et  $\Phi = 0,40$  pour les murs du niveau le plus élevé.

- $t$  : épaisseur de la maçonnerie, ( $t=0,15$  mètres) ;
- $f_k$  : résistance caractéristique de la maçonnerie, exprimée en Pa.
- $\gamma_M$  : coefficient partiel de sécurité sur la résistance de la maçonnerie. Pour les murs de bâtiments soumis à exigences réglementaires en matière de résistance au feu, la charge verticale à l'état limite ultime  $N_{Ed}$  pondérée par le coefficient de réduction  $\eta_{ff}$  doit être inférieure ou égale à la valeur de la charge maximale indiquée dans le Procès-Verbal de classement, soit 100 kN/m. On prendra par défaut  $\eta_{ff} = 0,7$ . En outre, la hauteur maximale du mur est limitée à la valeur indiquée dans ce Procès-Verbal.

Du fait de la nécessité de disposer d'un nombre entier de rangées sur chaque hauteur d'ouvrage (mur, allège, ...), et du fait de l'impossibilité de jouer sur l'épaisseur des joints aux fins de rattrapage, un calepinage préalable en hauteur des ouvrages est indispensable.

Un calepinage des ouvrages en longueur et pour le positionnement des baies est en outre nécessaire pour limiter le nombre de coupes au minimum.

#### 2.312 Contreventement

Seule la paroi porteuse doit être prise en compte dans la résistance au contreventement. 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 :

$$\frac{2 \cdot \frac{V_{Ed}}{N_{Ed}} \cdot \frac{h}{l} + l}{l_c \cdot \left(1 - \frac{l_c}{3}\right)} \cdot N_{Ed} \cdot l \leq \frac{\Phi \cdot t \cdot f_k}{\gamma_M}$$

Avec :

- $V_{Ed}$  : force horizontale appliquées au mur, exprimée en N ;
- $l$  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, et donnée dans le tableau ci-après en fonction de la longueur du mur et du rapport  $V_{Ed}/N_{Ed}$  :

		Longueur du mur (m)				
		1,50	2,00	2,50	3,00	4,00
Ved/Ned	0	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00
	0,2	1,02	1,75	2,47	3,00	4,00
	0,4	0,68	1,44	2,27	3,00	4,00
	0,6	0,45	1,11	1,98	3,00	4,00
	0,8	0,33	0,80	1,62	2,55	4,00
	1,0	0,30	0,55	1,25	2,07	3,83

- 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

rieure ou égale à la valeur de la résistance au cisaillement du mur,  $V_{rd}$ , exprimée en N et donnée par l'expression suivante :

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

Avec :

- $f_{vk}$  : résistance caractéristique en cisaillement de la maçonnerie, exprimée en Pa.
- $A_c$  : section du béton de chaînage vertical, exprimé en m<sup>2</sup>.
- 

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

- $f_{vk} = 0,5 f_{vk0} + 0,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{t} \leq 0,045 \cdot f_b$  (pose à joints verticaux secs)
- $f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{t} \leq 0,065 \cdot f_b$  (pose à joints verticaux remplis ou collés sur au moins 40% de l'épaisseur de la maçonnerie)

Avec :

- $f_{vk0}$  : Résistance initiale au cisaillement, en Pa
- $f_b$  : Résistance moyenne en compression normalisée des éléments, en Pa

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, à et  $l_b$  et  $h_b$  étant respectivement la longueur et la hauteur de l'élément de maçonnerie, soit à 0.912 h.

### 2.313 Prescriptions relatives à la paroi extérieure

Pour les vérifications sous actions hors plan, il convient de dimensionner les murs pour l'action du vent au moyen de la norme NF EN 1991-1-4 et de son annexe nationale.

- La résistance des parois est à déterminer selon les prescriptions de l'EN EN1996-1, en prenant une résistance caractéristique en flexion de la maçonnerie de 0,15 MPa.
- Le dimensionnement vis-à-vis du vent peut être effectué à l'aide des tableaux donnés en annexe du dossier technique.
- Des joints de dilatation et de retrait sont à prévoir pour les parois extérieures de grande surface. A défaut de justification particulière devant prendre en compte les effets des dilatations thermiques et hygrothermiques différentielles entre paroi intérieure et extérieure, l'espacement entre ces joints ne devra pas excéder 24 mètres.

### 2.32 Utilisation en zones sismiques

Les murs montés à l'aide du procédé peuvent être utilisés pour la réalisation d'éléments structuraux principaux de bâtiments soumis à exigences parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, moyennant le respect des prescriptions de la norme NF EN 1998-1 et de son annexe nationale NF EN 1998-1/NA, et en particulier le respect des prescriptions relatives aux maçonneries chaînées.

- Les efforts sismiques horizontaux sont à calculer en prenant en compte le mur complet (la masse des deux parois) ; En revanche, l'intégralité des efforts est à reporter sur la paroi intérieure considérée comme seule porteuse.

Les vérifications au contreventement sont à mener selon le modèle donné au § 2.312 ci-avant, en considérant :

- Un coefficient partiel de sécurité sur la maçonnerie égal à 1,67 ;
- Un coefficient partiel de sécurité sur la résistance du béton égal à 1,3 ;
- un coefficient de comportement  $\eta$  égal à 1,5.

Dans le cas de petits bâtiments de forme simple, définis dans la norme NF P 06-014 (ou dans le guide CPMI), une justification sans nécessité de vérification par calcul est également possible en application de cette norme. Il est rappelé que les bâtiments visés par cette norme doivent être au maximum de type R + 1 + comble, de forme simple tant en plan qu'en élévation, et contreventés par des murs répartis sur le pourtour des planchers.

Pour ces petits bâtiments, la longueur des panneaux dans chaque direction, exprimée en mètres, ne doit pas être inférieure au quotient de la surface S totale construite au sol, en mètres carrés, par le coefficient k donné dans le tableau ci-après, établi pour des sols de classe E. Des valeurs de k supérieures peuvent être retenues en fonction de la classe du sol considéré.

zone sismique	Type de bâtiment			
	Joints verticaux	RDC + toiture légère	R+comble avec planchers lourds	R+1 + comble avec planchers lourds
3	secs	14	8	6
	remplis	25	14	9
4	secs	9	5	4
	remplis	16	9	6

Les parois extérieures sont assimilables à des éléments non structuraux, pour lesquelles les prescriptions contenues dans le document «Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti; justifications parasismiques pour le bâtiment à risque normal, version 2014, des ministères du logement et de l'égalité des territoires et de l'écologie, du développement durable et de l'énergie » visé par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié s'appliquent.

Les efforts sismiques horizontaux perpendiculaires au plan du mur nécessitent de raidir la paroi extérieure à l'aide de raidisseurs verticaux en béton armé.

La combinaison d'actions à prendre en compte pour la détermination de l'entraxe maximum entre ces raidisseurs est celle qui correspond à la situation la plus défavorable.

Les valeurs de l'effort sismique Fa (daN/m<sup>2</sup>) sont calculées selon le guide « éléments non structuraux du cadre bâti » et indiquées au tableau 5 du Dossier Technique établi par le demandeur.

### 2.33 Données essentielles

Les données essentielles nécessaires aux vérifications ci-avant sont récapitulées ci-dessous :

résistance moyenne en compression normalisée des éléments	$f_b$	13,5 MPa
Résistance caractéristique en compression de la maçonnerie	$f_k$	4,7 MPa
Résistance caractéristique en flexion de la maçonnerie	$f_{xk}$	0,15 MPa
résistance initiale au cisaillement	$f_{vk0}$	0,3 MPa
coefficient partiel de sécurité sur la résistance de la maçonnerie	$\gamma_M$	2,5 (situations durables ou transitoires)
		1,67 (situations sismiques)
coefficient partiel de sécurité sur la résistance du béton de chaînage	$\gamma_C$	1,5 (situations durables ou transitoires)
		1,3 (situations sismiques)
module d'élasticité de la maçonnerie	$E$	5200 MPa
section minimale des armatures de chaînage		2 cm <sup>2</sup> (situation normale)
		3,14 cm <sup>2</sup> (situation sismique)
joints verticaux		collés ou non

### 2.34 Prescriptions de fabrication

Les caractéristiques des briques doivent satisfaire aux spécifications de la norme NF EN 771-1 et à son complément national.

De plus, la classe de résistance doit être conforme à celle indiquée dans chaque certificat et dans le au Dossier Technique établi par le demandeur.

De plus, la tolérance dimensionnelle sur la hauteur entre faces rectifiées a pour valeur  $\pm 0,5$  mm.

### 2.35 Prescriptions de mise en œuvre

Il est rappelé que l'application du mortier de montage, choisi exclusivement parmi ceux indiqués au Dossier Technique, doit être effectuée à l'aide du rouleau spécialement prévu à cet effet de manière à assurer un calibrage aussi régulier que possible de la couche de mortier. La pose est proscrite sur supports gelés ou gorgés d'eau.

La technique nécessitant de poser le premier rang sur une assise bien plane et de niveau, la planéité et l'horizontalité sont à vérifier sur la périphérie de l'ouvrage (ou sur une partie de l'ouvrage délimitée par des joints de fractionnement) au moyens d'instruments dont la précision de mesure est compatible avec celle de l'ouvrage à réaliser.

#### **Conclusions**

##### **Appréciation globale**

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté (cf. paragraphe 2.1) est appréciée favorablement.

##### **Validité**

A compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31 décembre 2021

*Pour le Groupe Spécialisé n°16  
Le Président*

---

### **3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé**

---

Le groupe attire l'attention sur les dispositions de ferrailage nécessaires compte tenu du peu d'espace disponible dans la paroi structurale de 15 cm. Afin d'assurer un bon remplissage, le béton de chaînage doit être choisi conformément au Dossier Technique établi par le demandeur.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°16*

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Principe du procédé

Système de mur porteur composé de deux parois en maçonnerie de briques de terre cuite de 15 cm d'épaisseur chacune, entre lesquelles est intercalé un panneau isolant en mousse polyuréthane de 122 mm d'épaisseur.

Ces deux parois sont liées entre elles au niveau de chaque plancher par des connecteurs en béton armé disposés tous les 1,20 m, ainsi qu'au niveau des tableaux d'ouvertures.

Le procédé ainsi assemblé permet d'atteindre une performance thermique élevée en partie courante du mur et de réaliser un traitement efficace des ponts thermiques. Le mur ainsi réalisé a une épaisseur brute de 42,5 cm.

Les briques de terre cuite de 15 cm sont à alvéoles verticales et les faces de poses supérieure et inférieure sont rectifiées. Les briques sont assemblées au mortier de joint mince. Les joints verticaux, à emboîtement, permettent un assemblage à sec ou collé au mortier de joint mince.

Du point de vue de l'imperméabilité, le mur est recouvert d'un enduit hydraulique décrit au chapitre 6.11.

Du point de vue mécanique, seule l'une des deux parois est porteuse. En refend il est possible d'utiliser les briques faisant l'objet du DTA 16/14-694\_V1.

La société Bouyer Leroux commercialise le procédé mur'max dans son ensemble et propose une formation à la découverte du procédé le jour du démarrage chantier.

### 2. Domaine d'emploi

Tous types de constructions courantes telles que bâtiments d'habitation, bureaux, ERP, bâtiments à usage commercial, industriel ou agricole.

L'utilisation du procédé est limitée à la réalisation de bâtiments de type R+2+combles au plus.

La hauteur maximale des murs entre planchers est limitée à 3,15 m.

Les autres limitations résultent de l'application des règles de conception et de calcul données dans les paragraphes 2.3 ci-après.

Le procédé peut être utilisé pour la réalisation d'ouvrages en maçonnerie chaînée (confinée au sens de la NF-EN-1996-1) nécessitant des prescriptions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié (zones 1 à 4 uniquement). Les conditions d'application en zone sismique sont définies ci-après en 2.32.

### 3. Éléments constitutifs

#### 3.1 Briques courantes

Les briques sont à alvéoles verticales dont les faces de pose supérieure et inférieure sont rectifiées, en correspondance avec les cloisons et parois verticales porteuses des divers accessoires. (voir fig 1)

Caractéristiques dimensionnelles	BGV PV 15
Longueur (mm)	500
Épaisseur (mm)	150
Hauteur rectifiée (mm)	274
Nombre de rangées d'alvéoles	5
Masse unitaire indicative (kg)	16,9 kg
Caractéristiques thermiques	BGV PV 15
Résistance Thermique de la maçonnerie *	Rth = 0,74 W/m²K

\* note de calcul CTMNC 2014-03-19\_2014014045 – brique enduite une face et joints verticaux secs ou collés

\* valeur certifiée NF-Th attestant de la valeur thermique.

Caractéristiques mécaniques	BGV PV 15
Classe de résistance à la compression	RC10
Résistance à la compression selon EN1996-1	Rm = 10 MPa
Résistance à la compression normalisée	fb = 13.5 MPa
Résistance caractéristique à la compression verticale de la maçonnerie **	fk = 4,7 MPa
résistance caractéristique initiale au cisaillement de la maçonnerie	fvk0 = 0,3 MPa
Module d'élasticité (selon NF EN1996-1 §3.7.2)	E=5200 MPa
Module de cisaillement (selon NF EN1996-1 §3.7.3)	G = 2 080 MPa (G=0,4xE)
La résistance à la compression horizontale normalisée***	Fbh > 1,5 MPa
Arrachement	Rt3

\*\*essais CTMNC/PO/13.2982

\*\*\*essais CTMNC MAB/SL/13/0350

#### 3.2 Briques accessoires mur'max

Voir figures en fin de Dossier Technique.

fig	Dénomination commerciale des briques accessoires	Longueur (mm)	Épaisseur (mm)	Hauteur (mm)	Poids (kg)
2	mur'max de calepinage ht 219	500	150	219	13,5
3	mur'max de calepinage ht 314	500	150	314	19,4
4	départ mur'max	275	425	107	9,8
5	départ poteau mur'max	275	425	107	9,0
6	poteau mur'max	375	150	274	10,0
6	poteau mur'max	375	150	219	8,0
6	poteau mur'max	375	150	314	11,5
7	poteau mur'max	425	150	274	10,0
7	poteau mur'max	425	150	219	8,0
7	poteau mur'max	425	150	314	11,5
8	poteau BGV PV 15 (section Ø10cm)	500	150	274	15,5
9	tableau / linteau mur'max	245	425	274	20,1
10	demi-tableau mur'max (livré par 2, à séparer sur chantier)	200	425	274	20,0
11	Linteau BGV PV 15	460	150	219	13,0
12	Equerre mur'max	400	150	200	5,4
13	Planelle 1A 17	600	30	170	3,4
13	Planelle 1A 20	600	30	200	4,0
fig	Dénomination commerciale des briques accessoires	Longueur (mm)	Épaisseur (mm)	Hauteur (mm)	Poids (kg)
14	Planelle Rmax 0.5*	600	50	170	3,6
14	Planelle Rmax 0.5*	600	50	200	4,2
14	Planelle Rmax 0.5*	600	50	250	5,1
31a	Coffre de Volet Roulant CVRmax (AT 16/16-740)	760 à 3460	280	274	-
31b	Coffre de Volet Roulant Full Brick (DTA 16/11-623)	790 à 4580	375	305	-

\* DTA 16/13-668 « planelle Rmax »

### 3.3 Mortiers de joint mince

Le mortier joint mince bio'bric se présente sous forme de poudre rouge, prête à mouiller, en sac de 25 kg.

Sur les sacs d'emballage sont indiqués, outre la référence commerciale « Mortier Joint Mince bio'bric », l'indication codée de l'usine productrice et les caractéristiques et précautions d'emploi.

La fabrication du mortier joint mince fait l'objet d'un autocontrôle par l'usine productrice (mortier performanciel, niveau de contrôle CE2+).

Ce mortier joint mince a fait l'objet d'essais de convenance sur son aptitude à l'emploi favorisant la résistance mécanique de la maçonnerie et les conditions de mise en œuvre.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

Fournisseur	PAREX LANKO
Nom commercial	Mortier Joint Mince bio'bric
Présentation	Poudre rouge
Masse volumique apparente en t/m3	1,20 ± 0,20
pH	12.0
Granulométrie	< 1mm
Taux de gâchage	32 à 38%
Taux de rétention d'eau	> 91 %
Résistance en compression (classe en MPa)	≥ M 10
Temps ouvert	5 à 20 mn

Fournisseur	PRB
Nom commercial	Mortier Joint Mince bio'bric
Présentation	Poudre rouge
Masse volumique apparente en t/m3	1,25 ± 0,1
pH	12.5 ± 0,5
Granulométrie	< 1mm
Taux de gâchage	28 à 32%
Taux de rétention d'eau	> 93 %
Résistance en compression (classe en MPa)	≥ M 10
Temps ouvert	5 à 20 mn

### 3.4 Outillage

Les platines de réglage du niveau de l'arase pour le premier rang ainsi que les rouleaux applicateurs du mortier joint mince sont également fournis par Bouyer Leroux (fig 14), ainsi que le gabarit d'écartement permettant de contrôler le vide de construction à ménager entre les deux parois (125mm).

### 3.5 Isolant

Plaque ou panneau isolant à base de mousse polyuréthane de 122 mm d'épaisseur. Les panneaux sont rainurés et bouvetés 4 cotés. La performance thermique de l'isolant fait l'objet d'un certificat ACERMI n°14/183/975 attestant de la résistance thermique en fonction de caractéristiques physiques et dimensionnelles. Les panneaux sont livrés par Bouyer Leroux, à la marque Bouyer Leroux, en même temps que les briques et sont étiquetés avec toutes les informations réglementaires minimales les concernant.

La performance thermique des panneaux isolants est prise en compte dans le calcul des performances du mur en partie courante et des ponts thermiques (voir paragraphe 5.12 et tableau 3 en annexe).

Le panneau isolant utilisé pour le procédé mur'max est le suivant :

Isolant	Isolant mur'max
fournisseur	SOPREMA EFISOL
Longueur	1200 mm
hauteur	1000 mm
Ep.	122 mm
Rth déclarée	5,65 m²K/W
Certificat ACERMI	14/183/975

## 4. Fabrication - contrôles

### 4.1 Briques et accessoires

#### 4.1.1 Fabrication

La fabrication est réalisée en usine, suivant le principe des produits de terre cuite extrudés.

Après cuisson et avant palettisation, chaque produit passe dans une rectifieuse à meules, permettant le calibrage de la hauteur de pose des briques avec une tolérance de ± 0,5 mm

#### 4.1.2 Contrôles

Les contrôles sont ceux effectués conformément aux exigences :

- du règlement d'application du Marquage CE 2+ ,
- du référentiel particulier de la marque NF Brique de terre cuite (Usine de St Marcellin)

La classe de tolérance dimensionnelle des briques est celle de la catégorie M (tolérance de ± 0,5 mm selon la hauteur).

Les essais de laboratoire sont effectués conformément aux normes définies au tableau ci-dessous et les produits remplissent les exigences des normes NF EN 771-1 et NF EN 771-1/CN :

Caractéristiques contrôlées	Référence
Longueur Largeur Hauteur Epaisseur des parois	NF EN 772-16
Rectitude	NF EN 771-1CN Annexe E
Planéité	NF EN 772-20
compression	NF EN 772-1
Dilatation humidité	NF EN 772-19
Gel	NF EN 771-1/CN annexe C
Test d'arrachement tesson	NF EN 1015-12

#### 4.1.3 Marquage

Le marquage minimal des briques est :

- Repérage du fabricant.
- Repérage de l'usine de production.
- Date et équipe de fabrication.
- Marquage CE.
- Catégorie de résistance à la compression.

## 5. Conception et dimensionnement des ouvrages

### 5.1 Dimensionnement des ouvrages

#### 5.1.1 Données d'entrées

Du point de vue mécanique, une seule paroi doit être considérée comme porteuse ;

Dans le cas du procédé mur'max, les deux parois sont dimensionnées indépendamment l'une de l'autre selon les efforts à reprendre.

Excepté pour les ouvrages de plain pied avec toiture légère, la paroi intérieure est considérée comme porteuse.

Dans le cas d'ouvrages de plain-pied avec toiture légère (absence de plancher haut lourd), il peut être judicieux de désigner le mur extérieur comme mur porteur.

Dans tous les cas, une étude de dimensionnement par un BE spécialiste des structures doit être réalisée pour les infrastructures et le plancher bas en ce qui concerne la reprise des efforts.

- Le procédé mur'max est considéré comme traditionnel au sens de l'art. 3.1 du DTU 20.1 et décrit à l'art 3.3 de la norme DTU 20.1-P1 (murs à double parois).
- Pour une vérification par calcul selon la norme EN 1996-1, se reporter à l'art.2.311 de la partie Avis pour la détermination de la résistance de calcul sous charges verticales et à l'article 2.33 pour les données caractéristiques de la maçonnerie.
- Pour la paroi non chargée , une étude spécifique doit être réalisée pour définir l'effort du vent afin de déterminer l'entraxe des raidisseurs verticaux ainsi qu'au dernier niveau. Se reporter aux abaques de dimensionnement en annexe de dossier technique (tableaux 1a et 1b) . Les actions de vent sont déterminées au moyen de la norme NF EN 1991-1-4 et de son annexe nationale.
- La justification à la flexion cette paroi dite « non porteuse » est réalisée avec les règles et normes de calcul suivantes :

- norme NF EN1996-1 art 3.6.3 pour la « Résistance caractéristique à la flexion de la maçonnerie »
- norme NF EN1996-1 art 5.5.5 pour la résistance des « murs de maçonnerie soumis à un chargement latéral »
- Le dimensionnement est réalisé pour le sens de flexion le plus défavorable c'est-à-dire celui correspondant au plan de rupture parallèle au lit de pose du mortier à joint mince ( $f_{xk1} = 0,15\text{MPa}$ ).
- norme NF EN1996-1 annexe E - tableaux : pour les conditions d'appui pour déterminer  $a_2$
- Pour les premiers niveaux des constructions : Chargement vertical 440 daN/ml (poids propre ramené au ml correspondant une hauteur d'élévation de la paroi extérieure)
- Pour les derniers niveaux de la construction : Chargement vertical 220 daN/ml (poids propre ramené au ml correspondant à la moitié supérieure de la paroi extérieure)
- Le dimensionnement peut être guidé grâce aux abaques simplifiés en annexe de dossier technique (tableaux 1a et 1b).
- Si une ouverture se trouve à l'endroit dudit raidisseur vertical et si sa hauteur est supérieure ou égale au tiers de la hauteur brute du mur, alors elle fait fonction de raidisseur vertical.

## 5.12 Conception Thermique

En partie courante, le procédé mur'max présente des performances thermiques suivantes :

Composition du mur		Mur « MUR'MAX » enduit 2 faces	
		Rth (W/m²K)	Up (m²K/W)
BGV PV 15 enduit 1 face *	Rth =0,74	7,19	0,136
Panneau ISOLANT 122 mm ACERMI	Rth =5,65		
Lame d'air 3 mm ( $\lambda 0,046$ ) **	Rth=0.065		
BGV PV 15 enduit 1 face *	Rth =0,74		

\* sous certification NF Th

\*\* résistance thermique calculée conformément au fascicule 4 des règles Th-U, § 2.1.1.2.1.1, lames d'air non ventilées

Pour les points singuliers spécifiques au procédé, se reporter au tableau des Psi en annexe (tab3).

## 5.13 Utilisation en zone sismique

Les murs montés à l'aide du procédé peuvent être utilisés pour la réalisation d'éléments structuraux principaux de bâtiments soumis à exigences parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », moyennant le respect des prescriptions de la norme NF EN 1998-1 et de son annexe nationale NF EN 1998-1/NA, et en particulier le respect des prescriptions relatives aux maçonneries chaînées (=confinées au sens de la NF EN 1996-1).

Dans le cas du procédé mur'max, les deux parois sont dimensionnées indépendamment et seule la paroi porteuse doit être prise en compte dans la résistance au contreventement.

Les parois porteuse et non porteuse sont toutes deux munies de chaînages en pourtours de baies.

### 5.131 Paroi porteuse

Les vérifications au contreventement sont à mener conformément aux prescriptions données au §2.32 de la partie Avis.

### 5.132 Paroi non porteuse

Les efforts sismiques horizontaux perpendiculaires au plan du mur nécessitent de raidir la paroi extérieure à l'aide de raidisseurs verticaux en béton armé.

L'effort à prendre en compte pour la vérification correspond à la situation la plus défavorable.

Les valeurs de l'effort sismique  $F_a$  (daN/m²) sont calculées selon le guide « éléments non structuraux du cadre bâti » et indiquées en annexe sismique du dossier technique (tableau 5).

Les valeurs des efforts du vent sont données annexe sismique du dossier technique (tableau 6).

L'entraxe entre raidisseurs verticaux est donnée dans les tableaux 1a et 1b en annexe de dossier technique selon l'effort en daN/m² correspondant à la situation la plus défavorable.

Ils sont donnés par élévation (étage courant et dernier niveau), selon leur hauteur et pour un niveau de contrôle IL1 (le plus défavorable) - Les hypothèses de calcul sont définies à l'art 5.11.

La liaison des deux murs s'effectue tous les 1,20 ml en tête de dalle. Une encoche dans l'isolation (8 x 8 cm) permet de disposer un chapeau HA 8 et le béton de la dalle solidarise les deux murs. Cette section permet de palier les efforts de traction et de cisaillement. (fig 26)

## 5.14 Conception Acoustique

Des essais acoustiques ont été réalisés en laboratoire.

Le procédé peut permettre de satisfaire aux exigences de la réglementation acoustique vis-à-vis de bruits aériens provenant de l'espace extérieur. Pour les murs de façade, un enduit intérieur au plâtre de 15mm doit être mise en place.

## 5.15 Sécurité Incendie

Un essai de résistance au feu a été réalisé en laboratoire et permet de vérifier le domaine d'emploi revendiqué par le procédé. Le PV porte le n° 13-U-131565 et a été réalisé chez EFECTIS. La liste des PV de résistance au feu / extensions disponibles ainsi que les configurations testées sont présentées en Annexes du Dossier Technique, dans un tableau indiquant pour chaque mur la configuration, la charge, la hauteur d'essai et le classement (tableau 2).

Pour les ouvrages soumis aux exigences de l'Instruction Technique n°249, il faut respecter les préconisations de recouvrement et de protection de l'isolant indiquées dans l'appréciation de laboratoire EFECTIS n° EFR – 15- 002767 Révision 1 du 09/02/2018, à savoir :

- Au niveau des tableaux de baies, mise en place d'une bande de laine de roche de masse volumique minimale de 70 kg/m³ comprimée à refus et de largeur 20 cm entre les deux parois ;
- En partie supérieure, mise en place d'une brique de coffrage pour linteau béton toute largeur, ou mise en place d'une bande de laine de roche de masse volumique minimale de 70 kg/m³ comprimée à refus et de largeur 20 cm entre les deux parois en cas de présence de coffre de volet roulant CVR max ou Full brick 375;

Ces dispositions sont représentées en figure 39.

L'ensemble des dispositions est indiqué dans l'Appréciation de Laboratoire EFECTIS EFR-15-002767 du 09/02/2018 Révision 1 à laquelle il est indispensable de se reporter.

## 6. Mise en œuvre

### 6.1 Outillage

Outre l'outillage traditionnel du maçon, la mise en œuvre du procédé nécessite l'utilisation de l'outillage complémentaire suivant :

- Des platines de pose ou tout autre dispositif permettant un réglage horizontal précis de l'arase de départ (voir fig. 17).
- Un mélangeur rotatif pour le gâchage du mortier joint mince.
- Un rouleau applicateur pour la pose précise et régulière du mortier joint mince sur les éléments briques.

### 6.2 Pose du premier rang

Ce rang sert de gabarit d'épaisseur du mur brut sur lequel viendront se poser les deux parois des rangs suivants. (voir fig. 15)

Il s'effectue sur l'arase fraîche de mortier traditionnel à l'aide des « briques de départ » et « briques départ poteau », avec un réglage précis de la planéité, de l'aplomb et de la rectitude du premier rang.

A cette étape, on implante également les tableaux d'ouvertures de baies entre lesquels il n'est pas nécessaire de mettre en place les briques de départ.

Les briques « départ poteau » sont positionnées dans les angles et en partie courante de mur en prévision de chaînages verticaux et selon les préconisations du bureau d'étude structure.

### 6.3 Pose des rangs suivants

Les rangs suivants sont posés, rang par rang, au mortier joint mince et s'alignent sur les faces externes des briques de départ. Pour plus de confort, l'entreprise commence par positionner le rang de la paroi externe du système avant de poser le rang de la paroi intérieure. On vérifie à l'avancement que le vide de construction permettra l'insertion de l'isolant à posteriori. On écrase ou on gratte les bavures de colle pour faciliter l'insertion de l'isolant dans le vide technique.

Les briques accessoires tableau et poteau doivent être encollées verticalement dans les zones de contact avec les briques mères adjacentes, procéder de même pour les coupes de briques en partie courante de mur.

Pour la paroi intérieure, on s'aligne sur la face interne des briques de départ. On contrôle l'aplomb et le vide de construction à l'aide d'un mètre ou d'un gabarit d'écartement. Les accessoires sont utilisés et positionnés selon le besoin (fig 19).

## 6.4 Insertion des panneaux isolants

Après avoir monté un nombre de rangs dont la hauteur est au moins supérieure à la hauteur des panneaux isolants, l'entreprise doit procéder à l'insertion de ces derniers (fig 18). De cette manière, l'encollage des briques est réalisé sur toute leur largeur. Cette opération est répétée sur la hauteur totale du mur à bâtir.

On veillera lors de l'insertion à conserver, tant que faire se peut, les assemblages par bouvetages entre les panneaux. Lorsque des coupes sont à réaliser, on soignera la mise en contact franc entre les panneaux.

Les coupes en partie haute de mur sont réalisées en fonction du traitement thermique en about de plancher.

## 6.5 Variante de montage en partie courante

Lorsque l'architecture de l'ouvrage le permet, il est possible de monter dans un premier temps la paroi externe sur un nombre de rangs de brique dont la hauteur est au moins supérieure à la hauteur des panneaux isolants, de procéder ensuite à la mise en place des panneaux isolant contre cette-ci pour enfin procéder à la mise en œuvre de la paroi interne. Cette méthode est particulièrement adaptée aux pans de murs ne comportant pas d'ouvertures donc pas de retours en tableau avec la paroi externe. On veillera dans tous les cas à croiser briques et briques poteau un rang sur deux et à ce que le mortier colle soit déposé sur toute la largeur des briques (encollage de la brique à poser).

## 6.6 Joints verticaux

Ils peuvent être de 2 natures :

- joint vertical laissé sec ;
- joint vertical collé : les chants verticaux des briques sont collés sur une surface de plus de 40% de la surface totale et donc considérés comme remplis au sens de la EN 1996-1. La dépose du mortier des joints minces verticaux peut être réalisée à l'aide du rouleau applicateur ou à l'aide d'un outil traditionnel, truelle ou couteau.

## 6.7 Réalisation des points singuliers

### 6.7.1 Liaisons avec les soubassements

Le procédé mur'max ne nécessite pas de type de soubassement particulier.

On doit cependant veiller à assurer la bonne continuité des chaînages verticaux de la paroi porteuse avec le mur de soubassement.

Plusieurs solutions techniques sont envisageables :

- plancher sur vide sanitaire avec console courte et soubassement aligné au nu intérieur du mur fini (fig 38 a)
- Dalle portée sur hérisson. (fig 38 b)
- soubassement maçonné (2 murs de 20cm) ou longrine de 40 cm de largeur.

Le bureau d'étude spécialiste des structures choisira la solution la plus adaptée techniquement au projet.

### 6.7.2 Angles sortants

Le procédé prévoit la réalisation d'un chaînage vertical par paroi dans les angles. Seule la paroi externe nécessitera l'utilisation des « briques poteaux » qui sont positionnées et réglées au nu extérieur du mur ; pour chacune des parois, les briques sont croisées un rang sur deux. Les joints verticaux sont traités par encollage au mortier joint mince, ce quelle que soit la zone de sismicité. L'isolant fait fonction de paroi coffrante des deux chaînages (figure 19)

### 6.7.3 Angles rentrants

Le procédé prévoit la réalisation d'un chaînage vertical par paroi dans les angles. Seule la paroi interne nécessitera l'utilisation des « briques poteau » qui sont positionnées et réglées au nu intérieur du mur ; pour chacune des parois, les briques sont croisées un rang sur deux. Les joints verticaux sont traités par encollage au mortier joint mince, ce quelle que soit la zone de sismicité. L'isolant fait fonction de paroi coffrante des deux chaînages. (fig 22)

### 6.7.4 Jonctions refend / Façade

Les murs de refend doivent être liés aux murs périphériques de la construction. Ils sont bâtis simultanément aux murs de façade, afin d'assurer leur liaison avec celles-ci selon une des deux façons suivantes:

- Liaison avec chaînage vertical béton armé : utiliser pour la réalisation du mur de refend la brique PV15 ; un rang sur trois la brique PV15 est insérée dans la première paroi du mur de façade avec une pénétration de 3 cm (voir figures 21 et 22).
- Liaison sans chaînage vertical : un rang sur trois, la brique de refend est insérée dans la première paroi du mur de façade (voir fig 23 et 24). L'épaisseur de la brique de refend n'a pas d'importance.

## 6.7.5 Chainages verticaux intermédiaires

Lorsque l'une ou l'autre des parois est concernée, les briques poteaux sont disposées à joints croisés un rang sur deux pour permettre le harpage avec les briques. Les joints verticaux sont traités par encollage au mortier joint mince, ce quelle que soit la zone de sismicité. Leurs réservations ainsi superposées permettent la mise en œuvre des chaînages verticaux.

## 6.7.6 Chaînages horizontaux

Lorsqu'il est nécessaire de réaliser un chaînage horizontal, il est réalisé simultanément sur les deux parois. On utilise pour cela l'accessoire « équerre ».

Le panneau isolant intercalé fait fonction de paroi coffrante des deux chaînages. Les deux parois sont liées entre elles par des connecteurs en béton armé tous les 1m20 traversant. Une encoche de 6x6 cm environ est réalisée sur chantier idéalement au droit des poutrelles pour la liaison en béton armé. La section d'acier minimale pour reprendre les efforts est de 0,5 cm<sup>2</sup> d'acier Fe500 (1HA8 par exemple).

Il est aussi possible d'utiliser la brique linteau PV 15.

## 6.7.7 Chaînages horizontaux d'abouts de planchers

Au niveau des planchers lourds, les chaînages sont coffrés côté extérieur par l'accessoire « équerre » en terre cuite de 15 cm d'épaisseur, et de 20 cm de hauteur. Cette « équerre » est montée au mortier joint mince. Le chaînage de la paroi interne et porteuse est coffré par le panneau isolant continu en tête de dalle. La paroi externe est liée tous les 1m20 au plancher au travers de connecteurs béton armé traversant l'isolant. Une encoche de 6x6 cm minimum est réalisée sur chantier idéalement au droit des poutrelles pour la liaison en béton armé (fig25). La section d'acier minimale est de 0,5 cm<sup>2</sup> d'acier Fe500 (1 HA8 par exemple). L'enrobage est de 25 mm. L'ancrage minimum dans la dalle est défini en figure 26.

La largeur d'appui disponible est de 15 cm ;

Cette largeur d'appui peut être élargie au besoin (enrobage, facilité de mise en œuvre) dans la limite de 21 cm sans toutefois pénaliser les performances thermiques indiquées au tableau 3.

## 6.7.8 Acrotères bas

La réalisation du plancher haut est identique à celle des planchers intermédiaires.

Les acrotères ne sont pas réalisés avec le procédé. Ces derniers peuvent être réalisés soit en béton armé dimensionnés par un Bureau d'études de structures, soit à l'aide d'un procédé sous DTA (DTA n°16/14-701).

## 6.7.9 Tableaux de baies

On utilise successivement d'un rang à l'autre une brique tableau et une brique demi-tableau (livrée par 2 et obtenue par désolidarisation sur chantier) ce qui permet de respecter le harpage des briques « BGV PV 15 » en partie courante (voir fig 27).

En cas de nécessité de raidir, aux rangs pairs, la brique tableau est usinée sur chantier pour présenter une réservation béton pour le chaînage vertical au droit des ouvertures. Aux rangs impairs, la brique demi-tableau est complétée par une brique poteau dont la réservation vient s'aligner avec celle du rang précédent. (voir fig 28). La brique tableau est conçue de manière à réserver une zone d'appui pour les coffres de volets roulants de 9 cm, tout en permettant la réalisation des chaînages verticaux en encadrement de baie.

Dans tous les cas, les joints verticaux des accessoires sont collés à la brique mère.

### 6.7.10 Trumeaux

Dans le cas de trumeaux étroits ( $\leq 1,20$  m), les joints verticaux doivent être collés.

### 6.7.11 Linteaux

Le coffrage des linteaux est réalisé à partir de briques linteaux dont la réservation béton permet la mise en place des armatures. Deux modes de réalisation des linteaux d'ouverture sont possibles :

- Cas des linteaux doubles : ils sont réalisés avec les briques « équerre mur'max » ; la menuiserie est positionnée à l'aplomb de l'isolant (voir fig 29).
- Cas des linteaux simples : ils sont réalisés avec les briques tableaux mis en œuvre à plat ; la menuiserie est positionnée indifféremment, avec ou sans feuillures, l'accessoire facilitant la réalisation de ces dernières pour la pose des menuiseries et des volets battants (voir fig 30).

### 6.7.12 Coffres de volets roulants

L'installation des coffres de volets roulants ne diffère pas de celle en maçonnerie traditionnelle. On utilise un coffre de Volet Roulant Tunnel de 37,5 sous Avis Technique (CVRmax AT n° 16/16-740 ou Full Brick AT n°16/11-623)

## 6.713 Aciers des chaînages

### 6.7131 Ferrailage en situation non sismique

Pour la paroi porteuse, la section d'aciers des chaînages doit être conforme à la préconisation du DTU 20.1 (exemple de réalisation figure 32);

#### Section d'aciers des chaînages verticaux CV

Paroi porteuse	section mini	1,57 cm <sup>2</sup>
	ref	2 HA10
	section cadres	5 mm
	e cadres	200 mm
	Lr (lg recouvrement)	50Ø
	entraxe CV	8 m
Paroi non porteuse	section mini	1,57 cm <sup>2</sup>
	ref	2 HA10
	section cadres	5 mm
	e cadres	200 mm
	Lr (lg recouvrement)	50Ø
	entraxe CV	selon efforts latéraux art. 5,11.

#### Section d'aciers des chaînages horizontaux CH

Paroi porteuse	section mini	1,57 cm <sup>2</sup>
	ref	2 HA10
	section cadres	5 mm
	e cadres	200 mm
	Lr (lg recouvrement)	50Ø
	entraxe CH	3 m maxi de dalle à dalle ou entre 2 CH
Paroi non porteuse	section mini	1,57 cm <sup>2</sup> (*)
	ref	2 HA10 (*)
	section cadres	5 mm
	e cadres	200 mm
	Lr (lg recouvrement)	50Ø
	entraxe CH	3 m 15 maxi de dalle à dalle ou entre 2 CH

\* cas chaînage haut avec acrotère : equiv. 4 HA10 soit 3,14cm<sup>2</sup>

### 6.7132 Ferrailage en situation sismique

Le ferrailage de la paroi porteuse est réalisé avec des cadres 4HA10 cadres 8x8. La longueur de recouvrement des aciers est de 60Ø.

Pour la paroi non porteuse, les aciers horizontaux et verticaux sont décrits en 6.3711.

Les étapes de ferrillages de cette liaison sont les suivantes :

- Positionnement des cadres 4HA10 cadres 8x8 dans les réservations de la brique poteau mur'max découpe à la dimension de l'élévation ; aucun dépassement en arase supérieure de mur.
- Coulage partiel du béton des chaînages sans aiguille vibrante jusqu'aux 2/3 de la hauteur du mur – laisser un minimum de 70 cm en dessous de l'arase du mur.
- Pose du plancher
- Pose des cadres 4 HA10 et ligature des boucles de liaison sur ces derniers.
- Insertion des 4 barres d'aciers de continuité de section identique au chaînage et de longueurs adaptée  $l_r = 60\text{Ø}$ .
- Coulage de la totalité des chaînages puis du plancher avec le même béton.

## 6.714 Béton des chaînages

Pour faciliter le coulage du béton, on utilise un gravier de granulométrie 6/10 mm maximum; Classe de consistance 3 selon la norme NF 206-1/CN. Il est conseillé de couler les chaînages en 2 fois, comme indiqué ci-dessus.

## 6.8 Réalisation des pignons

### 6.81 Combles aménagés

Dans le cas de combles aménagés, les pignons sont réalisés de la même manière qu'en partie courante afin de conserver la même performance thermique dans toute la construction. Les briques sont dispo-

sées suivant la forme de la toiture et peuvent être découpées sur chantier à la disqueuse, scie à eau sur table ou scie alligator.

### 6.82 Combles perdus

Dans le cas des combles perdus, les pignons peuvent être réalisés à l'aide des briques de gamme BGV couverte par le DTA 16/12-637.

## 6.9 Liaison en tête de paroi

En tête de mur, le pontage des deux parois doit être réalisé par liaison en béton armé de 6 cm minimum d'épaisseur. La section d'acier de pontage minimale est de 0,5 cm<sup>2</sup> d'acier Fe500 (1 HA8 par exemple) tous les 1m20 maximum ; l'enrobage est de 25 mm.

## 6.10 Rainurages, saignées

Les saignées et réservations sont réalisées conformément à la norme NF EN 1996-1 "Calcul des ouvrages en maçonnerie", article 8.6 «Saignées et réservations au niveau des murs ». Les saignées ne doivent en aucun cas affecter la stabilité de la paroi porteuse du précédé « MUR'MAX ». Elle sont réalisées avec un outil adapté (rainureuse). Le passage des gaines concerne au plus la première alvéole soit 30 mm de profondeur. Les saignées à l'horizontale sont interdites dans les panneaux dits porteurs ou de contreventement. Le rebouchage est réalisé avec un mélange compatible avec la nature de l'enduit de finition.

## 6.11 Enduits et finitions

### 6.111 Revêtements intérieurs

Enduits à base de liants hydrauliques d'usage courant GP au sens de la norme NF EN 998-1 de classe maximale CS III, enduits plâtre selon DTU 25.1 ou plaques de plâtre collées suivant DTU 25.41.

### 6.112 Revêtements extérieurs

Mortier d'enduit monocouche OC2 ou OC1 au sens de la norme NF DTU 26.1 P1-2, ou mortier d'enduit d'usage courant GP au sens de la norme NF EN 998-1 de classe maximale CS III.

## 7. Assistance technique

Bouyer Leroux fournit une assistance technique à chaque démarrage des premiers chantiers pour les entreprises découvrant le procédé.

## B. Résultats expérimentaux

### Essais mécaniques

- Résistance en compression verticale sur briques: Essais CTMNC STS/12/0152 dossier n° 120268
- Résistance en compression horizontale sur briques : Essais CTMNC MAB/SL/13/0350 n° 130767 du juillet 2013
- Résistance en compression sur murets: Rapport d'essais CTMNC PO/12.2837/XC/VG n° 2014012581
- Contreventement : rapport CSTB n° MRF 15 26055568/A du 25/11/2015
- Adhérence du mortier par ouvert : rapport CTMNC du 02/09/14
- Résistance à l'arrachement sur tesson : Rapport Bouyer Leroux du 7 /05/2014

### Sécurité incendie

- Résistance au feu : La liste des PV de résistance au feu / extensions et des limites d'utilisation correspondantes figure dans le tableau 2 ci-après.
- Comportement au feu en façade : Appréciation de Laboratoire EFECTIS EFR-15-002767-Révision 1 du 09/02/2018 relatif au comportement au feu d'un élément de façade conformément au §5.3 de l'Instruction Technique 249 :2010

### Acoustique

- Rapport d'essais Applus-LGAI n°12/4827-711 de juin 2012, réalisé sur double paroi en briques BGV PV15 avec panneau PU de 70 mm d'épaisseur intercalé.
- Rapport d'essais CSTB AC15-26059154 sur BGV PV15 sans et avec BA13 Pregyplac dB BA13.
- Rapport d'essais CSTB AC08-26011810 sur double-mur en BGV PV.

### Thermique

- Rapport de calcul CTMNC n°2014014045
- Rapport de calcul CTMNC n°2014017018

## C. Références

### C1. Données Environnementales (\*)

Le procédé ne fait pas l'objet d'une Déclaration (DE). Il ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les procédés visés sont susceptibles d'être intégrés.

(\*) non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis

### C2. Autres références

Depuis 2015, près de 70 projets soit plus de 10 000 m<sup>2</sup> ont été réalisés avec le procédé mur'max, dont près d'un tiers pour des ouvrages soumis à exigences parasismiques.

## Tableaux et figures du Dossier Technique

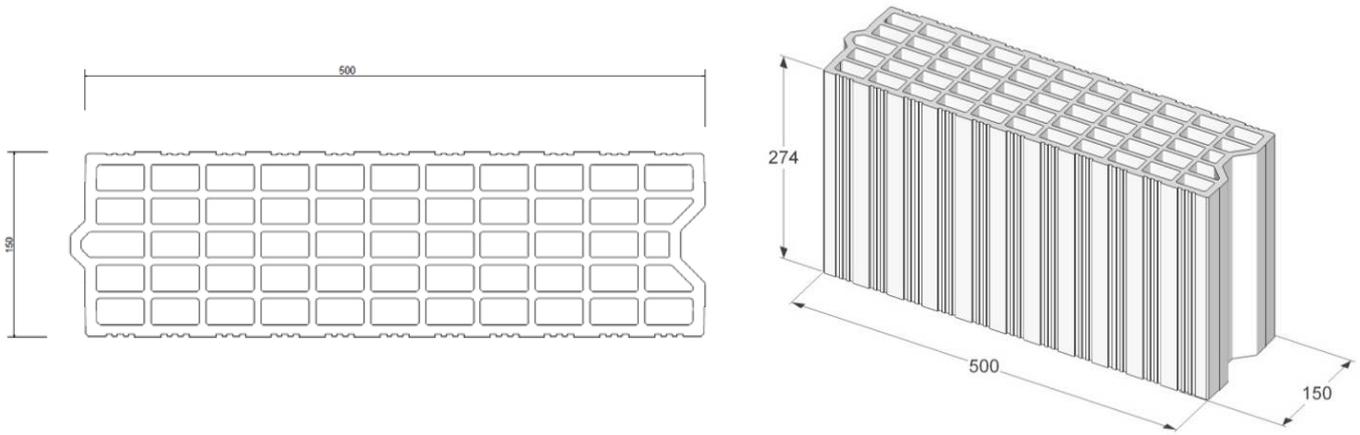


Figure 1 – BGV PV15

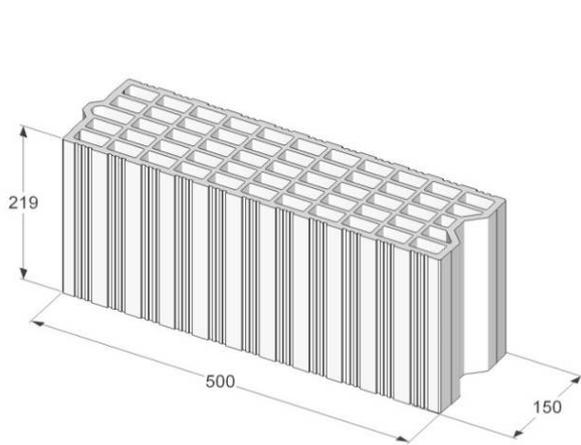


Figure 2– brique de calepinage 219

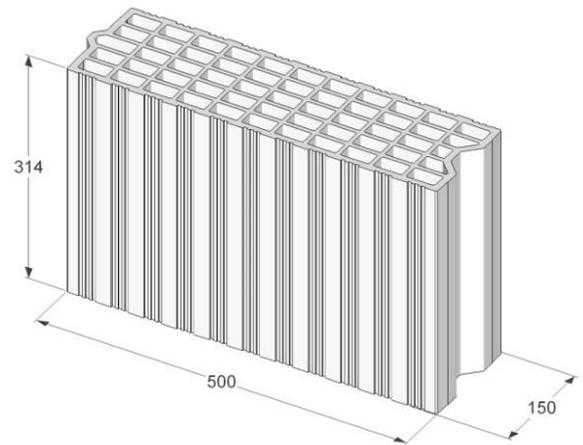


Figure 3– brique de calepinage 314

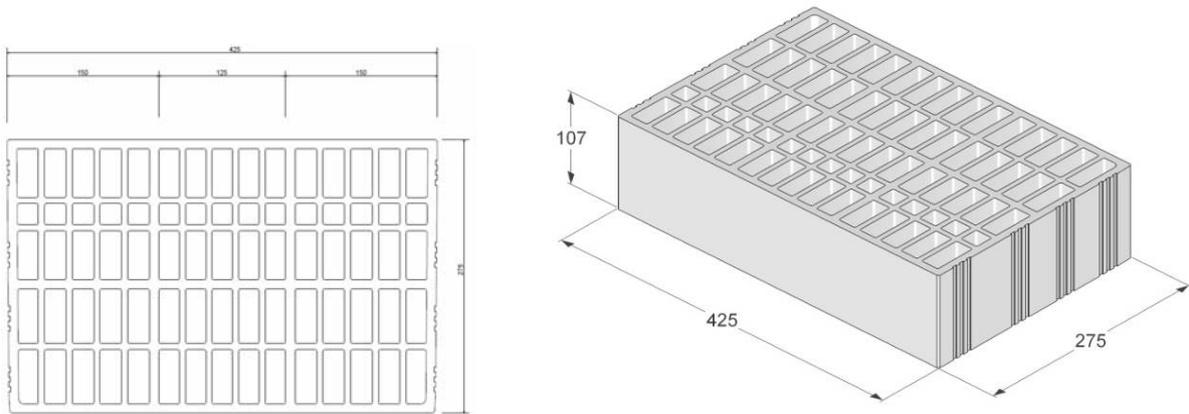
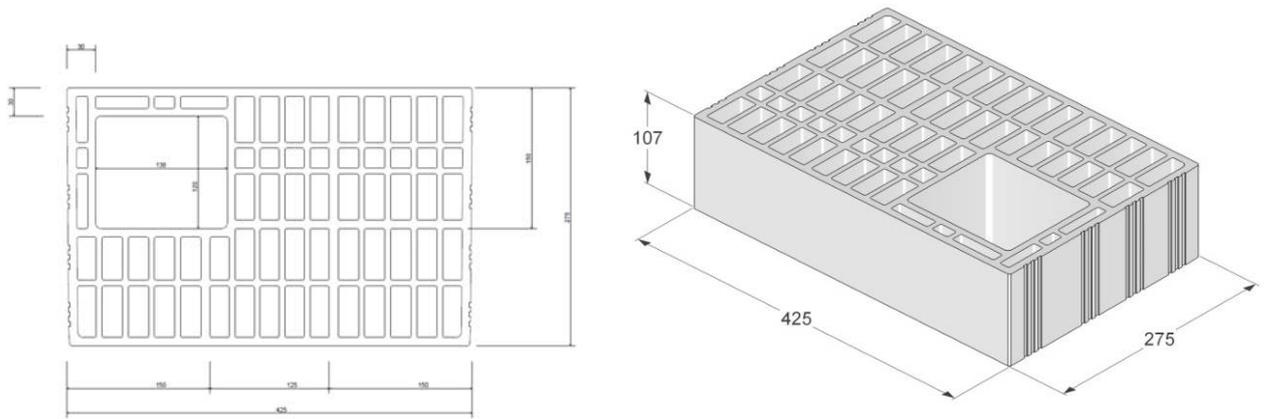
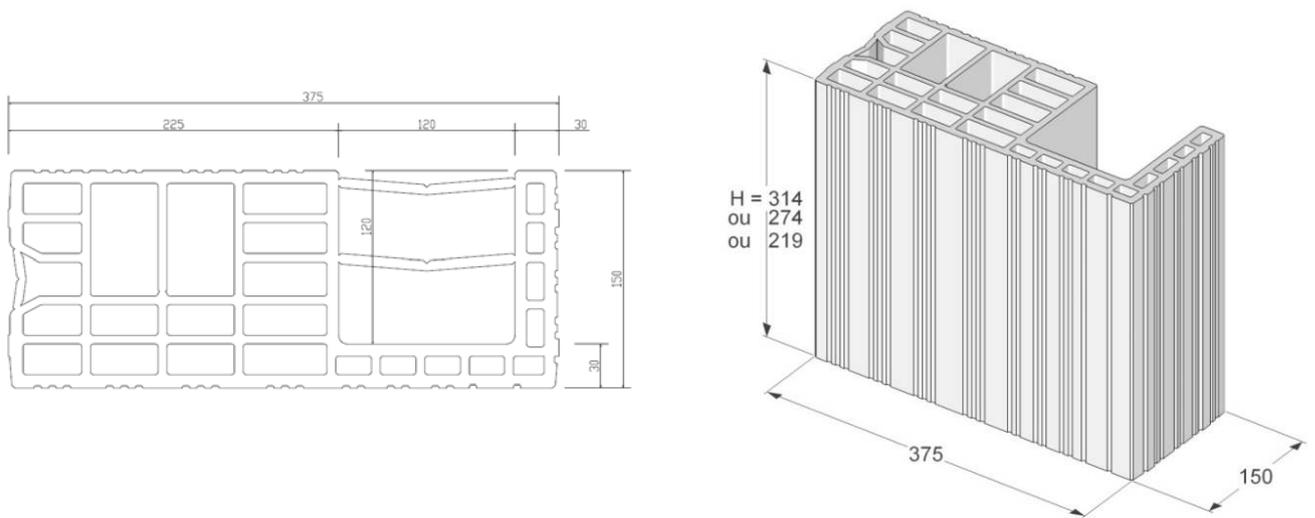


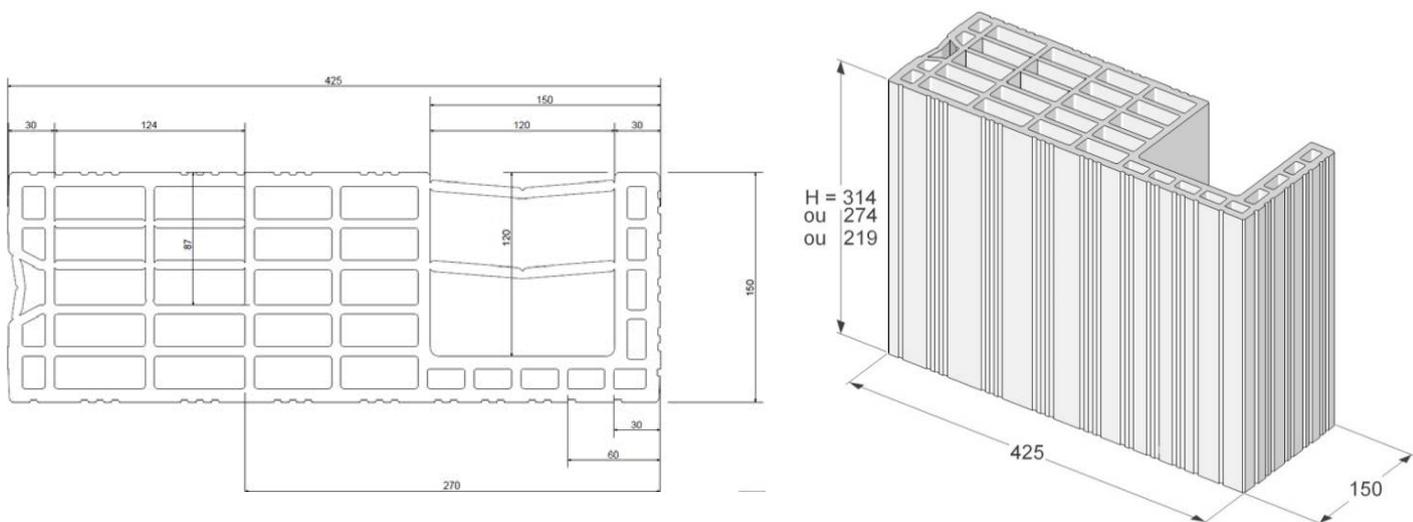
Figure 4– brique départ



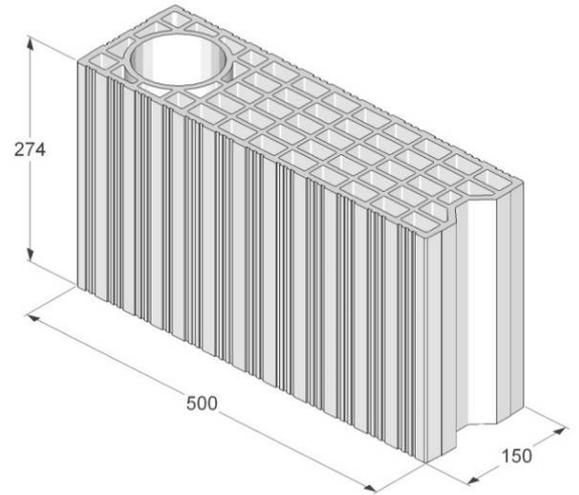
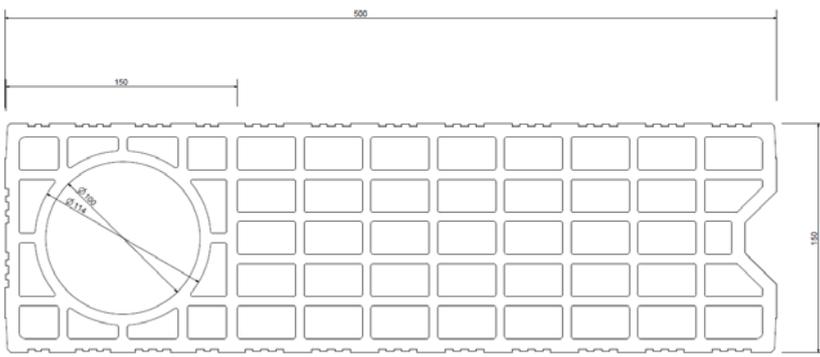
**Figure 5– brique départ Poteau**



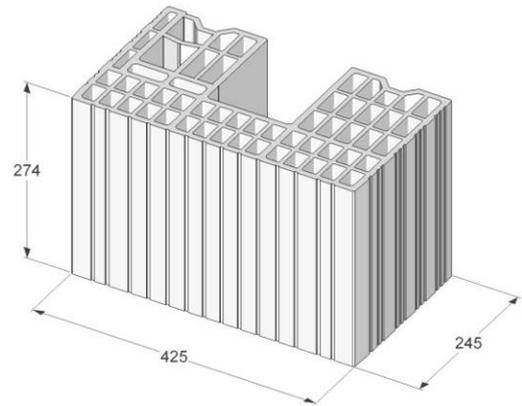
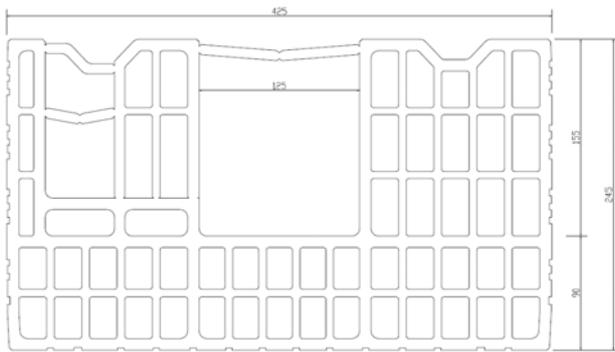
**Figure 6 – brique poteau 375 H219 / 274 / 314**



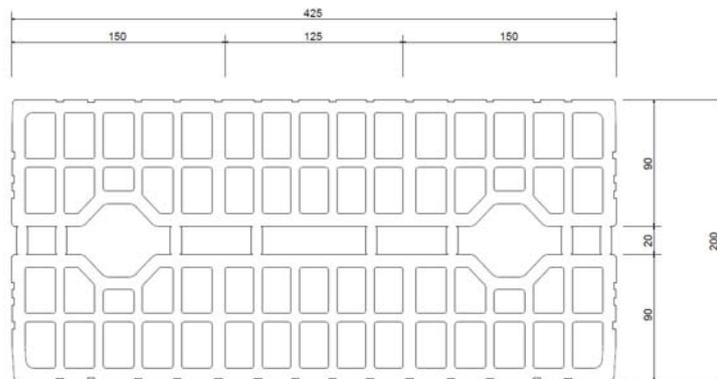
**Figure 7 – brique poteau 425 H219 / 274 / 314**

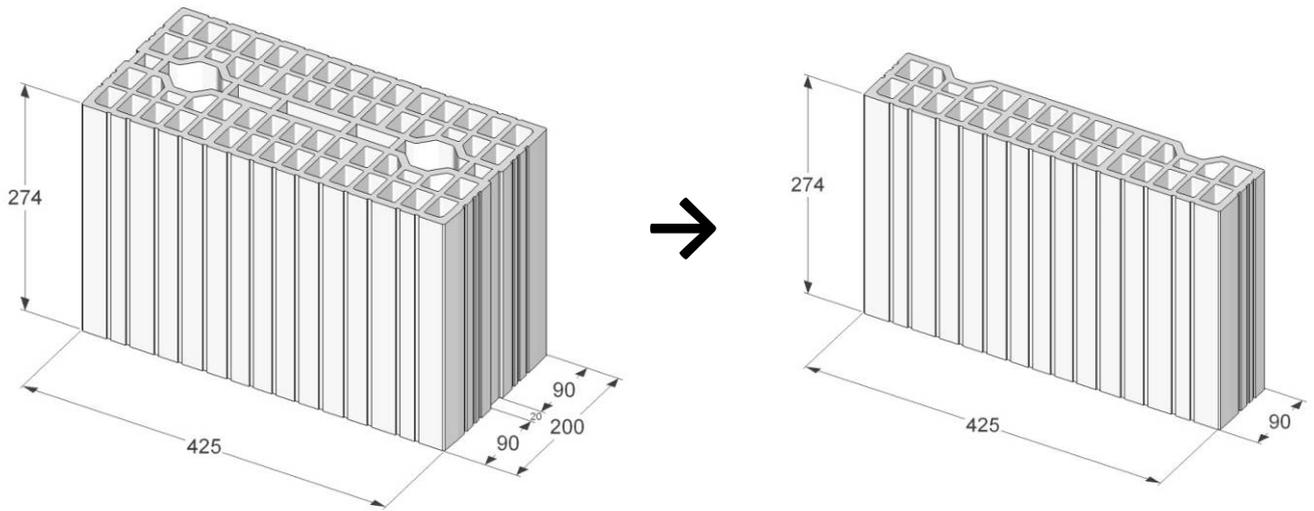


**Figure 8 – brique poteau BGV PV 15**

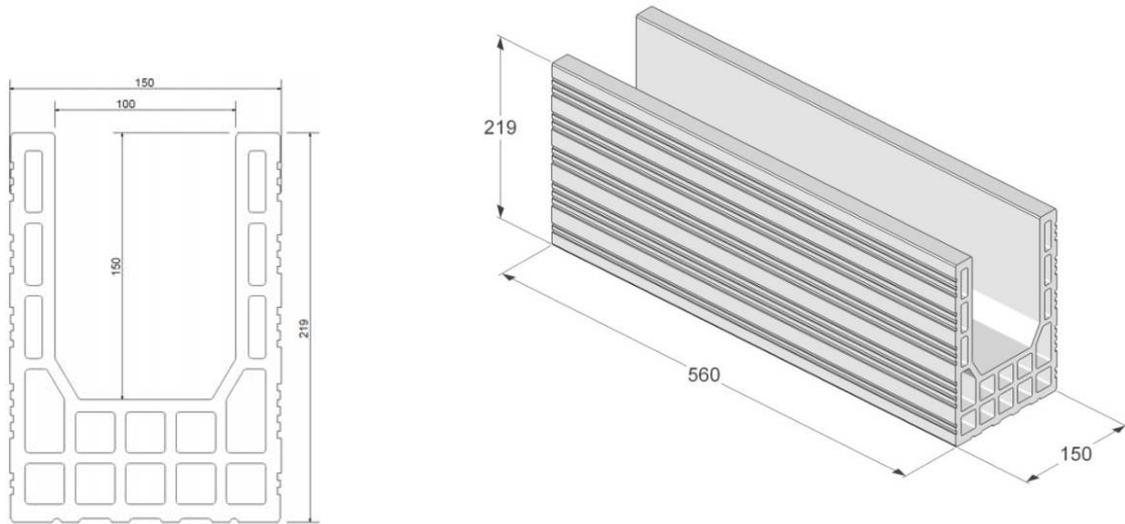


**Figure 9 – brique Tableau /Linéau**

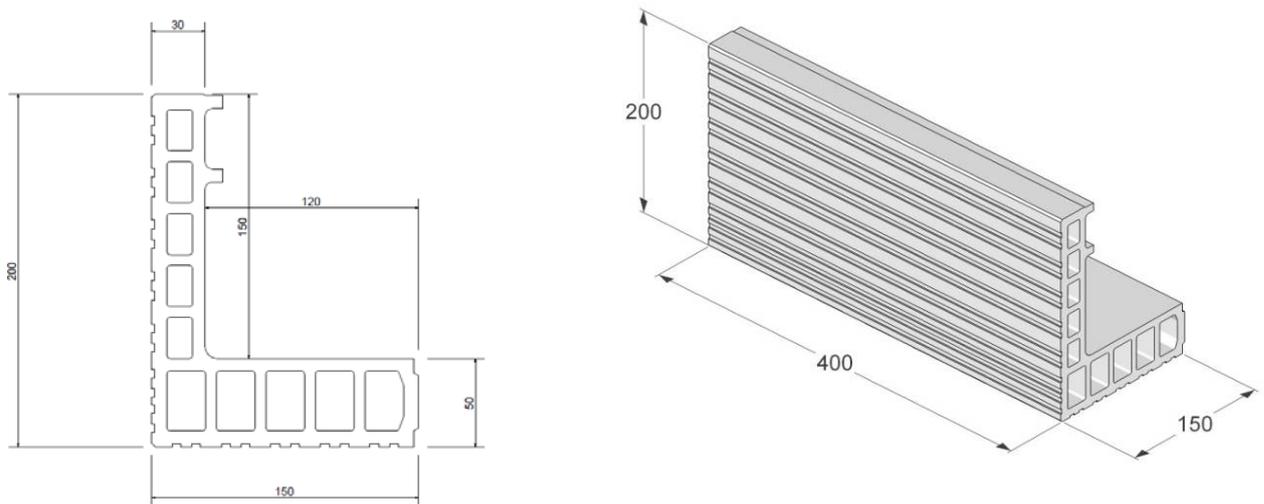




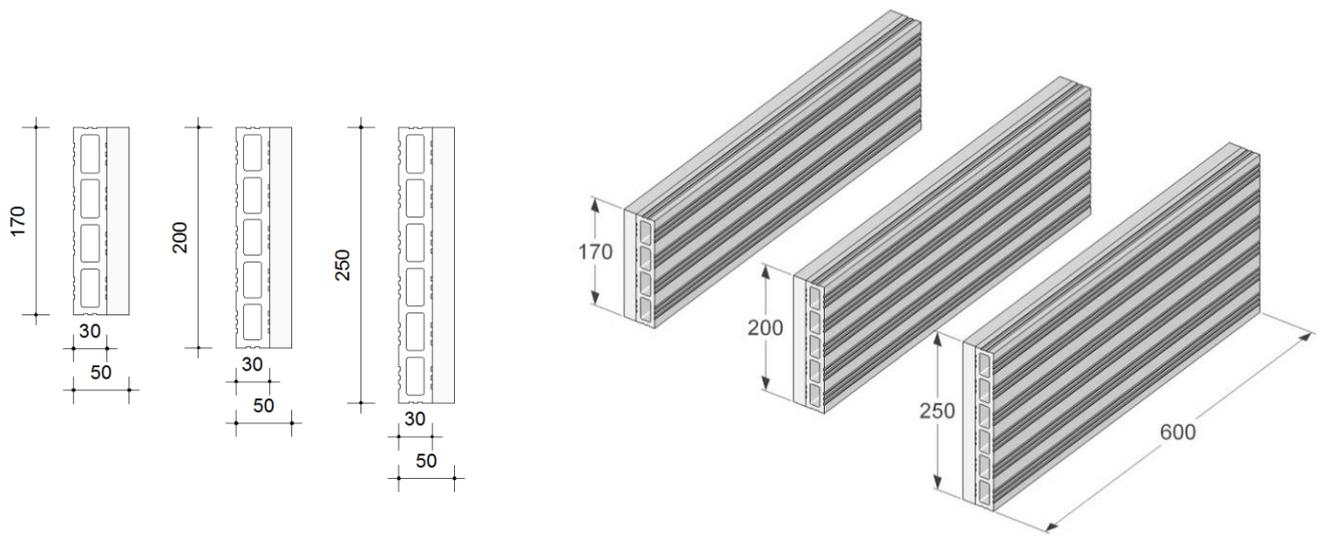
**Figure 10 – brique Demi-Tableau (composée de 2 demi-briques à séparer sur chantier)**



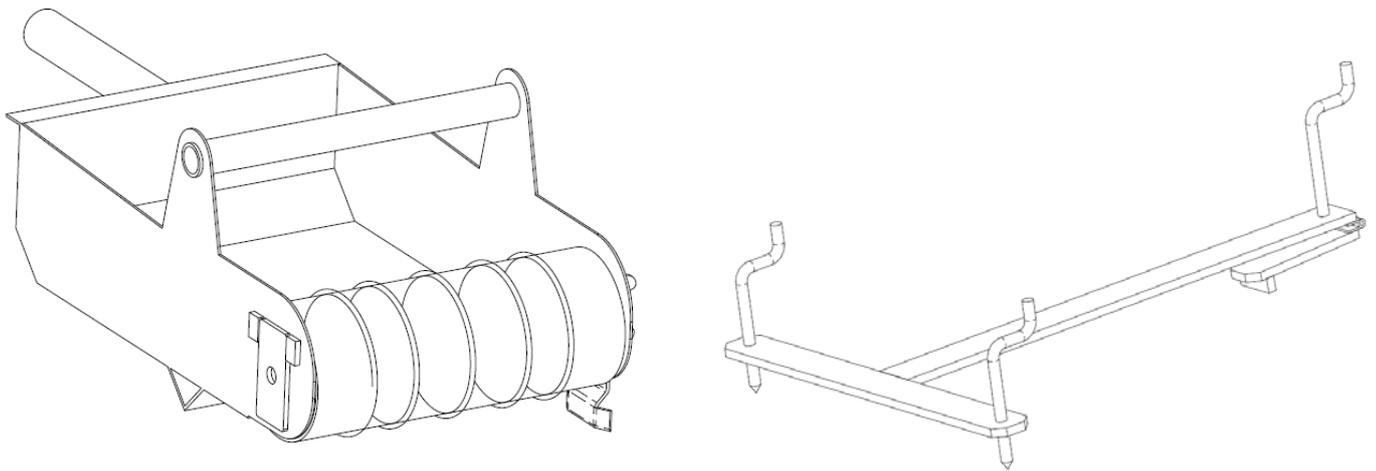
**Figure 11 – Linteau BGV PV 15**



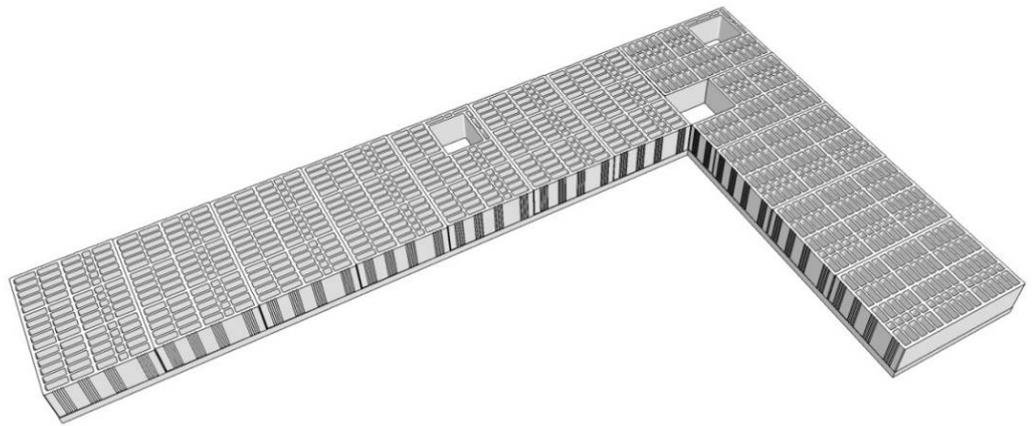
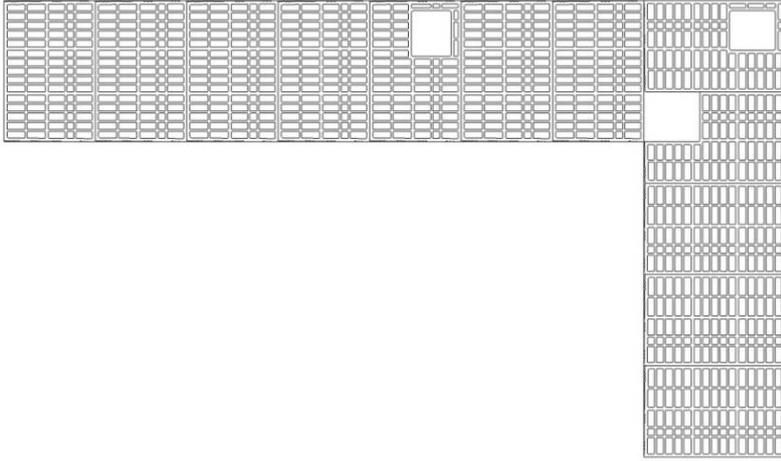
**Figure 12 – équerre de coffrage**



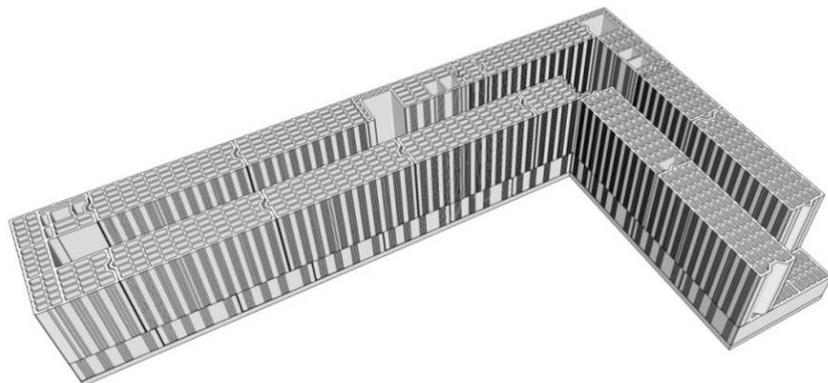
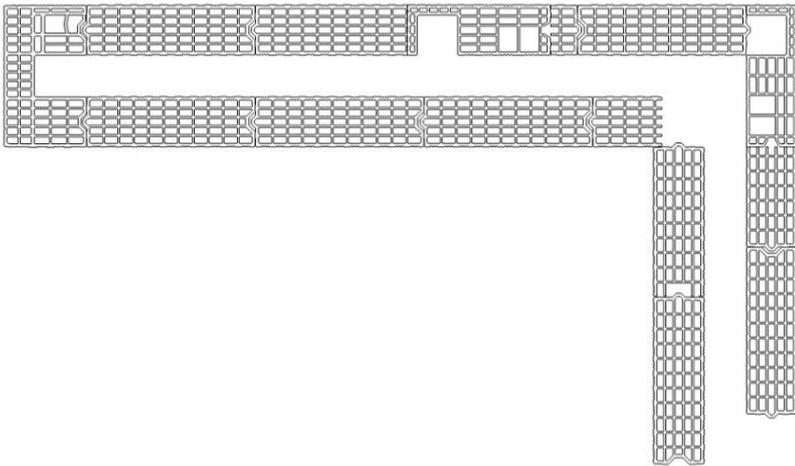
**Figure 13 – Planelles Rmax (DTA 16/13-668)**



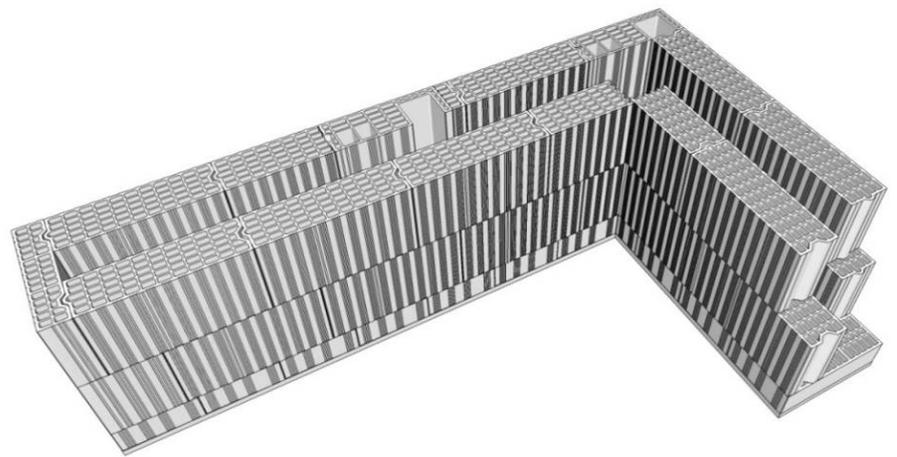
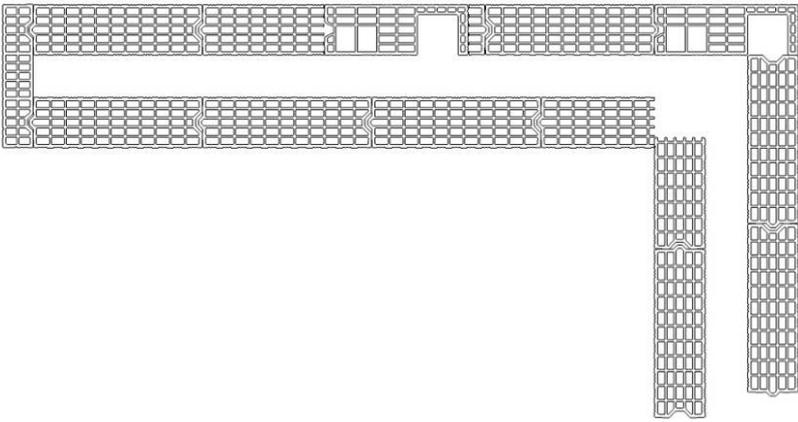
**Figure 14 – Outillage**



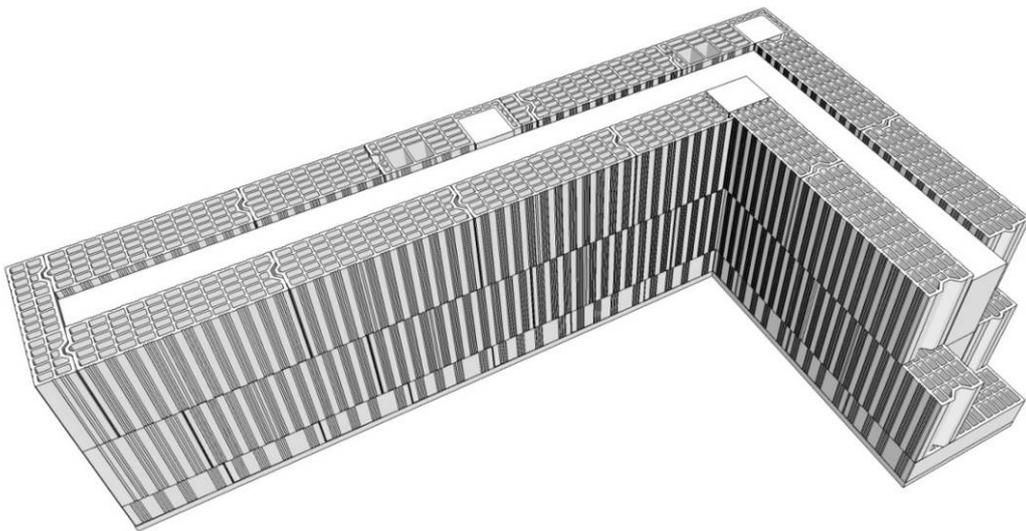
*Fig 15 - Pose rang 1 (rang d'assise / gabarit)*



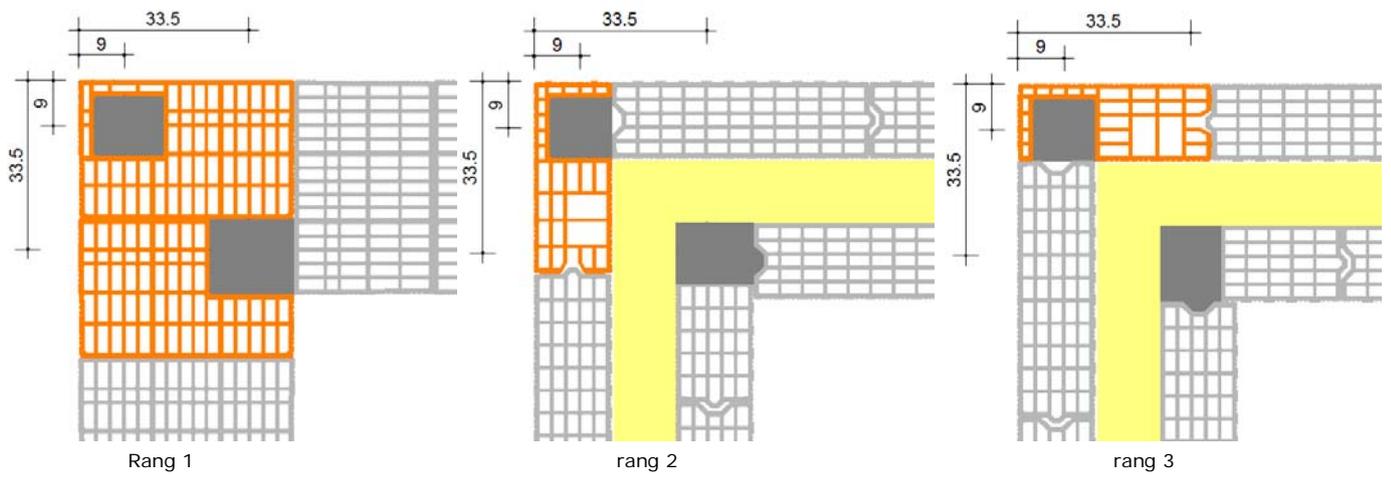
*Fig 16 - Pose du rang 2*



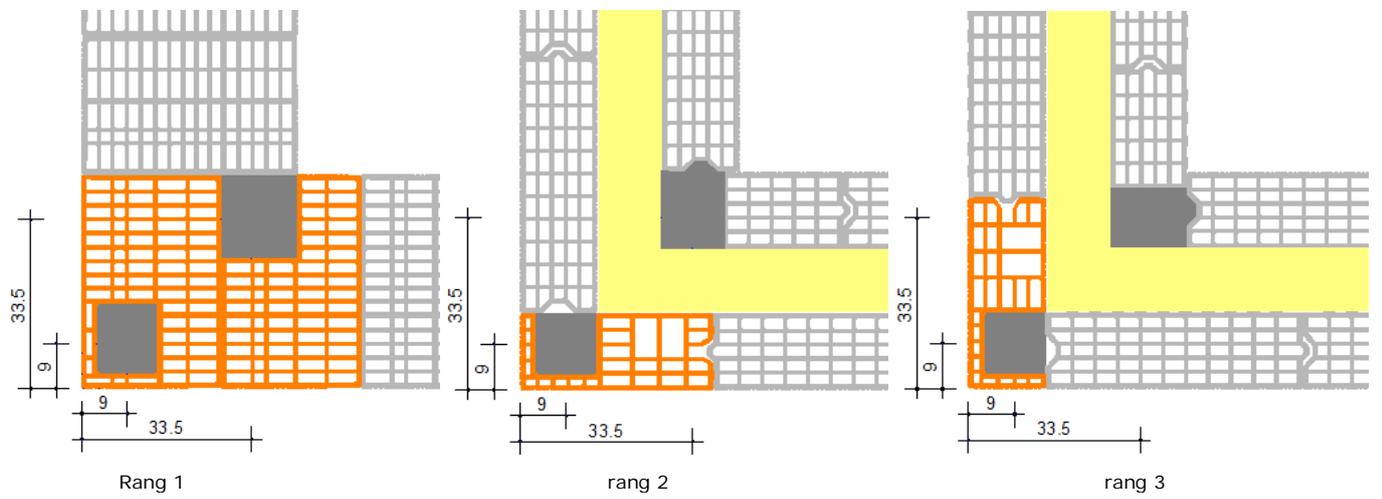
*Figure 17- Pose du rang 3*



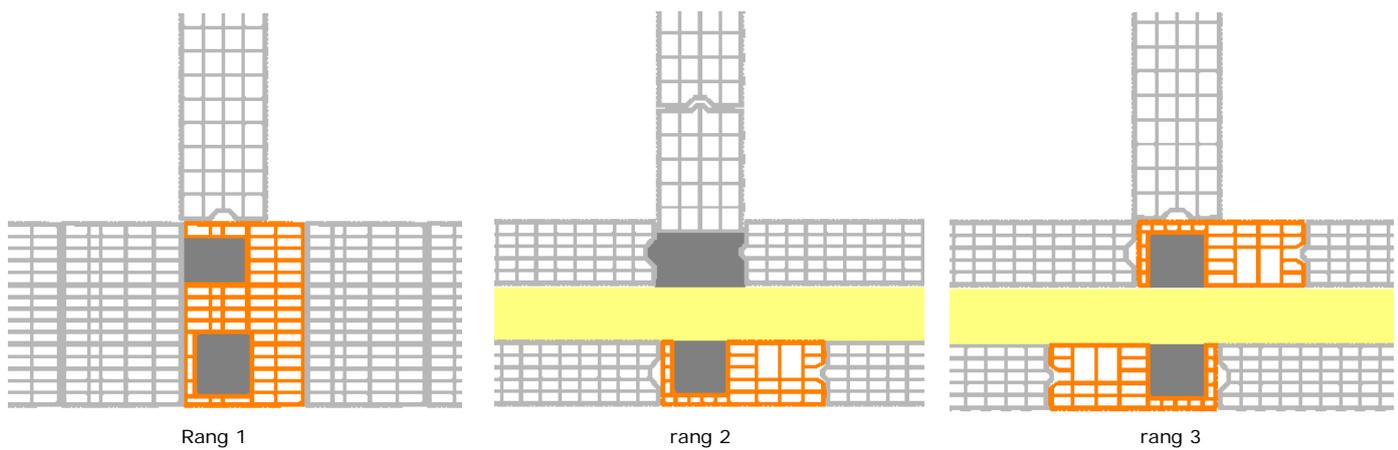
*Figure 18 - Insertion isolant et coulage chaînages*



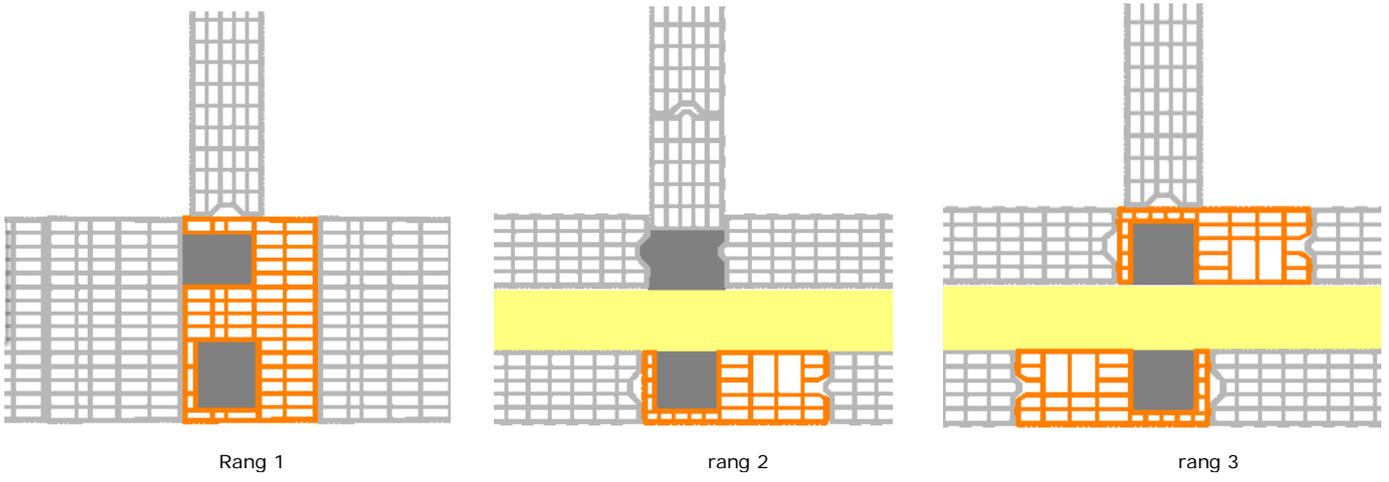
**Figure 19 – angle sortant – entraxe chaînages**



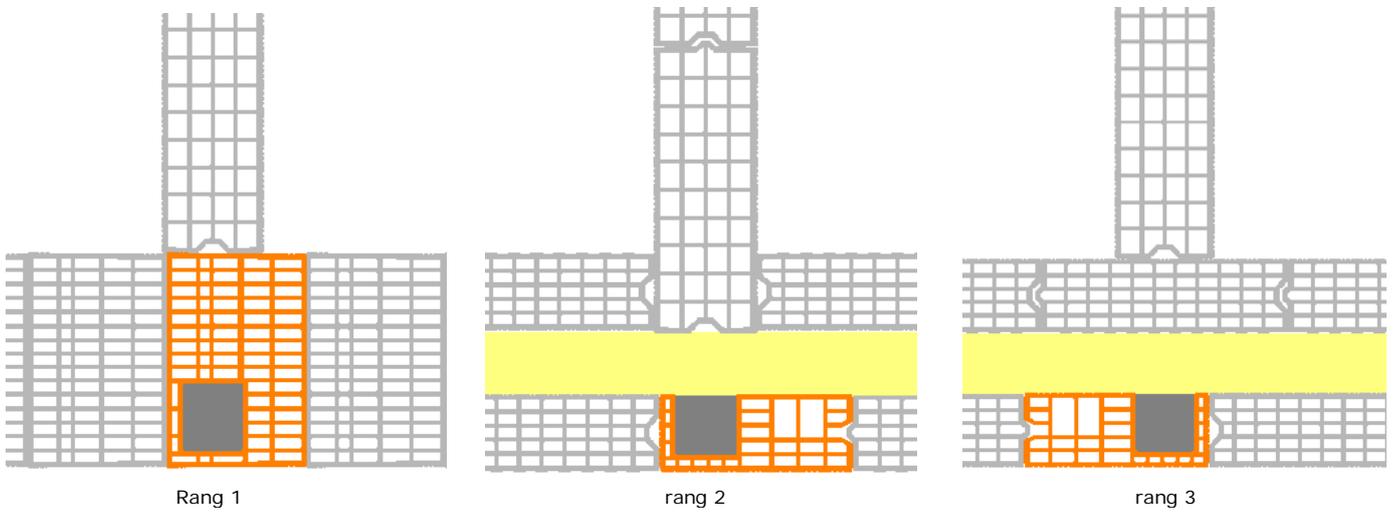
**Figure 20 – angle rentrant – entraxe chaînages**



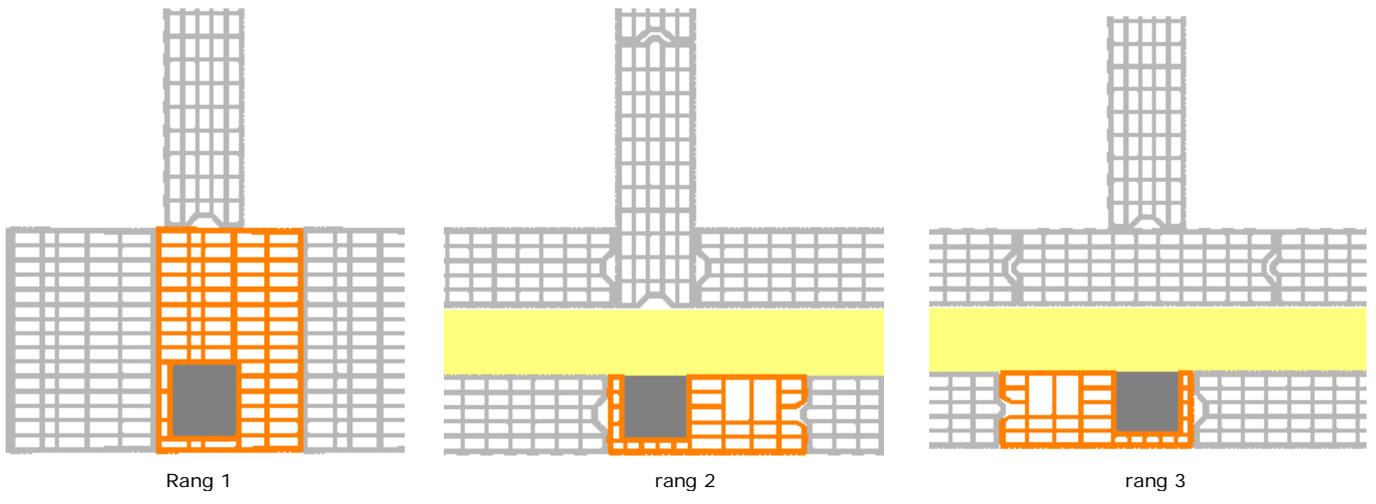
**Figure 21 - Jonction refend ép. 20cm/ Façade avec chaînages verticaux**



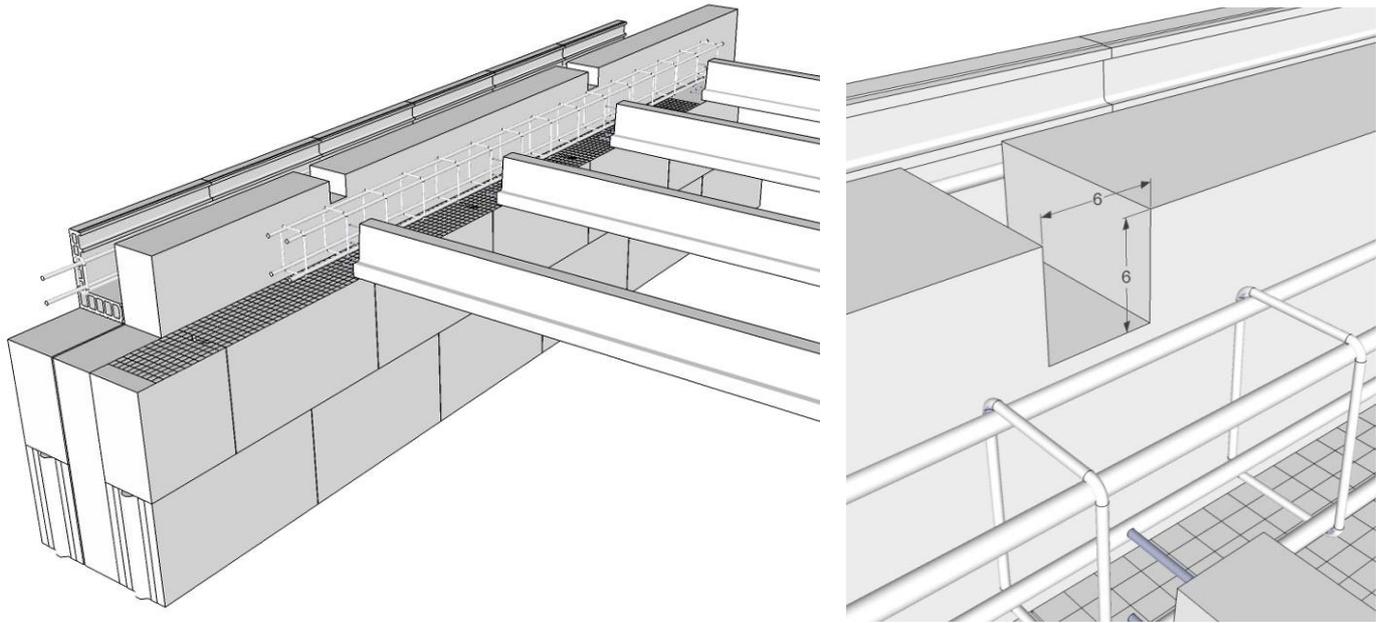
**Figure 22 - Jonction refend ép. 15cm/ Façade avec chaînages verticaux**



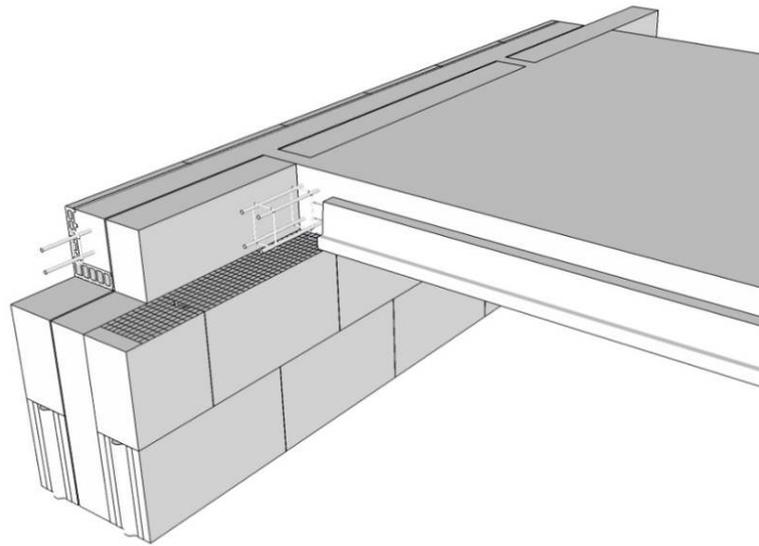
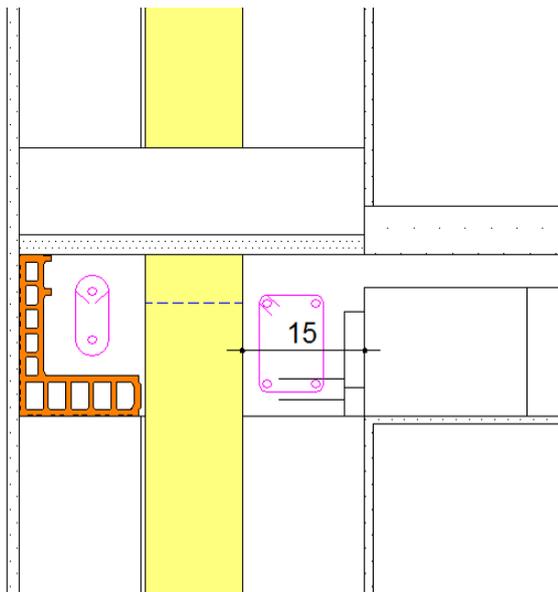
**Figure 23- Jonction refend ép. 20cm/ Façade sans chaînages verticaux**



**Figure 24- Jonction refend ép. 15cm/ Façade sans chaînages verticaux**



Zone de pontage Façade / dalle - Encoche de l'isolant tous les 1m20



ferrailage et coulage du plancher

**Figure 25– Chainages horizontaux en about de plancher**

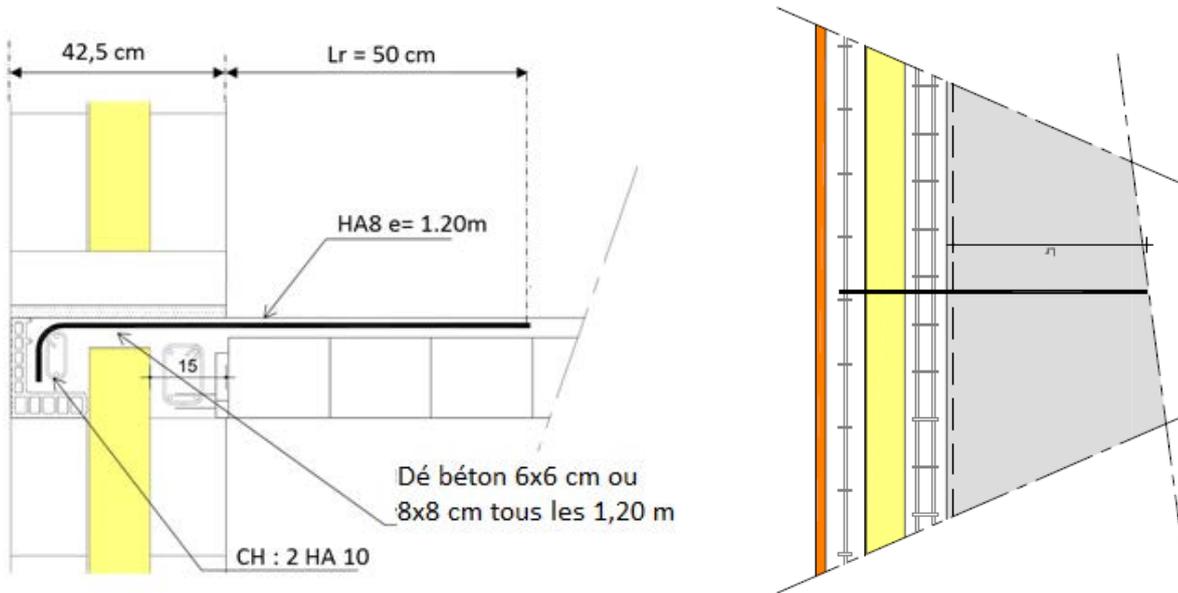


Figure 26 – Chaînages horizontaux en about de plancher

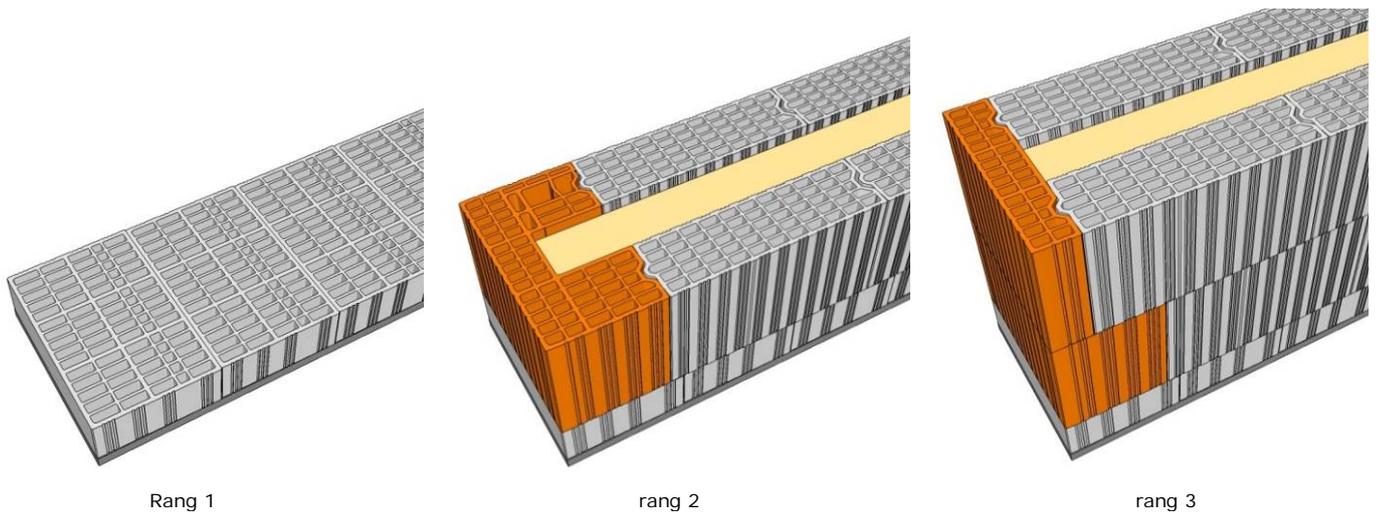


Figure 27 a– tableau d'ouverture sans chaînage vertical (hors situation sismique)

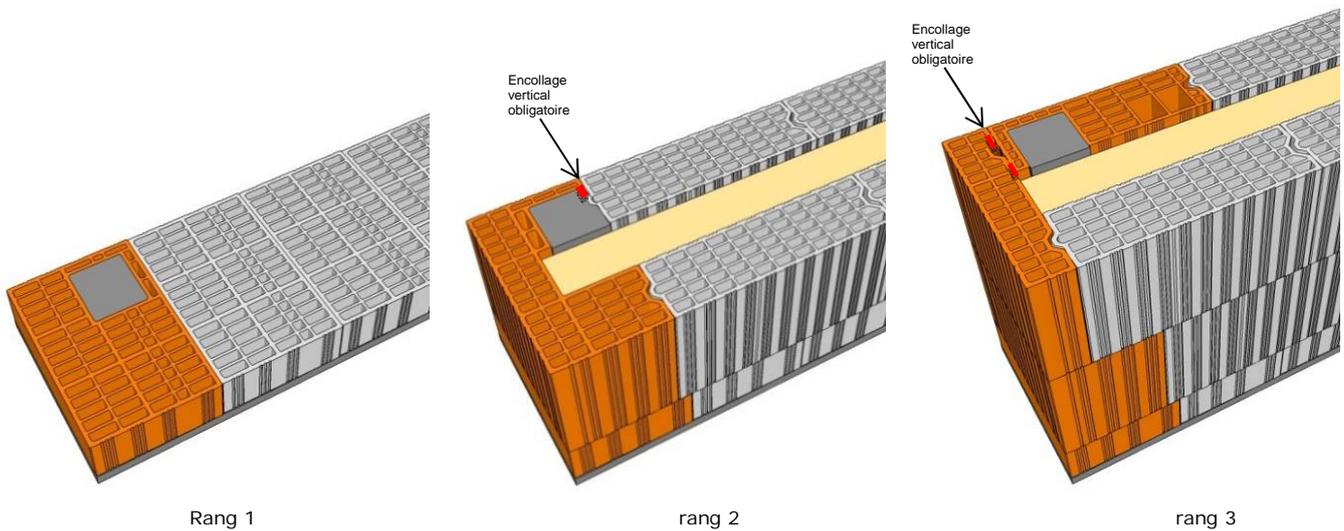
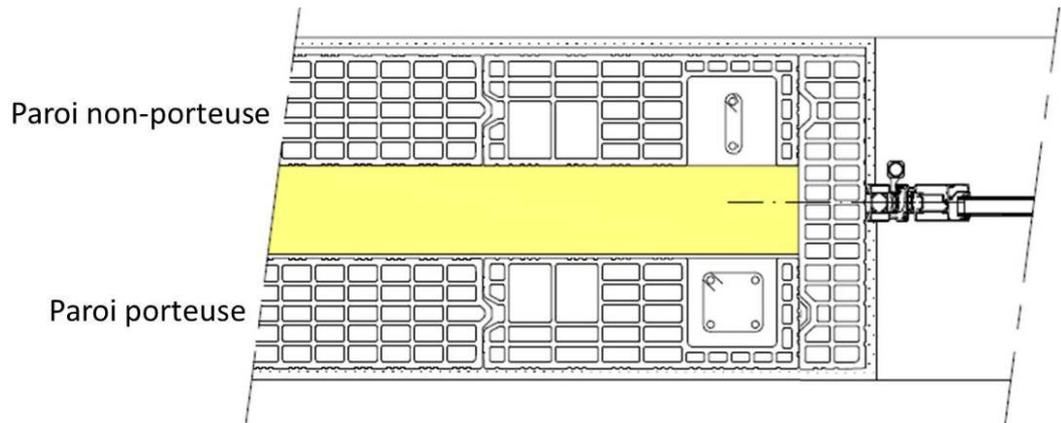


Figure 27b– tableau d'ouverture avec chaînage vertical (hors situation sismique)

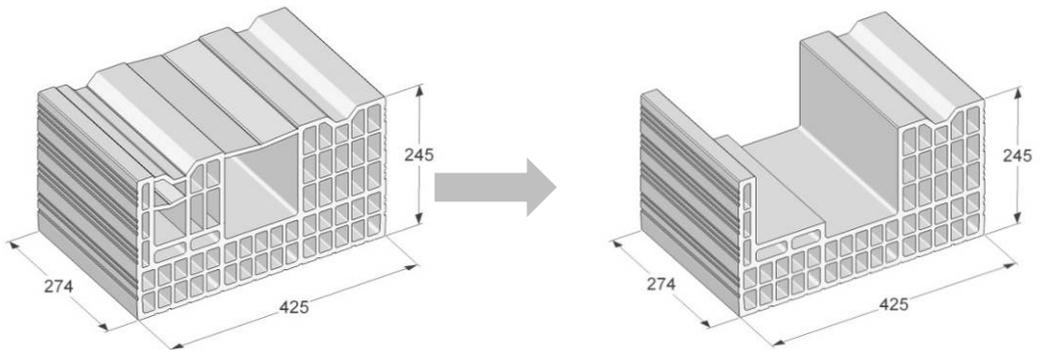


**Figure 28– tableau d'ouverture en situation sismique<sup>(\*)</sup>**

<sup>(\*)</sup> Présence de chaînages encadrant les baies dans les murs porteur et non porteur



**Figure 29 – linteau d'ouvertures**



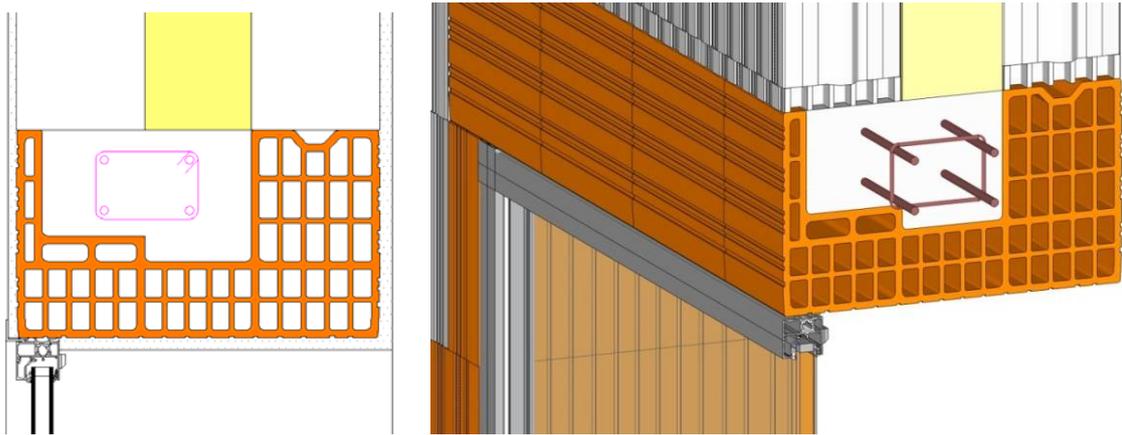


Figure 30 – linteau d'ouvertures avec brique tableau/Linteau

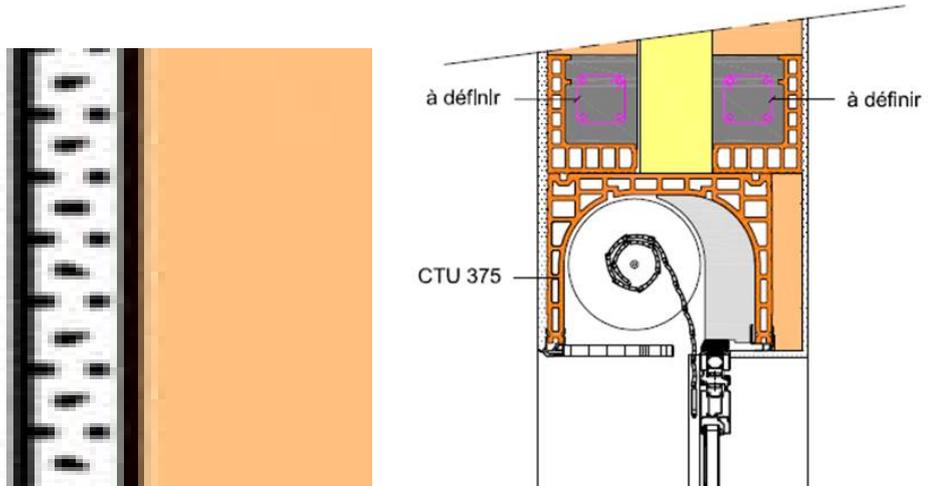


Figure 31a – Coffre CVR max

Figure 31b- coffre Full brick 375 + planelle 50 mm

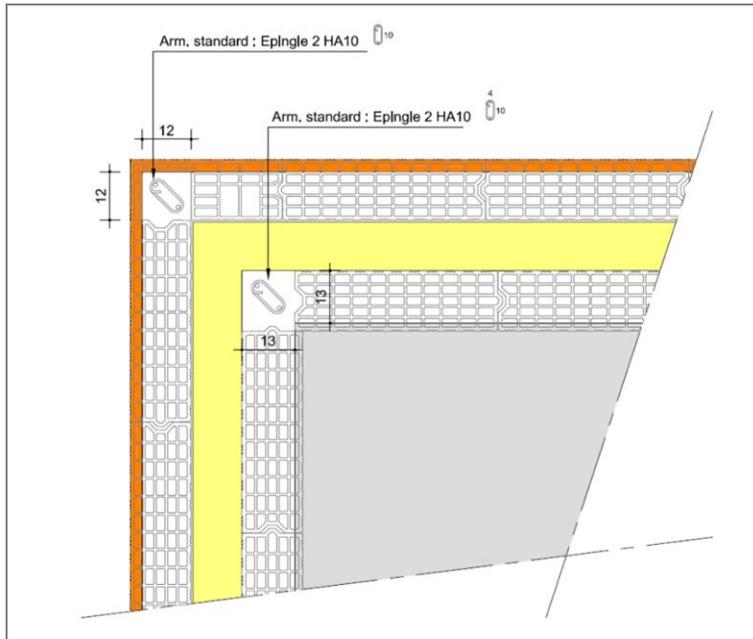


Figure 32 – Exemple de liaison des aciers en angle de construction avant coulage du plancher

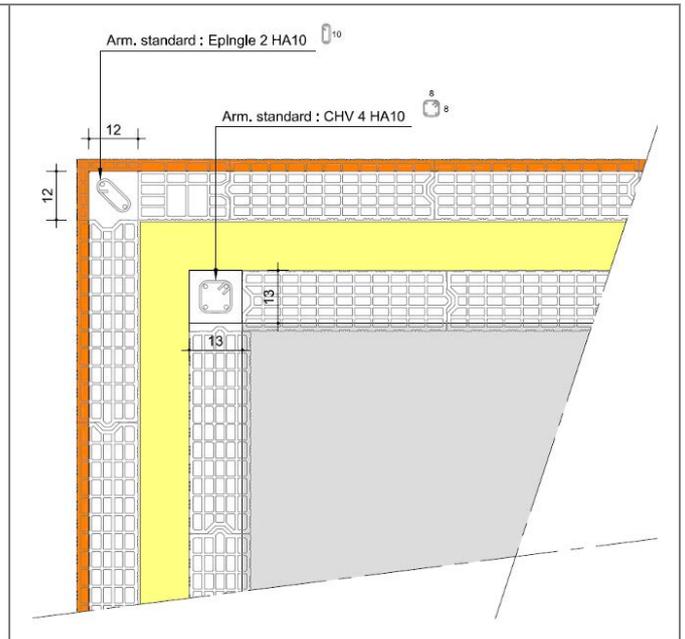
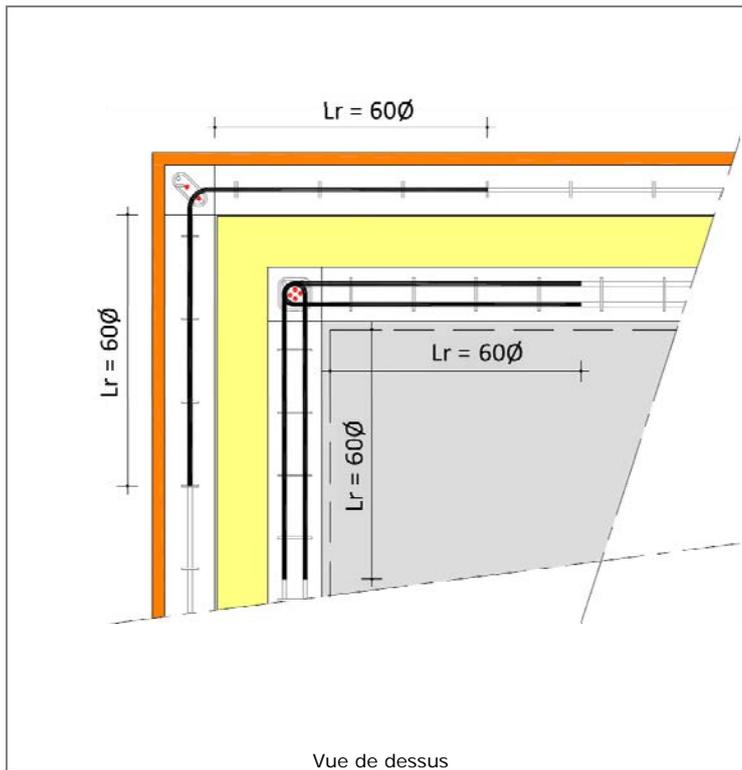
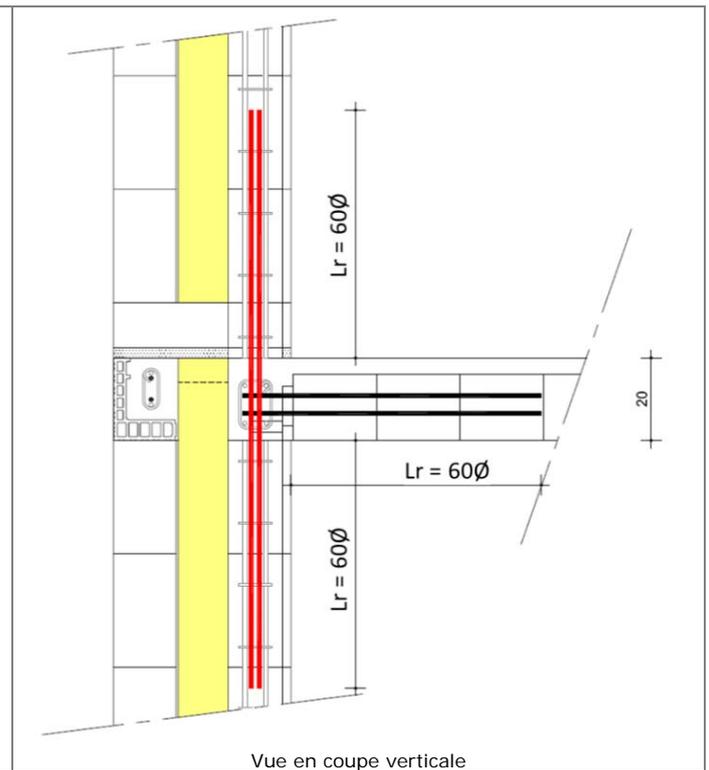


Figure 33 – Exemple de liaison des aciers en angle de construction sismique avant pose du plancher



Vue de dessus



Vue en coupe verticale

- Aciers de liaison CV
- Aciers de liaison CH
- Cadres standards CH
- Lr Longueur recouvrement

Figure 34 – Exemple de liaison des aciers en angle de construction sismique avant coulage du plancher

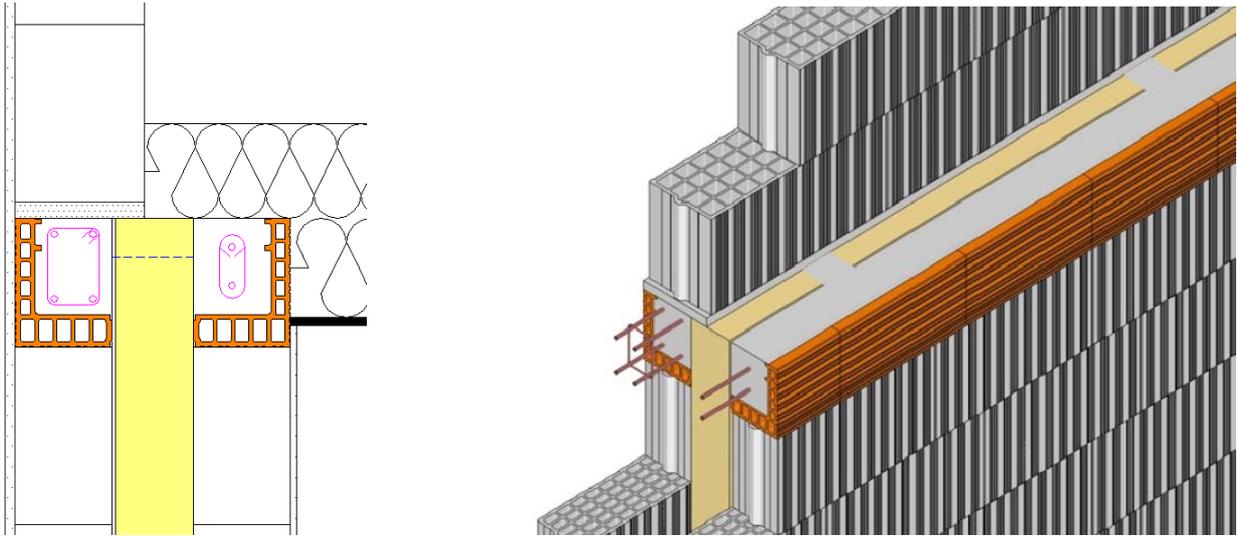


Figure 35 – pignons

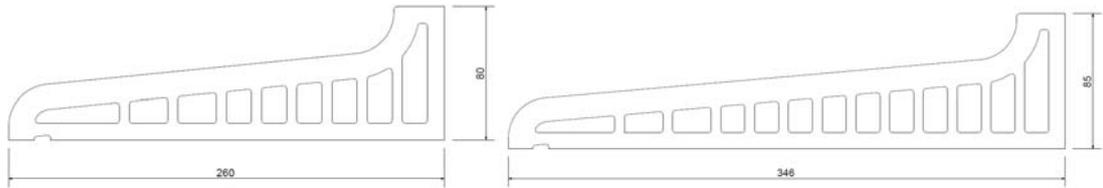
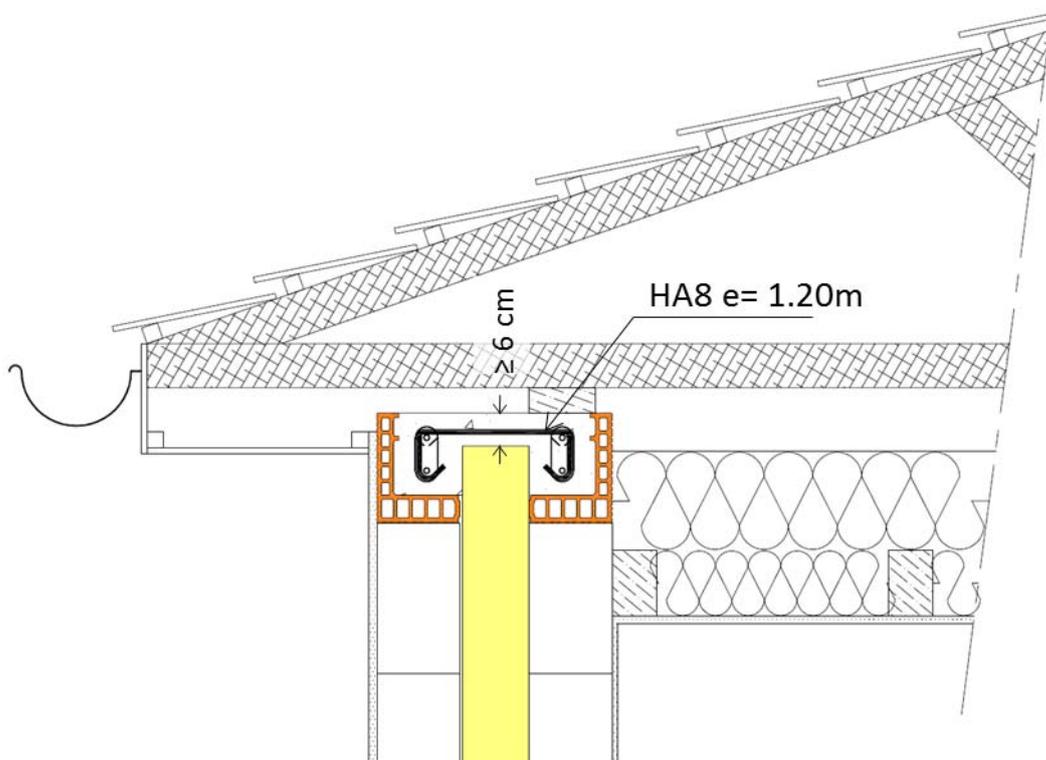


Figure 36 – appuis



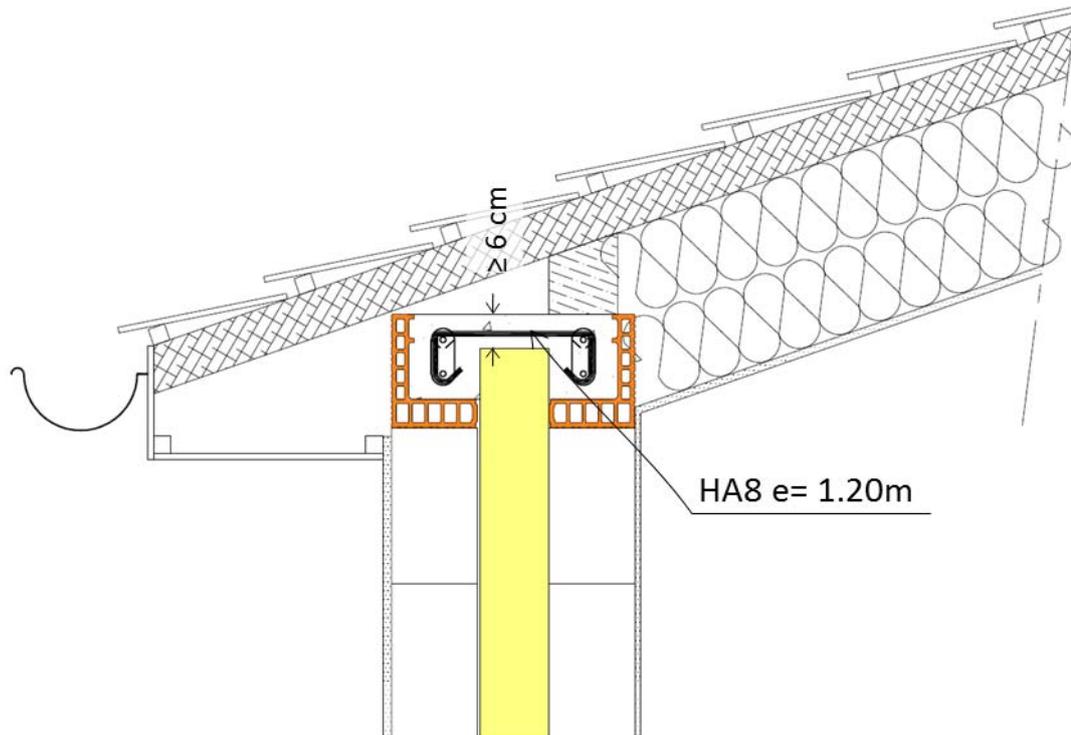


Figure 37 : liaisons en tête de paroi

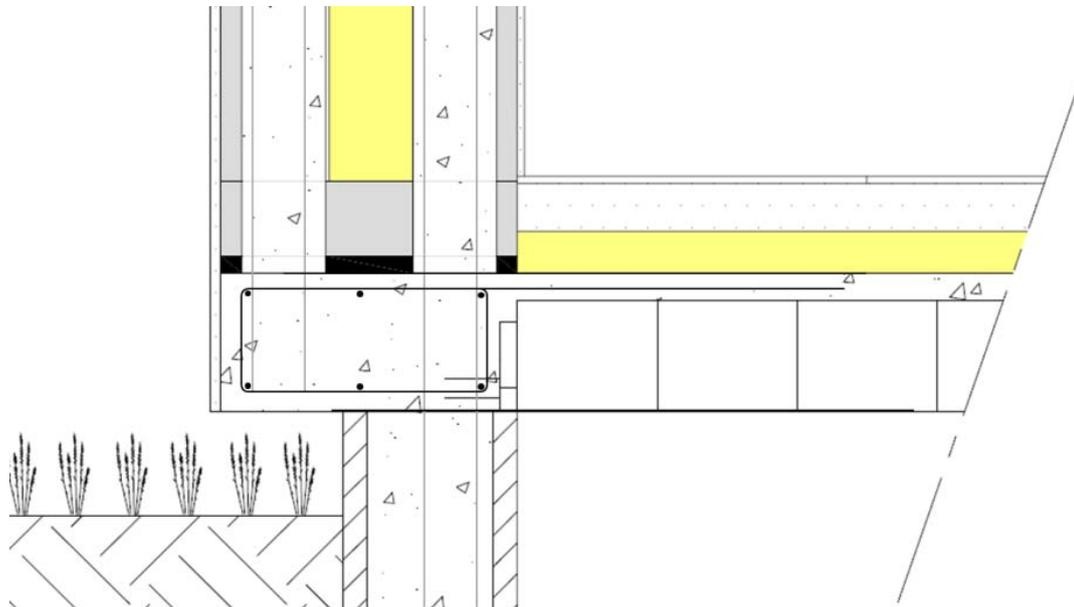


Figure 38\_a Console

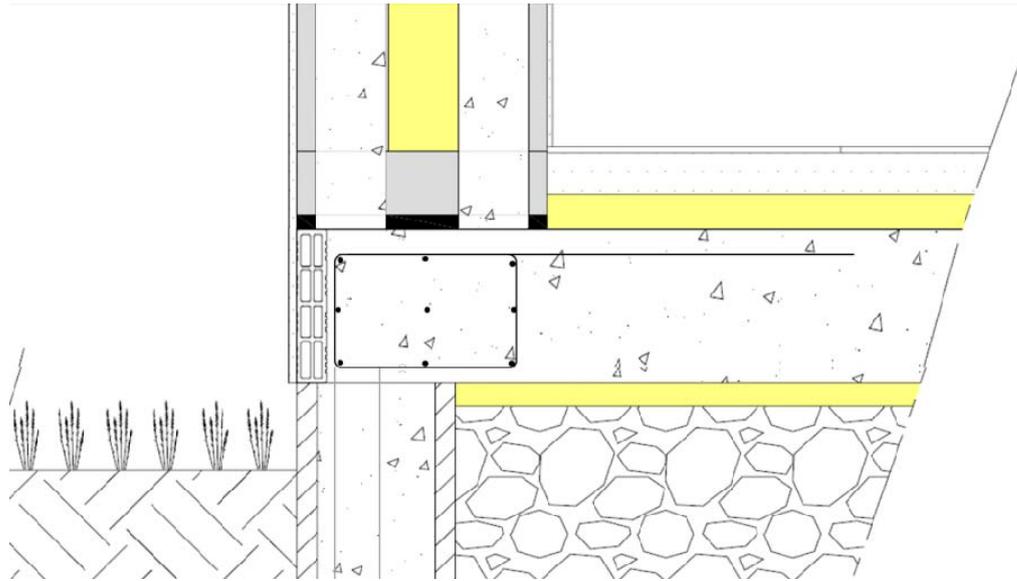
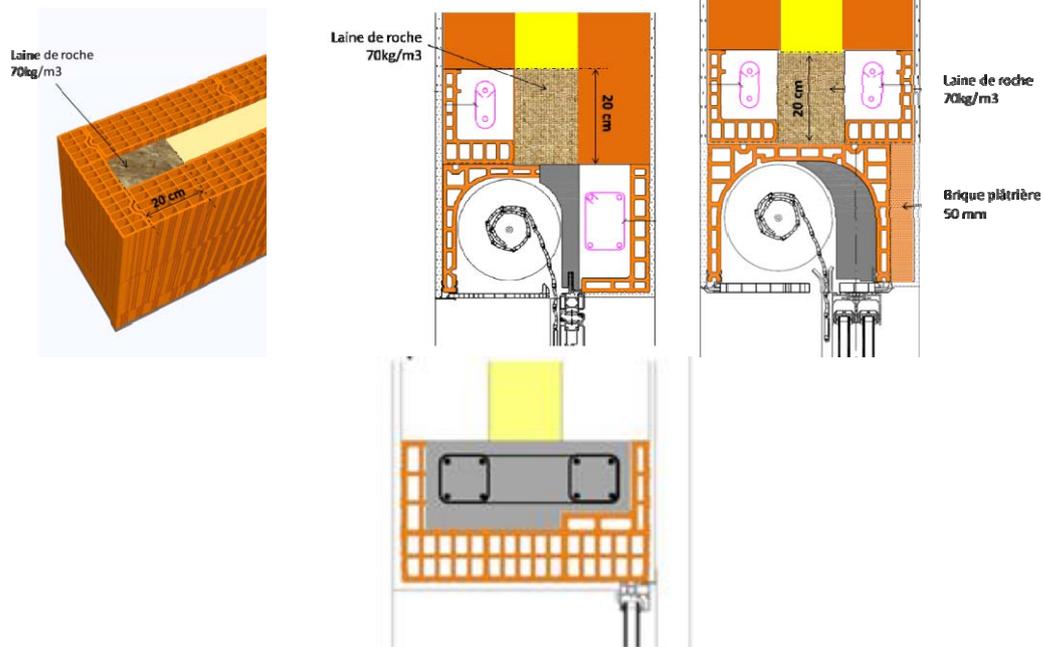


Figure 38\_b Exemple de dallage



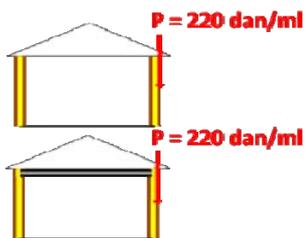
Protection en tableau

sur coffre CVR max

sur coffre Full brick 375

linteau toute largeur

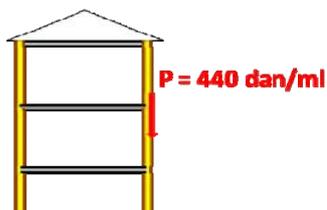
Figure 39 : protection de l'isolant vis-à-vis de la propagation du feu en façade.



Entraxes CV paroi non porteuse	niveau de contrôle		
	ht 2m60	ht 2m80	ht 3m00
	IL1	IL1	IL1
70	8,00	8,00	6,50
80	8,00	6,00	5,25
90	6,00	5,00	4,75
100	5,00	4,50	4,00
110	4,50	4,00	3,75
120	4,00	3,50	3,25
130	3,50	3,25	3,00
140	3,25	3,00	2,75
150	3,00	2,75	2,75
160	2,75	2,75	2,50
170	2,50	2,75	2,50
180	2,50	2,50	2,25
190	2,50	2,25	2,25
200	2,25	2,25	2,00

hypothèses : calcul selon NF EN 1996-1 et son annexe - type d'appui de mur : H

Tableau 1a : abaque simplifiée entraxe raidisseur paroi non chargée derniers étage



Entraxes CV paroi non porteuse	niveau de contrôle		
	ht 2m60	ht 2m80	ht 3m00
	IL1	IL1	IL1
70	8,00	8,00	8,00
80	8,00	8,00	8,00
90	8,00	8,00	8,00
100	8,00	8,00	6,50
110	8,00	7,00	5,50
120	7,00	5,50	4,75
130	6,00	5,25	4,50
140	5,50	4,75	4,00
150	4,50	4,25	3,75
160	4,50	4,00	3,50
170	4,00	3,50	3,25
180	3,75	3,25	3,25
190	3,50	3,25	2,75
200	3,25	3,00	2,75

hypothèses : calcul selon NF EN 1996-1 et son annexe - type d'appui de mur : H

Tableau 1 b : abaque simplifiée entraxe raidisseur paroi non chargée étages courants

*Dans les tableaux 1a et 1b, les hauteurs indiquées correspondent à celles des parois de 15 cm d'épaisseur (hauteur de la brique de départ non comprise). Les actions verticales, correspondant aux charges gravitaires, ne sont pas pondérées.*

Laboratoire	N° PV	N° Extension / APL	Date de Validité	Isolant	Enduit extérieur	Enduit intérieur	Charge (kN/ml)	REI	Hauteur max d'exposition au feu (m)
Efectis	EFR 13-U-131565	Ext EFR14-002252	21/05/19	Panneau Isolant mur 'max	ciment 15 mm	Plâtre 13 mm	100 KN/ml	REI 90	2m80
	EFR-14-002253	APL EFR14-002253	21/05/19	Panneau Isolant mur 'max	ciment 15 mm	Plâtre 10 mm	100 KN/ml	REI60	2m80
	EFR-13-U-131565 ext16/3	Ext EFR14-002252 du 8 mars 2016	21/05/19	Panneau Isolant mur 'max	ciment 15 mm	Plâtre 13 mm	100 KN/ml	REI60	3m15

**Tableau 2 : Résistance au feu du procédé mur'max**

detail de la liaison	visualisation	PONT THERMIQUE (en W/mK)			
Plancher bas vide sanitaire Planelle 2A ep. 50 mm Hourdis béton Chape flottante 68 mm isolant		0,15	Plancher haut lourd Acrotère béton 150 mm Rupteur Panneau Isolant mur'max		0,10 (intrapolation)
Plancher bas vide sanitaire Planelle 2A ep. 50 mm Hourdis Isolant Up0,27 Chape flottante 68 mm isolant		0,17	Plancher haut Toiture lourde Rupteur partiel Panneau Isolant PU 60 mm		0,10
Plancher bas en béton plein sur vide sanitaire Planelle 2A ep. 50mm Chappe flottante 68 mm avec isolant		0,18	Appui fermette avec rupteur partiel Panneau Isolant mur'max tous les 1m20		0,06
Plancher bas Vide Sanitaire Planelle Rmax 1,0 Hourdis Isolant Up 0,19		0,27 (estimation)	Pignons avec rupteur partiel Panneau Isolant mur'max tous les 1m20		0,07
Dallage sur terre plein Planelle 2A ep. 50 mm PU ep. 120mm en dessus de plancher + Béton plein de 40 mm		0,11	Linéaire d'ouverture Menuiserie nu intérieur pose tunnel		0,11 (valeurs Th-U RT2012 ITR 5.2.4)
Dallage sur terre plein Planelle 2A ep. 50 mm PU ep 120mm en dessus de plancher + Béton plein de 40 mm		0,10	Linéaire d'ouverture Menuiserie nu intérieur pose feuillure		0,09 à 0,11 (valeurs Th-U RT2012 ITR 5.2.1)
Dallage sur terre plein PU de 120 mm en partie courante de mur continu en soubassement PU ep 120mm en dessus de plancher + Béton plein de 40 mm		0,04	Linéaire d'ouverture Menuiserie à mi tableau pose tunnel		0,11 (valeurs Th-U RT2012 ITR 5.2.4)
Configuration sans brique de départ Dallage sur terre plein PU de 120 mm en partie courante de mur continu en soubassement avec rupteur partiel de 60 mm PU ep 120mm en dessus de plancher + Béton plein de 40 mm		0,08	Linéaire d'ouverture Menuiserie à mi tableau pose feuillurée		0,07 à 0,08 (valeurs Th-U RT2012 ITR 5.2.2)
Dallage sur Terre plein Planelle 2A d'épaisseur 50 mm Isolation surfacique R>1,4		0,25 à 0,64 (valeurs Th-U RT2012 ITR 1.1.3)	Linéaire d'ouverture (double) Menuiserie à mi tableau pose feuillurée		0,00 (valeurs Th-U RT2012 ITI 5.2.1)
Dallage sur Terre plein planelle 2A d'épaisseur 50 mm Isolation périphérique R>1,4		0,22 à 0,68 (valeurs Th-U RT2012 ITR 1.1.4)	Tableau d'ouverture menuiserie nu intérieur pose tunnel		0,11 (+0,03 valeur Th-U RT2012 ITR 5.3)
Plancher Intermédiaire Rupteur d'épaisseur 120 mm Chape flottante		0,14	Tableau d'ouverture Menuiserie nu intérieur pose feuillure		0,06 à 0,08 (valeurs Th-U RT2012 ITR 5.3.1 = 5.3.3)
Plancher Intermédiaire Rupteur d'épaisseur 60 mm Chape flottante		0,18	Tableau d'ouverture Menuiserie à mi tableau pose tunnel		0,05 (valeurs Th-U RT2012 ITR 5.3.4)
Plancher Intermédiaire Rupteur d'épaisseur 120 mm		0,12	Tableau d'ouverture menuiserie à mi tableau pose feuillurée		0,03 à 0,04 (valeurs Th-U RT2012 ITR 5.3.2)
Plancher intermédiaire entrevous béton ou terre cuite Rupteur partiel de 70 mm		0,10	Appui de fenêtre Menuiserie nu intérieur		0,11 (valeurs Th-U RT2012 ITR 5.1.2)
Plancher Intermédiaire Rupteur Panneau Isolant PU d'épaisseur 60 mm		0,17	Appui de fenêtre Menuiserie mi tableau		0,04 (valeurs Th-U RT2012 ITI 5.1.1)
Plancher haut lourd Acrotère bloc à bancher 200 mm Rupteur panneau isolant mur'max		0,10	Angle rentrant		0,05
Plancher haut lourd Acrotère bloc à bancher 200 mm Rupteur panneau isolant PU d'épaisseur 60 mm		0,16	Angle sortant		0,05
			Chaînage en partie courante		0,01

Tableau 3 : valeurs des ponts thermiques Psi spécifiques au procédé

Fa daN/m<sup>2</sup> avec q=2 - bat type II - poids mur enduit 142kg:m<sup>2</sup>

		type de sol				
		A	B	C	D	E
zone de sismicité	1	16	21	24	25	29
	2	28	38	42	45	50
	3	44	59	66	70	79
	4	64	86	96	102	115

Fa daN/m<sup>2</sup> avec q=2 - bat type III - poids mur enduit 142kg:m<sup>2</sup>

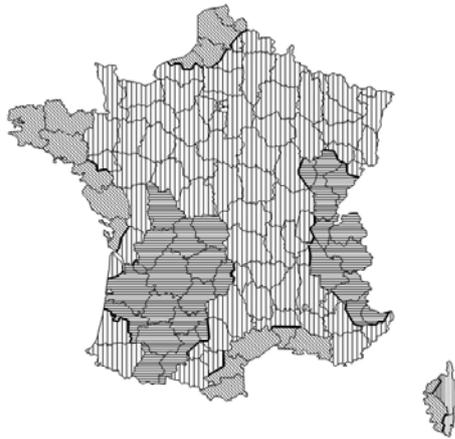
		type de sol				
		A	B	C	D	E
zone de sismicité	1	19	26	29	31	34
	2	33	45	50	53	60
	3	53	71	79	84	95
	4	76	103	115	122	138

Fa daN/m<sup>2</sup> avec q=2 - bat type IV - poids mur enduit 142kg:m<sup>2</sup>

		type de sol				
		A	B	C	D	E
zone de sismicité	1	22	30	33	36	40
	2	39	53	59	62	70
	3	61	83	92	98	110
	4	89	120	134	143	160

Tableau 5 : Actions sismiques (daN/m<sup>2</sup>)

### Synthèse : Charges de vent à l'ELU (x1.5 ) en daN/m<sup>2</sup>



Régions :	1	2	3	4
Valeur de base de la vitesse de référence du vent $v_{b,s}$ [m/s]	22	24	26	28

		Zone de vent				
		1	2	3	4	
Catégorie de terrain	0	H<3m	122	146	171	198
		H<6m	140	166	195	226
		H<9m	149	178	208	242
	II	H<3m	87	104	122	142
		H<6m	109	129	152	176
		H<9m	122	145	170	198
	IIIa	H<5m	77	91	107	124
		H<6m	82	98	115	134
		H<9m	96	114	134	155
	IIIb	H<9m	72	85	100	116
	IV	H<15m	68	82	96	111

Où H est la hauteur totale du bâtiment.

Catégorie de terrain	
0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km
II	Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur
IIIa	Campagne avec des haies ; vignobles ; bocage ; habitat dispersé
IIIb	Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; vergers
IV	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts

*Tableau 6 : actions du vent :  $daN/m^2$*