16/16-730_V2

Valide du **14 mars 2023**

au **30 septembre 2026**

Sur le procédé

MUR TERRE CUITE PREFAXIS

Famille de produit/Procédé : *Mur en briques de terre cuite*

Titulaire : **Société PREFAXIS S.A**

Internet : www.prefaxis.com

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

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

Les Avis Techniques sont publiés par le Secrétariat des Avis Techniques, assuré par le CSTB ; Les versions authentifiées sont disponibles gratuitement sur le site Internet du CSTB (http://www.cstb.fr)

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	Cette version, examinée par le GS n° 16 le 27 septembre 2022, intègre les modifications suivantes : • Modification du domaine d'emploi visé (R+3) • Suppression du bloc poteaux TBV295 Ø 152 mm • La suppression des murs de type TB VR 245 (ép 138 mm) • Mise à jour des valeurs de conductivité thermique sans enduit • Ajout des blocs poteaux de ∅122 mm • Ajout d'un système de fixation des TPS : Bride métallique sur plan • Ajout d'un nouveau système de levage des murs par palonnier • Changement de raison sociale du titulaire	Abdessamad AKKAOUI	Stéphane ESTEVE

Descripteur :

Les murs MUR TERRE CUITE PREFAXIS sont des murs en maçonnerie chaînée, préfabriqués en usine à l'aide d'éléments de terre cuite PREFAXIS SA montés à joints de colle polyuréthane.

Les joints verticaux sont laissés secs.

Ces murs sont destinés à être utilisés avec une isolation rapportée (Isolation Thermique par l'Intérieur ou Isolation Thermique par l'Extérieur).

La dimension maximale des murs est de 3,75 m de haut par 8,80 m de long. Dans le cas des applications pour lesquelles un degré de résistance au feu est exigé, la hauteur des murs est limitée à 3,10 m.

Table des matières

1. Avis du Groupe Spécialisé 5
1.1. Domaine d'emploi accepté 5
1.1.1. Zone géographique 5
1.1.2. Ouvrages visés 5
1.2. Appréciation 5
1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé 5
1.2.2. Durabilité 6
1.2.3. Impacts environnementaux 6
1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé 6
2. Dossier Technique 7
2.1. Mode de commercialisation 7
2.1.1. Coordonnées 7
2.1.2. Identification 7
2.2. Description 7
2.2.1. Principe 7
2.2.2. Caractéristiques des matériaux 7
2.2.3. Accessoires pour la mise en place 9
2.3. Dispositions de conception 11
2.3.1. Données essentielles 11
2.3.2. Durabilité 11
2.3.3. Capacité portante sous charges verticales 12
2.3.4. Contreventement des maçonneries chaînées 13
2.3.5. Utilisation en zones sismiques 14
2.3.6. Levage 14
2.4. Dispositions de mise en œuvre 14
2.4.1. Transport et déchargement 14
2.4.2. Principe général de pose 14
2.4.3. Réalisation des points singuliers 16
2.4.4. Revêtements 19
2.4.5. Etanchéité à l'air 20
2.4.6. Imperméabilité des murs extérieurs 20
2.4.7. Etanchéité à la vapeur d'eau 20
2.4.8. Bardage et mur de parement 20
2.4.9. Mode de fixation des objets lourds 20
2.4.10. Réalisation des ouvrages spécifiques 20
2.5. Traitement en fin de vie 21
2.6. Assistance technique 21
2.6.1. Formation 21
2.6.2. Inspection 21
2.6.3. Assistance 21
2.7. Principes de fabrication et de contrôle de fabrication 21
2.7.1. Description du process de fabrication 21
2.7.2. Marquage 24
2.7.3. Contrôle de fabrication 24
2.8. Mention des justificatifs 24
2.8.1. Résultats Expérimentaux 24
2.8.2. Références chantiers 26

2.9. Annexes du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre 27
Annexe 1 – Essais acoustiques 27
Annexe 2 – Résistance au feu 27
Annexe 3 – Liste de références 29
Annexe 4 : Tableaux et figures du Dossier Technique 30
Annexe 5 – Suivi de la fabrication par tierce partie 45

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre II « 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 a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine. Les zones sismiques acceptées sont les zones 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ». Les conditions d'application en zone sismique sont définies au §2.3.4 et § 2.3.5 du Dossier Technique.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé est destiné à la réalisation de bâtiments à usage courant au sens du DTU 20.1 et dont le nombre de niveaux est limité à R+3.

Les autres limitations résultent de l'application des règles de conception et de calcul données dans le Dossier Technique. Si des exigences incendies sont applicables à l'ouvrage, les conditions sont décrites dans les PV de classement de résistance au feu applicable (Voir Tableau en Annexe du Dossier Technique).

Le procédé vise à la réalisation de murs porteurs ou non porteurs à l'aide de murs préfabriqués de dimensions maximales 3,48 m de haut par 8,80 m de long.

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).

Pour les applications parasismiques :

- les chainages d'angles sont réalisés par des chaînages béton armé coffrés et coulés sur chantier ou bien avec les blocs poteaux Ø12,5 cm ;
- les jonctions entre panneaux sont réalisées par des chaînages béton armé coffrés et coulés sur chantier ou bien avec un joint WEBER 391 tel que décrit dans le Dossier Technique.

Le procédé mur de terre cuite PREFAXIS n'est pas destiné à la réalisation des murs de soubassement, des murs enterrés ou d'acrotères.
Les conditions d'exposition acceptées sont celles prévues :

- Pour les murs isolés à l'intérieur, à des murs de type IIa, IIb ou IV définis au chapitre 3 de la partie 3 de la norme P 10-202 référence NF DTU 20.1 « Guide pour le choix des types de murs de façade en fonction du site »

  Pour les murs isolés par l'extérieur, celles définies par référence à l'Avis Technique du système d'isolation et au document « Conditions générales d'emploi des systèmes d'isolation thermique par l'extérieur faisant l'objet d'un Avis Technique » (cahier du CSTB 1833 de mars 1983) en assimilant le mur de terre cuite PREFAXIS à une maçonnerie traditionnelle de briques de terre cuite.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La stabilité 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 briques creuses traditionnelles en terre cuite, conformément aux prescriptions données dans le Dossier Technique.

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Compte tenu de la nature incombustible des matériaux constitutifs des blocs, du taux de matière organique inférieur à 1% par unité de masse entrant dans leur composition, le procédé ne pose pas de problème particulier du point de vue de la réaction au feu (classement en réaction au feu A1).

Le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie pour le domaine d'emploi visé, dans la limite du domaine de validité des Procès-Verbaux ou appréciations de laboratoire des différents produits et configurations de la gamme.

La liste des Procès-Verbaux de résistance au feu disponibles ainsi que les configurations testées sont présentées en Annexe 2 du Dossier Technique, dans un tableau indiquant pour chaque configuration, la charge, la hauteur d'essai et le classement.

L'attention des concepteurs est attirée sur le fait que le respect des limitations du domaine de validité des appréciations et des Procès-Verbaux de laboratoires peut être dimensionnant lors de la conception de l'ouvrage.

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 à partir des valeurs des résistances thermiques des maçonneries indiquées dans le tableau du paragraphe correspondant de la partie Dossier Technique.

Les valeurs pré-citées ne s'entendent que pour des productions pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérifications décrits dans le Dossier Technique sont effectifs, et attestant d'une masse volumique absolue sèche du tesson inférieure ou égale à 1620 kg/m^3.

1.2.1.4. Isolement Acoustique

Les performances acoustiques du procédé ont été déterminées par essais en laboratoire dont les résultats sont détaillés dans le Dossier Technique.

Celles-ci constituent des données nécessaires à l'examen de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de la réglementation acoustique en vigueur (arrêtés du 30 juin 1999 relatif aux bâtiments d'habitation, du 25 avril 2003 relatif aux hôtels, établissements d'enseignements, et établissements de santé). Trois approches sont utilisables pour cela : Le calcul (selon NF EN 12354-1 à 5 ; objet du logiciel ACOUBAT) ; le référentiel QUALITEL ou les Exemples de Solutions Acoustiques (publié en janvier 2014 par la DHUP).

L'atteinte des performances acoustiques réglementaires entre deux logements avec ce système nécessite notamment la prise en compte des principes suivant :

En Isolation Thermique par l'Intérieur :

- Utilisation de doublages thermo-acoustiques intérieurs
- Appui de plancher sur 2/3 minimum de l'épaisseur de la façade
- Pénétration du mur de refend en béton armé sur 2/3 minimum de l'épaisseur de la façade

En Isolation Thermique par l'Extérieur :

- Appui de plancher (type dalle pleine en béton armé) sur 2/3 minimum de l'épaisseur de la façade
- Pénétration du mur de refend en béton armé sur 2/3 minimum de l'épaisseur de la façade

Pour le choix de matériaux et l'épaisseur minimale des refends et planchers, l'utilisateur se référera aux exemples de Solutions Acoustiques publiées en janvier 2014 par la DHUP.

Des doublages thermo acoustiques doivent être utilisés dans tous les cas pour des refends séparatifs de logement.

1.2.1.5. 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.

1.2.2. Durabilité

La terre cuite constitutive des éléments ne pose pas de problème de durabilité intrinsèque. Les joints polyuréthanne étant protégés des rayonnements ultra-violets par la maçonnerie et par les revêtements extérieur et intérieur associés, et compte tenu des essais de durabilité réalisés sur le procédé, la durabilité d'ensemble des murs est estimée équivalente à celle de murs traditionnels constitués des mêmes types d'éléments.

1.2.3. Impacts environnementaux

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.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le groupe rappelle que le dimensionnement des murs préfabriqués doit être systématiquement réalisé par le titulaire.

Si les murs sont stockés en extérieur plus de deux semaines, ils doivent être correctement protégés des intempéries.

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.

Titulaire : Société PREFAXIS S.A.
228 Rue du Touquet
B-7782 PLOEGSTEERT
Belgique
Tél. : +33 320 07 36 60
E-mail : bernard.cosnier@ploegsteert.fr
Internet : www.prefaxis.com

2.1.2. Identification

Les éléments de terre cuite sont marqués en creux à la production. Le marquage comporte le nom de l'usine, la semaine de fabrication et le numéro de lot.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les murs TERRE CUITE PREFAXIS sont préfabriqués à base d'éléments de terre cuite assemblés, selon un procédé entièrement automatisé, par collage à l'aide d'une colle polyuréthane bi-composant, découpés sur mesure par découpe au jet d'eau et livrés à hauteur d'étage (hauteur maximale 3,75 m ou 3,10 m en cas d'exigence de résistance au feu).

2.2.2. Caractéristiques des matériaux

2.2.2.1. Briques de terre cuite

Les briques de terre cuite présentent un certificat CE d'autocontrôle et d'audit externe de la production (AVCP- 2 +), délivré par le BCCA sous le numéro BC2/202/681/092-00-P-C/02.

De plus, dans le cadre de l'ATG des maçonneries préfabriquées, le BCCA effectue trois audits par ans. Ceux-ci sont testés au laboratoire agréé INISMA, concernant leurs dimensions, masse volumique apparente et absolue et résistance à la compression.

Elément	TB VR 295
Longueur (mm)	298 (T2+)
Largeur (mm)	188 (T2+)
Hauteur (mm)	250 (T2+)
Masse volumique apparente sèche (kg/m^3)	1025 (D2)
Masse volumique absolue sèche (kg/m^3)	1620 (D1)
Résistance moyenne à la compression Rm (MPa)	18

Les murs TERRE CUITE PREFAXIS sont montés en éléments TB VR 295 (épaisseur 188 mm) puis découpés au jet d'eau haute pression pour atteindre les dimensions souhaitées.

2.2.2.2. Composant de joint horizontal

Le jointement horizontal entre les différentes rangées de brique est assuré par une colle polyuréthane bi-composant.

L'épaisseur de ce joint est comprise entre 0,5 et 1 mm.

Cette colle est adaptée au collage de briques de terre cuite. Elle est faiblement visqueuse et présente un temps de durcissement court. Une fois mise en œuvre, elle présente les propriétés suivantes :

Caractéristiques techniques	
Colle polyuréthane bicomposant *réf. ISA-PUR 2607 – fournisseur : Füller Gmbh*	
Dureté	env. 25 Shore D
Densité	env. 0,25 g/cm^3
Température de transition vitreuse (TG)	env. 110 °C

Temps de durcissement à une température minimale de 15°C	24 heures
Plage de température d'utilisation	15 à 25°C
Couleur	jaunâtre

La coupure de l'humidité ascensionnelle est assurée dans le mur TERRE CUITE PREFAXIS par une double couche de colle polyuréthane prévue au-dessus de la première rangée de blocs.

2.2.2.3. Armature de joint horizontal

Afin d'assurer le maintien de l'intégrité du mur lors du levage des murs préfabriqués, et donc la sécurité des opérateurs sur chantiers, des bandes en fibres de carbones et fibres de verres sont intégrés au sein même de la paroi.

Caractéristiques techniques	
Armature joint horizontal *réf. 7021/28 – fournisseur : Eurocarbon*	
Résistance à la traction	4900 MPa
Module d'élasticité	230 GPa

Chaque mur livré devra faire l'objet d'un dimensionnement vis-à-vis du levage par le bureau d'études PREFAXIS SA afin de vérifier la tenue du mur lors du levage ainsi que le nombre de point d'ancrage nécessaires.

2.2.2.4. Mortier d'assise

Le mortier d'assise est le mortier Omnifix NIVO dont les performances techniques sont décrites dans le tableau ci-dessous, il sera placé au montage entre les cales de correction de niveau définies au § 2.2.3.2.3. Le mur est donc posé « à plein bain » de mortier, le mortier d'assise aura une épaisseur de 30 mm maximum.

La coupure de capillarité est assurée par la double couche de colle PU située entre le 1er et le 2ème lit de blocs (cf. Essai CSTC 240220112-DE621xB333).

Caractéristiques techniques	
Mortier d'assise *réf. Omnifix NIVO – fournisseur : Omnicol*	
Classe de réaction au feu (EN 998-2)	A1
Résistance à la compression (N/mm^2) (EN 1015-11)	20
Masse volumique (kg/m^3) (EN 1015-10)	>2000
Résistance à la flexion (N/mm^2)	≥ 5
Taux de gâchage avec de l'eau courante propre	2,6 litres d'eau/25kg

2.2.2.5. Mortier de remplissage

Mortier Weber 391

Caractéristiques techniques	
Mortier de remplissage *réf. Webermix-MC91 – fournisseur WEBER*	
Classe de réaction au feu (EN 998-2)	A1
Résistance à la Compression (N/mm^2) (EN 1015-11)	22
Masse volumique (kg/m^3) (EN 1015-10)	>2020
Adhérence (N/mm^2)	0,6
Résistance à la flexion (N/mm^2)	≥ 6.1
Taux de gâchage avec de l'eau courante propre	4 à 5 litres d'eau/25kg

Mortier Omnifix PVM (Hors applications parasismiques)

Hors applications parasismiques, le remplissage des joints verticaux entre deux murs préfabriqués PREFAXIS SA est effectué via l'application du mortier de remplissage Omnifix PVM.

Caractéristiques techniques	
Mortier de remplissage *réf. Omnifix PVM – fournisseur : Omnicol*	
Classe de réaction au feu (EN 998-2)	A1
Résistance à la compression (N/mm^2) (EN 1015-11)	15
Masse volumique (kg/m^3) (EN 1015-10)	>2000
Adhérence (N/mm^2)	0,6
Résistance à la flexion (N/mm^2)	≥ 4,5
Taux de gâchage avec de l'eau courante propre	4,8 à 5,5 litres d'eau/25kg

2.2.2.6. Colle de réparation polyuréthane

Sous réserve de l'accord préalable du responsable technique de PREFAXIS SA §A, la réparation d'un élément de maçonnerie est réalisable sur chantier grâce à la colle PU700 d'Illbruck, dont les performances techniques sont les suivantes :

Caractéristiques techniques	
Colle polyuréthane *réf. PU700 – fournisseur : Illbruck*	
Température de mise en œuvre	T ambiante +5°C à +35°C, Aérosol +10°C à +30°C
Résistance à la température	Longue durée -40°C à +90°C
Résistance à la traction	10 N/mm^2

La colle ne doit pas être appliquée sur un support couvert de givre, de neige ou de glace.

2.2.3. Accessoires pour la mise en place

2.2.3.1. Accessoires de levage

Les briques de terre cuite TB-VR sont des briques à tenon et mortaise. Leur disposition au sein des murs est étudiée de telle façon qu'il est possible d'insérer des ancres de levage en acier de 10 mm de diamètre au sein des alvéoles centrales des briques.

Des broches de levage métallique de 28 mm de diamètres s'insèrent, en pied de mur, dans la boucle de l'ancre de levage et reprennent ainsi l'ensemble des charges. Les broches comportent des goupilles de sécurité permettant une extraction aisée des broches à partir de l'intérieur du bâtiment, suite à la pose du mur.

L'emplacement et le nombre des ancres et broches de levage est déterminé, en phase conception, par le bureau d'études PREFAXIS SA conformément à la règle de calcul définie dans le paragraphe « Conception ».

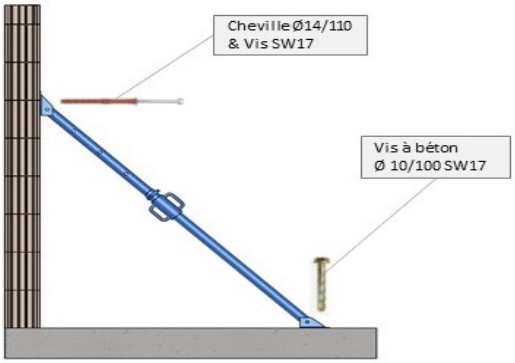
L'ensemble des accessoires de levage est fourni par PREFAXIS SA. Ils sont retournés par les entreprises clientes en fin de chantier. Leur état est alors évalué avant toutes nouvelles utilisations sur un autre chantier de construction.

2.2.3.2. Accessoires de pose

2.2.3.2.1. Étais fixation par chevilles plastiques d'ancrage

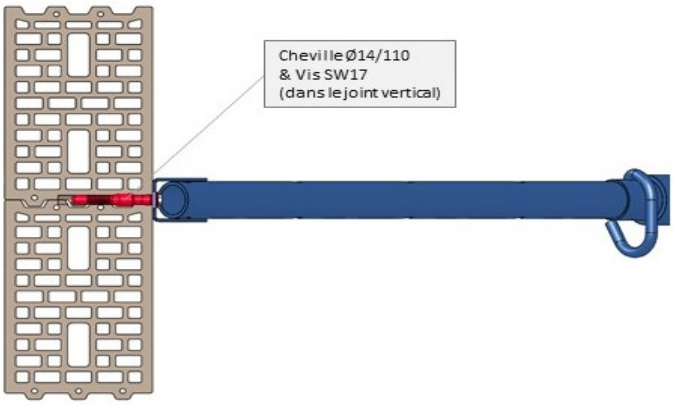
Les murs sont fixés après la pose au moyen d'étais tirant poussant. Le point d'ancrage au mur se situe à environ 2/3 de la hauteur du mur.

Figure 1 : Etais tirant poussant



Les ancrages sont réalisés grâce à des chevilles appropriées pour les blocs en matériaux creux (Par exemple, cheville Wurth 14/110).

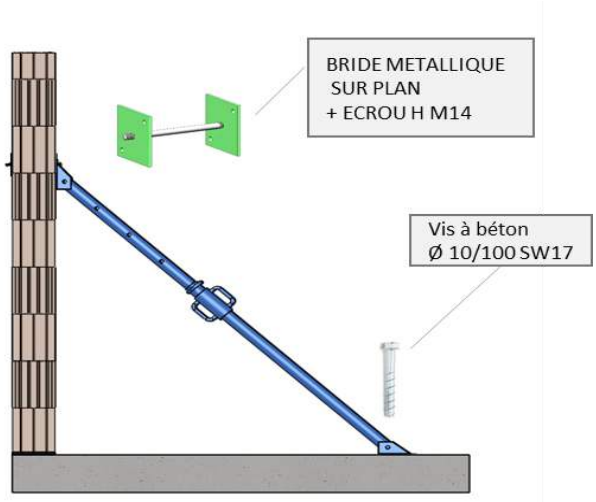
Figure 2 : Chevilles d'ancrage



2.2.3.2.2. Etais fixation par brides métalliques

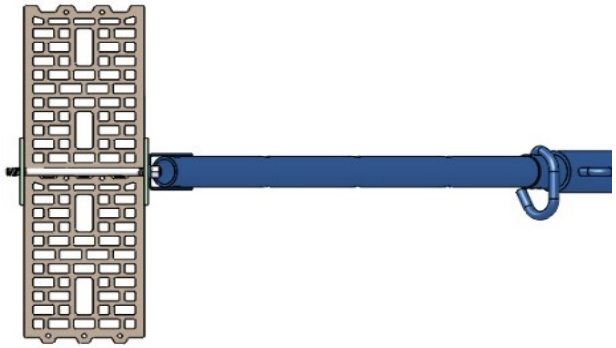
Les murs sont fixés après la pose au moyen d'étais tirant poussant. Le point d'ancrage au mur se situe à environ 2/3 de la hauteur du mur.

Figure 3 : Etais tirant poussant



Les ancrages sont réalisés grâce à des brides métalliques spécifiques sur plan fournies par PREFAXIS SA.

Figure 4 : Chevilles d'ancrage



2.2.3.2.3. Cales d'épaisseur de joint d'assise

Des cales d'épaisseur sont requises pour faciliter l'application d'une couche de mortier d'assise strictement supérieure ou égale à 2 cm et strictement inférieure ou égale à 3 cm.

Caractéristiques techniques	
Cales d'épaisseur – fournisseur : Technique Béton	
Dimension	70 mm x 70 mm
Epaisseur	Suivant la planéité de la dalle
Résistance à l'écrasement	20 MPa
Module d'élasticité	3061 N/mm²

Celles-ci doivent présenter un module de fluage supérieur à celui du mortier d'assise. De même, l'épaisseur de la couche de mortier d'assise frais doit dépasser en tout point celle des cales.

La compatibilité des cales envisagées avec les dispositions du présent document doit être vérifiée par le titulaire au démarrage de chaque chantier.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Données essentielles

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

Epaisseur de la maçonnerie	t	0,188 m
résistance caractéristique de la maçonnerie	f_k *(MPa)*	7,3
résistance initiale au cisaillement	f_{vk0} *(MPa)*	0,36
Résistance à flexion horizontale	f_{xk1} *(MPa)*	0,66
Résistance à flexion verticale	f_{xk2} *(MPa)*	0,39
Module d'élasticité de la maçonnerie	*E(MPa)*	4200
section minimale des armatures de chaînage		3,14 cm²
Section du béton de chaînage (cm²)	A_c	121
joints verticaux		secs
coefficient partiel de sécurité sur la résistance en compression de la maçonnerie	γ_M	3,09 (phase définitive) 2,5 (phase travaux)
coefficient partiel de sécurité sur la résistance du béton des chaînages	γ_C	1,5

2.3.2. Durabilité

Afin de proposer une estimation de la durabilité du procédé de montage par joints de colle PU, on s'appuiera donc sur les normes suivantes issues du corpus de norme ISO 15686.

- NF ISO 15686-1 (juillet 2011) : Bâtiments et biens immobiliers construits - Conception prenant en compte la durée de vie - Partie 1 : principes généraux et cadre (Indice de classement : P00-004-1)

- NF ISO 15686-2 (août 2012) : Bâtiments et biens immobiliers construits - Conception prenant en compte la durée de vie - Partie 2 : procédures pour la prévision de la durée de vie (Indice de classement : P00-004-2)

Afin d'intégrer la durabilité du procédé dans le dimensionnement, deux approches sont adoptées et cumulées de manière conservative :

1. D'après le §4.1 de la NF ISO 15686-2 [3], on propose d'opérer une « interpolation/extrapolation à l'aide de données relatives à des composants similaires » *cf. Report prospect for new guidance in the design of FRP Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes (2016) JRC*

2. D'après la NOTE du § A.2.4.1 de la NF ISO 15686-2 [3], on propose de « comparer les performances relatives de plusieurs composants qui ont été soumis à l'essai de manière similaire. » *cf. Essai de vieillissement accéléré rapport N° EEM_19_26078237_V3 du CSTB*

L'établissement du coefficient de conversion η (êta) prenant en compte la durabilité de l'adhésion entre colle PU et Brique de terre cuite est effectué par analogie avec le matériau plastique renforcé de fibres à partir du guide JRC, soit :

$\eta = \eta_t \times \eta_m$

Avec :

- η_t facteur de conversion pour les effets de la température = 0,9
- η_m facteur de conversion pour les effets de l'humidité = 0,9 (avec procédé de cure)

On retient donc comme facteur de conversion pour la prise en compte de la durabilité de l'interface entre joint de colle PU et briques de maçonnerie : η = 0,81 avec procédé de cure, le procédé de fabrication PREFAXIS intègre un temps de cure de 24h. Les résultats d'essais à la rupture du joint montrent que la colle PU présente un comportement au minimum équivalent, voire plus favorable que le mortier vis-à-vis des essais en vieillissement accéléré, tant du point de vue de la résistance que de la rigidité de l'assemblage.

L'estimation de la durabilité du procédé maçonnerie montée à joints de colle PU bi-composants a été menée par cumul de deux approches :

- Établissement d'un facteur de conversion η prenant en compte les effets du vieillissement
- Comparaison avec le comportement d'éprouvettes à joints de mortier (à coefficient partiel de sécurité γm égal et intégrant les effets du vieillissement) « cf. Essai de vieillissement accéléré rapport N° EEM_19_26078237_V3 du CSTB : les résultats d'essais à la rupture du joint montrent que la colle PU présente un comportement au minimum équivalent, voire plus favorable que le mortier vis-à-vis des essais en vieillissement accéléré, tant du point de vue de la résistance que de la rigidité de l'assemblage ».

On rappelle en conclusion que ces deux approches sont normalement exclusives (d'après l'alinéa (2) du §6.3.3 de l'EC0). Le cumul de ces approches constitue donc un redoublement du conservatisme dans la prise en compte de la durabilité du procédé de maçonnerie montée à joints de colle PU.

Afin de tenir compte des effets de vieillissement des matériaux utilisés dans le procédé PREFAXIS, le coefficient partiel de sécurité sur la résistance de la maçonnerie est défini égal à γm = 3,09.

Lorsqu'il s'agira de justifier la résistance des murs lors des phases de travaux (levage, pose, étaiement, …), on pourra employer la valeur de γm = 2,5 dans la mesure où ces phases sont de courte durée.

2.3.3. 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 MN/m et donnée par l'expression suivante :

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

Avec :

- f_k *:* résistance caractéristique de la maçonnerie, exprimée en MPa (voir tableau au §2.3.1) ;
- γ_M : coefficient partiel de sécurité sur la résistance de la maçonnerie (voir tableau au §2.3.1) ;
- t : épaisseur de la maçonnerie, exprimée en mètres ;
- Φ : coefficient de réduction pour tenir compte de l'élancement du mur, l'excentricité des charges verticales appliquées et l'effet de fluage.

2.3.3.1. Effets de l'élancement et de l'excentricité des charges

Les valeurs de Φ peuvent être calculées de deux façons :

- Méthode standard : Calcul suivant NF EN 1996-1-1, § 6.1
- Méthode simplifiée : Si on respecte les prescriptions des règles NF EN 1996-3, § 4.2 et les hypothèses ci-dessous :
  - Elancement des murs <20
  - Portée du plancher ≤6m
  - Hauteur libre d'un étage ≤3m

  (On note que seule l'épaisseur 188 mm respecte la condition d'épaisseur minimale préconisée par les règles NF EN 1996-3, § 4.2)

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

Facteur de réduction Φ_s (Méthode simplifiée)	Épaisseur du mur (m)
	0.188
Murs intermédiaires	0,57
Murs servant d'appui en rive aux planchers	0,55
Murs de niveau le plus élevé	0,4

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_{fi} doit être inférieure ou égale à la valeur de la charge maximale indiquée dans le PV de classement. On prendra par défaut η_{fi}=0,7. En outre, la hauteur maximale du mur est limitée à la valeur indiquée dans ce Procès-Verbal.

2.3.4. Contreventement des maçonneries chaînées

Conformément aux prescriptions du cahier CSTB n°3719 d'octobre 2012, La justification de l'aptitude du mur à assurer sa fonction de contreventement passe par les deux vérifications suivantes :

1-Vérification de la zone comprimée

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

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

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, et donnée dans le tableau ci-après en fonction de la longueur du mur et du rapport $V_{ed}/(l.N_{ed})$:

		Longueur du mur (m)					
		1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5.00
$V_{ed}/(l.N_{ed})$	0	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00
	0,1	1,47	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00
	0,2	0,94	1,53	2,22	2,94	4,00	5,00
	0,3	0,69	1,08	1,62	2,26	3,68	5,00
	0,4	0,58	0,85	1,22	1,71	2,98	4,41

Pour des valeurs du rapport $V_{ed}/(l.N_{ed})$ comprises entre deux lignes du tableau ci-dessus ou pour des longueurs de 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-Vérification de non-cisaillement

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 N et donnée par l'expression suivante :

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

Avec :

- f_{vk} : résistance caractéristique en cisaillement de la maçonnerie, exprimée en MPa.
- f_{cvk} : résistance caractéristique en cisaillement du béton des chaînage, exprimée en MPa.
- A_c : section du béton de chaînage vertical, exprimé en mm^2.
- *l :* longueur de l'ouvrage de maçonnerie entre chainages.

La résistance caractéristique au cisaillement de la maçonnerie, f_{vk} , est évaluée à l'aide de l'expression suivante :

$$f_{vk} = 0{,}5.f_{vk0} + 0.4.\frac{N_{Ed}}{t} \leq 0.045.f_b$$

Avec :

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

Les murs étant 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 $h.\frac{l_b}{2.h_b}$, h étant la hauteur du mur, et lb et hb étant respectivement la longueur et la hauteur de l'élément de maçonnerie.

Ils doivent présenter des armatures de chaînages verticaux et horizontaux de section 2 cm² minimum.

De plus, les murs montés à l'aide du procédé peuvent être utilisés pour le contreventement des bâtiments moyennant le respect de l'ensemble des prescriptions suivantes :

- Ils doivent être bordés par des chaînages verticaux continus de plancher à plancher, avec recouvrement d'un étage à l'autre ;
- Ils doivent être munis de chaînages horizontaux continus disposés au niveau de chaque plancher ;
- Leur longueur doit être supérieure ou égale à 1,40 mètres ;
- Ils doivent présenter des armatures de chaînages verticaux et horizontaux de section 4Φ10 minimum.

2.3.5. Utilisation en zones sismiques

Les vérifications au contreventement sont à mener selon le modèle donné au § 2.3.4 ci-avant, en considérant :

- Un coefficient de comportement q de 2,5 pour les ouvrages dont les chainages d'angles et les jonctions entre panneaux sont réalisés par des chainages béton armé coffrés et coulés sur chantier ;
- Un coefficient de comportement q de 2,5 pour les ouvrages avec chainages d'angles réalisés avec des blocs poteaux Ø12.5 cm et avec jonctions entre panneaux réalisées avec un joint WEBER 391 tel que décrit dans le Dossier Technique.
- Un coefficient partiel de sécurité sur la résistance de la maçonnerie égal à 2/3 γ_M, sans être inférieur à 1,5 ;
- Un coefficient partiel de sécurité sur la résistance de l'acier γ_S égal à 1.

Pour les applications parasismiques :

- les chainages d'angles sont réalisés par des chainages béton armé coffrés et coulés sur chantier ou bien avec les blocs poteaux Ø12,5 cm intégrés aux murs de terre cuite PREFAXIS à la fabrication ;
- les jonctions entre panneaux sont réalisées par des chainages béton armé coffrés et coulés sur chantier ou bien avec un joint WEBER 391 tel que décrit dans le Dossier Technique.

2.3.6. Levage

Le nombre de points de levage doit être dimensionné au cas par cas par le BET PREFAXIS SA.

Le BET PREFAXIS doit examiner les moyens de levage prévu sur les chantiers et les valider avant expédition des murs (au-delà de 4 points de levage).

2.4. Dispositions de mise en œuvre

La mise en œuvre ne pose pas de problème particulier moyennant l'application des méthodes décrites ci-dessous. Le titulaire du présent Avis Technique est tenu d'apporter son assistance technique aux entreprises découvrant le procédé et désireuses de mettre en œuvre le procédé visé, notamment à chaque démarrage de chantier.

Les entreprises de pose doivent être agréées par PREFAXIS SA et l'agrément doit porter sur le levage spécifiquement.

2.4.1. Transport et déchargement

2.4.1.1. Transport

Les murs sont transportés sur des racks spéciaux. Ils sont immobilisés verticalement entre des griffes réglables, séparés par des lattes de bois, et maintenus entre eux par des ancrages métalliques en « U ». La masse compacte du rack ainsi formée est en outre immobilisée et serrée entre les pinces à vérins dont sont équipées les remorques.

2.4.1.2. Déchargement

Un espace minimal de déchargement de 20 m de long x 3 m de large, horizontal, stable et plat est à prévoir sur le chantier.

La disposition des murs au sein d'un rack est étudiée de manière à pouvoir les décharger dans l'ordre de montage.

Les murs produits sont expédiés sous 8 jours sur le chantier. Leur pose intervient alors sous deux semaines. Si pour une raison quelconque, la pose des murs doit être reportée, ceux-ci seront bâchés pour les protéger des intempéries.

2.4.2. Principe général de pose

2.4.2.1. Préparation du support

Afin d'assurer une pose conforme aux exigences du demandeur, il est fortement conseillé de tracer au sol le positionnement des murs avant d'entamer la pose. Par ailleurs, la planéité de la dalle rapportée à la règle de 2 mètres doit être de 15 mm, ce qui correspond à la planéité « brut de règle » (DTU 21).

2.4.2.2. Levage d'un mur

Le système intégré de levage est ainsi conçu que les efforts sont repris à la base des panneaux, sur les broches de levage. Toutes les boucles prévues pour le levage doivent être utilisées pour soulever un mur.

Le levage est réalisé uniquement avec les murs positionnés verticalement.

Les prescriptions de sécurité spécifiques suivantes sont obligatoires pendant le levage des murs :

- Vérifier la bonne position des broches et la présence des goupilles de sécurité avant le levage.
- Les ancres de levage dans les murs ne peuvent pas être déformées selon un angle plus grand que 20° à la sortie du mur. Pour éviter cette déformation il faut préserver une longueur totale du crochet de grue à la boucle de levage égale ou supérieure à 1.5 fois la longueur du mur. Si cela n'est pas réalisable il faut utiliser un palonnier. La société PREFAXIS SA offre la possibilité aux clients qui le souhaitent, la location ou l'achat d'un palonnier construit spécifiquement sur plan et parfaitement adapté au levage des murs de terre cuite PREFAXIS (cf. photo ci-après).

Figure 5 : Levage au palonnier spécifique

- Les organes de levage utilisés sont des élingues textiles qui passent à travers les anneaux/manilles de la chaîne multibrins vers les ancres de levage du mur. Prévoir des boucles assez grandes pour que les élingues textiles puissent facilement glisser dans les anneaux/manilles et pour que les longueurs vers les ancres de levage puissent s'adapter au moment de levage ou utiliser des élingues câbles et des têtes d'équilibrage (poulies de mouflage) suspendues au crochet de la grue (cf. 2 photos ci-dessous).

IMPORTANT : Il faut toujours contrôler que toutes les boucles de levage du mur soient sous tension.

Dans les cas de nombre de points de levage impair, il est impératif de mettre en tension le brin du milieu de mur en utilisant un palan à chaine.

Figure 6 : Equilibrage des élingues par poulies

Figure 7 : Poulie de mouflage

2.4.2.3. Pose d'un mur

Les murs sont posés successivement à leur emplacement, en s'aidant des tracés au sol préalablement réalisés selon le plan de montage fourni par PREFAXIS SA. Les murs sont facilement identifiables par les opérateurs grâce au numéro d'identification unique inscrit en partie basse de chaque élément. La pose s'effectue toujours sur un support préalablement recouvert de mortier à d'assise.

Des étais tirant poussant maintiennent les murs jusqu'à la prise complète du mortier d'arase et/ou des joint verticaux, le cas échéant. La tenue des murs doit ainsi être parfaitement assurée avant la libération des moyens de levage par la grue.

La verticalité du mur est réglée à l'aide des étais tirant poussant, selon les tolérances suivantes :

Tolérances des murs posés et composés	
Tolérance verticale par mur d'étage	8 mm
Superposition	≤ 20 mm
Tolérance la plus grande sur la longueur et la hauteur	≤5 mm

2.4.2.4. Manuel de montage

Il convient de se référer au mode opératoire « manuel de montage » fourni par PREFAXIS SA au cours de la formation préalable au lancement d'un chantier pour s'assurer du respect des consignes de levage et de pose.

2.4.3. Réalisation des points singuliers

Quel que soit l'assemblage réalisé, les zones de jointement de deux murs préfabriqués doivent être dépoussiérées et impérativement humidifiées au préalable pour assurer une adhérence optimale des mortiers.

Figure 8 : « Bec » de collage des joints verticaux

2.4.3.1. Jonction façade-façade (angles rentrant et sortant) avec poteau d'angle

2.4.3.1.1. Cas a (applications parasismiques) : Chaînage d'angle coulé après la pose des murs TERRE CUITE PREFAXIS

Le poteau d'angle en béton est coulé sur place après positionnement des murs TERRE CUITE PREFAXIS.

2.4.3.1.2. Cas b (hors applications parasismiques) : Chaînage d'angle coulé préalablement à la pose des murs TERRE CUITE PREFAXIS

Les poteaux d'angles en béton sont coulés avant la pose des murs.

Avant fabrication des murs, la prise de mesure sur chantier entre deux poteaux par le client est obligatoire : l'entrepreneur est tenu de mesurer sur chantier chaque intervalle entre poteaux de sorte à réserver entre le poteau et le mur TERRE CUITE PREFAXIS un joint de 15 à 30 mm maximum.

Ces mesures sont alors indiquées sur les plans et envoyées à PREFAXIS SA, qui en prend compte pour la fabrication des murs.

Le joint sera ensuite comblé au mortier colle Omnifix PVM.

2.4.3.1.3. Cas c (applications parasismiques) : Chaînages verticaux Ø125 mm intégrés dans les MURS TERRE CUITE PREFAXIS (largeur 188 mm uniquement)

Les blocs poteaux Ø12,5 cm sont intégrés à la fabrication des murs dans l'usine PREFAXIS SA, ils peuvent se situer aux extrémités ou en plein mur.

L'entrepreneur indique sur les plans les emplacements et nombre exacts de poteaux prévus pour le projet et les envoie à PREFAXIS SA, qui en tient compte pour la fabrication des murs.

La section des poteaux intégrés au MUR TERRE CUITE PREFAXIS est circulaire de Ø12,5 cm prévue pour recevoir du béton de classe de résistance C25/30 minimale et 4 armatures Ø10 cadre 8 x 8 cm maxi.

Les poteaux de chaînages verticaux sont coulés après la pose des murs.

2.4.3.2. Jonction de deux murs dans le même plan

Hors applications parasismiques, le jointoiement de deux murs dans le prolongement l'un de l'autre peut être réalisé par injection de mortier colle Omnifix PVM (hors applications parasismiques). Le mortier injecté dans les joints verticaux présente une épaisseur de 15 à 30 mm. Le mortier injecté est lissé manuellement.

Pour les applications parasismiques, les jonctions entre panneaux sont réalisées par des chaînages béton armé coffrés et coulés sur chantier (on prendra alors en compte un coefficient de comportement q=2,5 pour le dimensionnement) ou avec un joint Weber 391 (on prendra également en compte un coefficient de comportement q=2,5 pour le dimensionnement).

Les distances minimales entre joints de dilatation sont conformes aux préconisations du DTU 20.1, Partie 4.

2.4.3.3. Jonction façade-refend

Hors applications parasismiques les jonctions façade-refend peuvent être réalisées de 3 manières :

- Des blocs de chaînages verticaux intégrés à la fabrication des murs sont croisés dans le mur de façade et un poteau est intégré en about du mur de refend en intercalant une bande d'isolant visant à améliorer les performances thermiques de

l'ouvrage dans le cas de locaux chauffés et isolés par l'intérieur (ITI). Ces deux chaînages verticaux sont liés entre eux par les chaînages horizontaux en pied et en tête du niveau (cf. Figure 21 et Figure 22).

- Par coulage du refend directement en contact avec le mur (locaux non chauffés ou isolés par l'extérieur-ITE ; cf. Figure 23).
- Par montage du refend en maçonnerie en laissant un espace dans lequel on injectera un mortier colle Omnifix PVM ou Weber-mix MC391 (locaux non chauffés ou ITE ; cf. Figure 24).

Pour les applications parasismiques, les jonctions façade-refends sont réalisées par des chaînages béton armé coffrés et coulés sur chantier.

2.4.3.4. Jonction avec les planchers

Dans le cas des murs TERRE CUITE PREFAXIS de 188 mm, des planelles de rive peuvent être utilisées pour coffre le chaînage de rive de plancher.

Ces planelles sont soit conformes au DTU 20.1 soit couvertes par un Avis Technique en cours de validité.

Les hauteurs des planelles sont à adapter en fonction des épaisseurs de plancher.

Pour les applications parasismiques, les planelles doivent permettre de mettre en place un appui de plancher de 150 mm en zone sismique.

La pose des planelles commence dans un angle de mur :

- couper 2 extrémités de planelle de rive à 45°,
- les mettre en place sur un lit de mortier traditionnel ou mortier colle,
- continuer la rangée sur tout le pourtour du plancher,
- veiller à bien attendre la prise du mortier traditionnel ou mortier colle pour couler le plancher.

2.4.3.5. Réalisation des ouvertures

Important : Les murs préfabriqués visés dans le cadre du présent Avis Technique ne comportent pas d'ouverture. Dans le cas d'un mur avec ouverture, il convient de décomposer ce mur en trois éléments pleins distincts.

2.4.3.5.1. Intégration de linteaux et CVR

Ils peuvent être réalisés soit à l'aide des briques U de chaînage (cf. Figure 13, repère 12) et conformément au DTU 20.1 ou de linteaux préfabriqués intégrés à la fabrication des murs PREFAXIS SA dans l'usine ou à poser sur chantier (cf. Figure 13, repère 5).

Le cas particulier des ½ coffres et coffres de volets roulants ne dispense en aucun cas la réalisation des linteaux.

Des prédécoupes peuvent être effectuées à la fabrication en usine pour faciliter la pose dans les MURS TERRE CUITE PREFAXIS.

Le ½ coffre de volet roulant est mis en place sur un lit de mortier traditionnel positionné sur les jambages de l'ouverture, en respectant une largeur d'appui de 8 à 10 cm depuis le tableau fini.

La solidarisation au gros œuvre se fait en bloquant les joues au mortier traditionnel ép. Mini 3 cm.

La mise en œuvre sera conforme aux prescriptions des Avis Techniques.

Les enduits sont appliqués sur support humide et dans tous les cas, obligatoirement renforcés par incorporation d'un treillis conformément aux règles du DTU 26-1 ou 20-1.

Le treillis a pour fonction d'armer l'enduit ; il doit donc se trouver intégré dans l'épaisseur de celui-ci et non pas plaqué sur les supports.

2.4.3.5.2. Jonction maçonnerie – baies

Les menuiseries seront posées en applique sur la face interne des murs MUR TERRE CUITE PREFAXIS préalablement revêtus d'un enduit de lissage. Comme dans le cas d'une maçonnerie de terre cuite traditionnelle collée ou exécutée au mortier, la fixation de la menuiserie se fera au moyen de chevilles adaptées aux corps creux et les mêmes moyens d'étanchéification seront prévus. Le tout sera réalisé conformément aux préconisations du DTU 36.5 et du DTU 20.1.

2.4.3.5.3. Intégration des appuis de baies

Les caractéristiques géométriques de l'appui ainsi que sa mise en œuvre doivent respecter les spécifications du DTU 20.1. L'appui est posé sur un lit de mortier.

Des prédécoupes sur mesures fournies par l'entrepreneur sont possibles à la fabrication en usine des murs.

Après l'enduisage, en cas d'absence de rejingots latéraux, un joint au mastic entre l'enduit et la surface de l'appui sera réalisé. La continuité de l'isolation thermique intérieure (ITI) sera assurée en laissant remonter l'isolation intérieure derrière l'appui.

2.4.3.5.4. Intégration des poutres béton armé

PREFAXIS SA fabrique dans l'usine des poutres béton armé sur mesure avec face avant extérieure en brique permettant l'homogénéité du matériau de façade.

Le béton entrant dans la composition des poutres est de classe C25/30 minimale, les armatures sont dimensionnées par le BE de l'entrepreneur. PREFAXIS SA tient compte des dimensions et armatures pour fabriquer les poutres BA.

Les poutres BA peuvent être intégrées aux murs à la fabrication des murs en usine ou être posées sur chantier.

2.4.3.6. Jonction mur – charpente

Le chaînage est réalisé soit avec des briques U de chaînage ou du béton coffré avec des planelles côté extérieur du mur, conformément aux dispositions du DTU 20.1.

Le chaînage des rampants et pointe de pignons peut être préfabriqué dans l'usine PREFAXIS SA, des interruptions de coulage avec armatures dépassantes sont prévues pour la jonction avec les autres chaînages de l'ouvrage, béton de clavetage à effectuer sur chantier après la pose des murs PREFAXIS SA.

Les pignons peuvent être en une ou plusieurs parties, livrées avec armatures dépassantes à claveter après pose des murs.

Les armatures sont 2 Ø10 ou dimensionnées sur-mesure par le BE de l'entrepreneur, le béton est de classe de résistance C25/30 minimale.

Dans le cas de poteaux verticaux intégrés aux pignons (murs de 188 mm), l'entrepreneur effectue le coulage du béton armé des clavetages des rampants-pignons et des poteaux en une seule opération. Les poteaux peuvent se situer au centre du pignon, ou en plein mur.

PREFAXIS SA fabrique en usine avec le même procédé des chaînages horizontaux en tête de mur, les armatures sont 2Ø10 ou sur mesure dimensionnées par le BE de l'entrepreneur, des interruptions de coulage avec armatures dépassantes sont prévues pour la jonction avec les autres chaînages de l'ouvrage, béton de clavetage à effectuer sur chantier après la pose des murs PREFAXIS SA. Voir figure 29.

2.4.3.7. Réalisation d'acrotère

2.4.3.7.1. Réalisation d'acrotère en béton avec habillage en terre cuite

L'habillage extérieur des acrotères bas (ceux dont la hauteur au-dessus de la protection d'étanchéité ne dépasse pas 300 mm au sens du DTU 20.12) en béton est possible avec des planelles en terre cuite du commerce. Les planelles assemblées au mortier-colle servent de coffrage lors du coulage de l'acrotère. Celles-ci doivent être maintenues au moment de couler le béton par un coffrage extérieur.

2.4.3.7.2. Réalisation d'acrotère en béton en briques à bancher en terre cuite

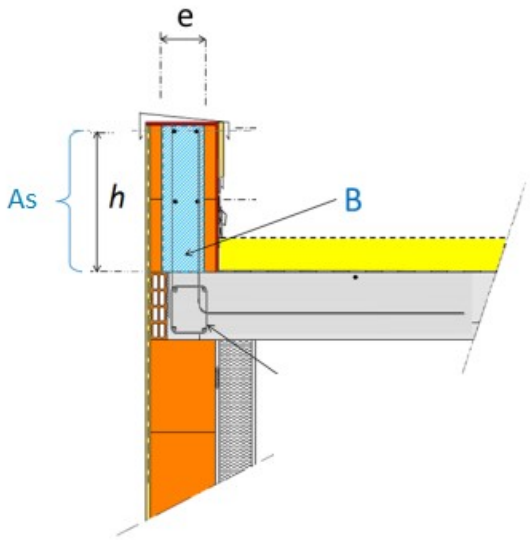
Les briques à bancher sous Avis Technique en cours de validité sont destinées à la réalisation d'acrotères hauts ou bas, posés à joints minces. Ce procédé peut être utilisé pour les bâtiments d'habitation et les bâtiments tertiaires, situés à une altitude inférieure à 900 m. Les toitures terrasse accessibles visées sont limitées à une circulation piétonne. La hauteur maximale de l'acrotère est de 1,30 m, comptée à partir de la face supérieure du plancher-terrasse (complexe isolant et protection sur étanchéité compris).

Les sections d'armatures doivent être calculées conformément au Document Technique d'Application n° 16/14-701_V2.

Armatures verticales

Les armatures verticales couvrant le domaine d'emploi y sont définies de manière forfaitaire : 2HA10 en vis-à-vis par alvéole (soit 4×2HA10 par mètre linéaire d'acrotère).

Armatures horizontales des acrotères bas



Les armatures horizontales des acrotères-bas sont calculées avec la formule suivante :

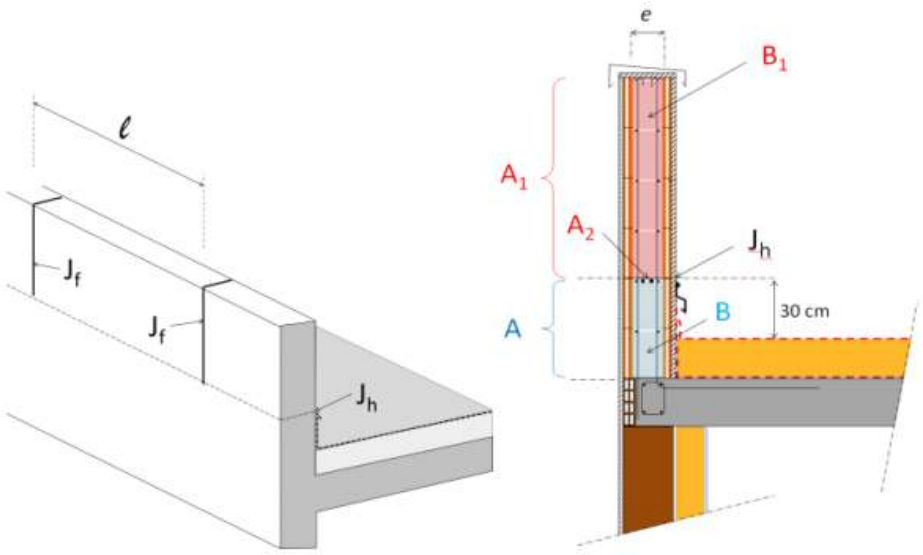
$$As = 0{,}50\times B/100 = 0{,}50\times (h \times e)/100$$

avec :

- B = section de béton ;
- h = hauteur d'acrotère bas ;
- e = épaisseur du noyau de béton de remplissage.

L'espacement entre barres voisines est inférieur à 25 cm ou 2,5e, avec e l'épaisseur du noyau de béton de remplissage.

Armatures horizontales des acrotères-hauts



Les armatures horizontales des acrotères-hauts se décomposent en 3 sections principales :

- A : section d'armatures de partie basse, calculée comme les armatures d'acrotère bas (0,50 × B /100)
- A1 : section d'armatures de partie haute, calculée avec les formules suivantes :

$$A1 = 0{,}25 \times B1/100 \text{ si } l \leq 6 \text{ m}$$

$$A1 = 0{,}50 \times B1/100 \text{ si } 6 \text{ m} < l \leq 12 \text{ m}$$

  - A2 : section d'armatures de renforcement à disposer sous le joint horizontal J_h, A2 égale à A1.

avec :

- B : section verticale de béton en partie basse ;
- B1 : section de béton en partie haute ;
- l : espacement des joints de dilatation.

Dans ce cas également, l'espacement entre barres voisines est inférieur à 25 cm ou 2,5e, avec e l'épaisseur du noyau de béton de remplissage.

Exemple de calcul

Hypothèses de calcul :

- Acrotère haut réalisé à partir de 5 niveaux de briques, comprenant :
  - une partie basse composée de 2 niveaux de briques ;
  - une partie haute composée de 3 niveaux de briques.
- briques : h = 24.9 cm / e = 15 cm ;
- espacement des joints de dilatation ≤ 6 mètres ;

On a donc :

A = 0,50 × ((2 × 24,9) × 15) /100= 3,74 cm² soit 4HA12 correspondant à 2HA12 par gorge

A1 = 0,25/100 × 3 × (24,9 × 15) = 2,80 cm² soit 6HA8 correspondant à 2HA8 par gorge

A2 = A1 = 2,80 cm² soit 2HA14 supplémentaires dans la gorge du deuxième niveau de briques sous le joint horizontal (soit au total 2HA12 et 2HA14).

Important : les acrotères hauts non isolés en briques à bancher sur un support en maçonnerie ne sont acceptés que moyennant les prescriptions suivantes :

- Mise en œuvre d'un enduit armé sur toutes les faces de l'acrotère (faces latérales et hautes) ;
- Cet enduit doit être de classe d'absorption d'eau par capillarité Wc2 au sens de la norme NF EN 998-1 ;
- Mise en œuvre d'un chaînage vertical tous les 2,50 m au dernier niveau de la maçonnerie sous-jacente.

2.4.4. Revêtements

2.4.4.1. Revêtements intérieurs

Dans le cas d'une isolation par l'intérieur, complexe de doublage plaque de plâtre-isolant selon DTU 25.42 ou doublage sur ossature selon DTU 25.41.

Dans le cas d'une isolation par l'extérieur, enduit traditionnel au plâtre projeté selon DTU 25.41, plaques de plâtre collées suivant DTU 25.41, mortier d'enduit monocouche OC2 ou OC1 au sens du 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.

2.4.4.2. Revêtements extérieurs

Dans le cas d'une isolation par l'intérieur, mortier d'enduit monocouche OC2 ou OC1 au sens de la norme NF EN 998-1, ou mortier d'enduit d'usage courant GP au sens de la norme NF EN 998-1 de classe maximale CSIII. Un renfort d'enduit est appliqué sur les interfaces entre chaînages béton armé et maçonnerie.

Un renfort d'enduit doit être appliqué au droit du plancher conformément au NF DTU 26.1 et au NF DTU 20.1.

Dans le cas d'une isolation thermique par l'extérieur, doublage en maçonnerie ou tout système d'isolation thermique par l'extérieur ayant fait l'objet d'un Avis Technique prévoyant l'utilisation sur support en maçonnerie de briques de terre cuite.

2.4.5. Etanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air des murs de terre cuite PREFAXIS est normalement assurée si au moins une des 2 faces du mur est enduite.

Résultat de l'essai de perméabilité à l'air d'une paroi en laboratoire suivant le mode opératoire défini dans la norme NF EN 12114 d'Août 2000, sous 4 pascals en partie courante avec enduit hydraulique extérieur de 15 mm : 0,00053 m³/h.m2 (cf. rapport d'essai du CERIB N°0374478)

2.4.6. Imperméabilité des murs extérieurs

L'étanchéité à l'eau des murs de façade est convenablement assurée, moyennant le respect des conditions d'exposition définies à l'article 4.2 de la partie 3 de la norme P 10-202 référence DTU 20.1.

L'excellente étanchéité à l'eau d'un mur de terre cuite PREFAXIS avec enduit hydraulique extérieur de 15 mm a été testée selon l'essai de résistance à la pénétration de l'eau selon les directives données par le cahier du CSTB n° 39 – août 1959 et le protocole du 12/10/01 proposé par le Groupe Spécialisé n° 16 (cf. rapport d'essai du CERIB N°0374480)

2.4.7. Etanchéité à la vapeur d'eau

Un pare vapeur sera systématiquement mise en œuvre de manière traditionnelle dans les doublages intérieurs.

2.4.8. Bardage et mur de parement

2.4.8.1. Bardage

Dans le cas d'un revêtement extérieur en bardage, il sera fait usage de fixations à visser avec cheville adaptée (sous marquage CE) pour brique creuse ou bloc alvéolaire.

Le nombre de fixations/m² et le type de cheville sera déterminé par le prescripteur.

2.4.8.2. Mur de parement

Conformément au DTU 20.1, article 7.1.2.1, la solidarisation et la garantie de stabilité de la paroi externe avec le mur TERRE CUITE PREFAXIS sera assurée par l'utilisation de chevilles (sous marquage CE) pour brique creuse ou bloc alvéolaire et crochet de maçonnerie à visser (idéalement en inox).

Le nombre de fixations/m² et le type de cheville sera déterminé par le prescripteur.

2.4.9. Mode de fixation des objets lourds

Les forets utilisés pour percer les parois des MURS TERRE CUITE PREFAXIS sont des forêts à 4 taillants ou spécifiquement développés pour ne pas endommager les parois internes des briques (exemple Wallster de DIAGER), il est important d'adapter le diamètre du foret et la vitesse de rotation de la perceuse au matériau et au type de cheville utilisé.

Les informations concernant les chevilles et plus particulièrement les résistances à la traction et au cisaillement des chevilles dans les briques de terre cuite courants sont communiquées par le fabricant.

Les gonds des volets battants sont scellés au mortier traditionnel ou par scellement chimique (exemple de EV3 de QUILOSA).

2.4.10. Réalisation des ouvrages spécifiques

2.4.10.1. Protections périphériques

PREFAXIS SA a développé une solution de support de potelets garde-corps spécifiques aux MURS TERRE CUITE PREFAXIS : VERBO'VIT.

Le dispositif VERBO'VIT peut recevoir des potelets standards du commerce Ø25 et Ø40, la planche de coffrage (ép. 27 mm) et assure le maintien de la planelle.

Les murs sont percés dans l'usine PREFAXIS SA pour recevoir les dispositifs VERBO'VIT avec un écartement maximum de 2 mètres, l'entrepreneur prévoit une étape sur le chantier pour équiper les murs en sécurité (exemple nacelle de manutention), les étais tirant-poussant sont fixés à la tige inférieure du dispositif VERBO'VIT.

2.4.10.2. Saignées et réservations

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 ». Plus particulièrement on veillera à respecter les dimensions maximales des saignées et réservations admises sans réduction de résistance aux charges. Si ces limites sont dépassées, il y a lieu de vérifier la résistance aux charges verticales, au cisaillement et la flexion par le calcul. Les saignées sont de préférence découpées à la rainureuse. Elles sont réalisées avant application de l'enduit. Les scellements et rebouchage des saignées doivent être exécutés suivant les indications correspondantes au matériau principal utilisé (mortier ou plâtre).

PREFAXIS SA effectue des réservations sur-mesure dans l'usine, les sorties de hotte ou ventilation, les percements pour recevoir les supports de potelets de protection périphérique, l'évidement pour couler sur chantier une semelle de répartition, cas de charge ponctuelle.

2.5. Traitement en fin de vie

Les éléments de terre cuite constituants les murs de terre cuite PREFAXIS sont 100% recyclables, en fin de vie et une fois broyés, ils pourraient être réutilisés pour fabriquer des nouveaux murs.

2.6. Assistance technique

La société PREFAXIS SA apporte une formation et une assistance adaptée aux entreprises.

2.6.1. Formation

Chaque nouveau chantier fait l'objet d'une proposition de formation aux méthodes de levage, de manutention et de mise en œuvre dispensée aux personnes assignées à la pose par le délégué technique PREFAXIS SA.

Les supports de formation, laissés aux participants, comprennent de manière non-exhaustive :

- Le manuel de manutention et de pose ;
- La fiche de préparation chantier ;
- La check-list des éléments d'ancrage (les câbles non conformes à la check-list sont à renvoyer à PREFAXIS SA).

2.6.2. Inspection

Avant chaque démarrage de chantier le délégué technique de PREFAXIS SA effectue une inspection visant notamment à déterminer :

- La faisabilité du projet en mur TERRE CUITE PREFAXIS ;
- L'accessibilité du chantier par camion de livraison ;
- La présence d'un espace adapté pour le déchargement des racks et la manutention des murs.

Par ailleurs, le délégué technique est présent lors des premières opérations de manutention et de mise en œuvre pour veiller au respect des consignes expliquées au cours de la formation préalable mais également pour porter assistance le cas échéant.

2.6.3. Assistance

Lors de la réception sur chantier, une évaluation de l'état des murs est menée par le gestionnaire ou le chef de chantier. Pour se faire, les critères de refus lui auront été communiqué au préalable par PREFAXIS SA dans le cadre de la formation suivie par chaque nouveau client.

La totalité des panneaux n'étant pas visuellement contrôlable de par leur serrage étroit sur le rack, tout désordre constaté au fil du retrait des panneaux du rack sera signalé, photographies et numérotation de l'élément à l'appui.

Le responsable technique PREFAXIS SA, selon la gravité des dégâts, assure la refabrication et le remplacement du panneau.

En cas de dégât compris dans les tolérances, les désordres potentiels peuvent être réparés sur chantier :

Le choix du mode d'intervention se fait toujours en concertation avec le délégué technique PREFAXIS SA.

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de fabrication

2.7.1. Description du process de fabrication

2.7.1.1. Site de fabrication

Les briques TB VR 295 sont fabriquées par :

Briqueteries de PLOEGSTEERT

228 rue du Touquet

B-7783 PLOEGSTEERT.

Les murs TERRE CUITE PREFAXIS sont assemblés et découpés sur le même site.

2.7.1.2. Conception des murs / Calepinages / Calcul

Le dimensionnement en phase définitive des murs TERRE CUITE PREFAXIS est systématiquement vérifié par le bureau d'étude PREFAXIS SA à partir de la version digitale des plans d'avant-projet.

Dès validation des dimensions des murs par le client, les plans de calepinage sont réalisés par PREFAXIS SA et la production est lancée.

Le dimensionnement en phase levage est réalisé pour chaque élément par le bureau d'études PREFAXIS SA afin de déterminer le nombre et l'emplacement des ancres de levage nécessaires à la manutention des murs.

Les missions du titulaire sont les suivantes :

- Au premier contact avec le client, une checklist spécifique au chantier est remplie avec le délégué technico-commercial PREFAXIS SA, renseignant la faisabilité : adresse exacte, feu, acoustique, descentes de charge à l'ELU par ml sur les MURS TERRE CUITE PREFAXIS les plus chargés, nombre de niveaux, zone de sismicité, exposition aux vent, isolation ITI ou ITE, finition…
- Le délégué technico-commercial PREFAXIS SA s'assure de fournir au client toutes les informations techniques, méthodologie de pose et consignes de sécurité. Une fiche de suivi de formation est contresignée par le client.
- Le dessinateur PREFAXIS SA modélise le projet en 3D sur programme TEKLA. Cette modélisation reprend tant les éléments de maçonnerie terre cuite que les éléments de stabilité métalliques ou en BA (refends, poutres et poteaux, etc)

- Une première version de plans de contrôle est établie. Celle-ci comprend une visualisation 3D et 2D établie par niveau, ainsi qu'une visualisation numérotée mur par mur reprenant les dimensions, une coupe, et une mention du poids total.
- A ce stade, il ne s'agit que d'un contrôle global de dimensions. Il n'est donc pas tenu compte des nécessaires divisions de murs en rapport avec la capacité de la grue. Le joint d'assise (cales/mortier est établi à 20 mm, le joint vertical entre panneaux à 15 mm, le joint entre panneau MUR TERRE CUITE PREFAXIS au niveau de l'encastrement d'une poutre BA à 10 mm en horizontal, 15 mm en vertical)
- Remarque : Si le client a déjà pu, à ce stade, fournir un schéma d'implantation et de capacité de levage de sa grue, cette première version de plans peut déjà présenter les divisions de murs.
- Le client renvoie à PREFAXIS SA ses remarques, annotations et approbations mur par mur. Une seconde version corrigée de ces plans est établie et renvoyée au client pour approbation.
- Ce cycle se poursuit jusqu'à validation complète pour production.
- Etablissement des fiches de production et mise en fabrication.
- Délivrance au client de plans 2D et 3D de montage pour le tracé au sol, les plans individuels mur par mur ainsi qu'un plan de chargement des racks (les racks sont identifiés par un N° individuel)
- Livraison sur chantier
- Suivi du chantier par le délégué technico-commercial (mise en route + passages réguliers)

2.7.1.3. Stockage des éléments constitutifs

La température des briques ayant une influence sur la prise de la colle PU lors de la mise en œuvre, celles-ci sont systématiquement stockées, avant intégration dans un mur, au sein d'une zone dont la température est régulée.

2.7.1.4. Rectification des briques

Les briques en terre cuites TB-VR sont rectifiées avant leur intégration dans la chaine de production des murs TERRE CUITE PREFAXIS. La tolérance en hauteur des briques après rectification est de ± 0,2 mm.

2.7.1.5. Production des murs préfabriqués

La fabrication des murs préfabriqués PREFAXIS SA intervient sur une installation entièrement automatisée. Les rangs de blocs sont posés à l'aide d'un robot. Une encolleuse vient alors pulvériser la colle PU sur les éléments. Les gaines d'alimentation de la buse d'injection sont calorifugées de manière à garantir le maintien d'une température de mise en œuvre optimale.

Le premier rang est emboîté à sec verticalement. Un renfort en fibres de carbones EUROCARBON est déposé au-dessus de la rangée. Une double couche de colle polyuréthane bi-composants (colle+durcisseur) est appliquée systématiquement entre le premier et le second rang. Le second rang est déposé sur le premier rang à l'aide d'une pince automatique, puis une couche de colle polyuréthane est déposée sur ce second rang et ainsi de suite.

Une double couche de colle PU est pulvérisé au niveau du joint horizontal entre la 1ère et la 2ème rangée de briques et fait office de rupture de capillarité. Les essais menés ont démontré l'efficacité de cette barrière hydrofuge (cf**.** §2.8.1 Absorption d'eau).

Ce procédé se poursuit jusqu'à l'obtention d'un mur de longueur maximale 8,8 m et de hauteur maximale 3,48 m. Les panneaux ainsi réalisés sont stockés jusqu'à durcissement complet de la colle.

Les armatures de joint horizontal en fibres de carbone sont disposées également en pied de mur, entre la 1ère et la 2ème rangée de brique, mais également en tête de mur, entre la 2ème et la 3ème rangée de mur en partant du haut.

Les joints verticaux doivent être remplis avec un mortier conforme au NF DTU 20.1 dans le cas des trumeaux de moins de 1,20 m.

Les bourrelets et coulures de colle durcie doivent être enlevés des modules en atelier afin d'éviter tout désordre après application de l'enduit.

Pour un durcissement optimal de l'adhésif, la fiche technique de la colle ISA-PUR 2607 recommande que les murs soient maintenus 24h à une température supérieure à 15°C.

La ligne de production intègre cette cure en conservant 24h les murs dans une ambiance à 15°C minimum. Pour assurer cette température minimale, un seuil de température a été introduit : dès que la température dans l'atelier de finition (seule zone non-chauffée) descend en dessous de 15°C, la ligne de production est automatiquement régulée pour respecter le temps de séchage de 24 heures.

Le temps de durcissement de la colle est également sous contrôle en maintenant à une température de 42°C par chauffage des 2 constituants colle et durcisseur avant l'application sur les briques.

2.7.1.6. Conception de la phase de levage

Les accessoires de levage sont fournis et leur état est vérifié par le titulaire avant chaque chantier.

Les équipes de pose sont formées par le titulaire avant le démarrage de chaque chantier.

Les murs sont équipés en partie supérieure de diverses boucles de levage. Le hissage implique l'utilisation de toutes les boucles prévues.

Figure 9 Boucles de levage

Ces boucles de levage sont en fait des ancres métalliques installées dans les cavités des murs et assurées en pied de mur par une broche sécurisée par une goupille plastique. PREFAXIS SA propose aux clients qui le souhaitent la possibilité d'ajouter des sangles tombantes permettant l'accrochage des boucles de levage directement au sol (cf. photo ci-après).

Figure 10 Sangles tombantes

Figure 11 Broche d'ancrage en pied de mur

Le nombre de points de levage doit être dimensionné au cas par cas par le BET PREFAXIS SA.

Le BET doit examiner préalablement au chantier un descriptif des moyens de levage prévus et doit les valider avant expédition des murs (au-delà de 4 points de levage).

2.7.1.7. Découpe au jet d'eau

puis convoyés dans la chambre de découpe où les murs sont découpés aux dimensions exactes à l'aide d'un jet d'eau à haute pression. Les éléments ne sont pas complétement découpés afin d'éviter les chutes de matière dans la chambre de découpe. La dépose des éléments pré-découpés est réalisée par un ouvrier au marteau à la sortie de la chambre de découpe. À l'étape de la découpe, sont également réalisés des trous de diamètre 40 mm en pied de mur en vue de l'insertion des broches de levage

Une découpe au jet d'eau porte les murs aux dimensions approuvées par l'architecte ou son représentant et signés pour approbation par le responsable du chantier qui passe la commande. Les orifices pour l'insertion ultérieure des broches de levage en pied de mur sont créés au cours de cette étape.

2.7.1.8. Finitions et conditionnement des murs

En sortie de chaîne de production les ancres de levage et goupilles de sécurité sont mises en place par les opérateurs. Les murs sont alors prêts à être stockés dans les racks de transport.

Les murs sur racks sont expédiés sur chantier dès que le rack est complet. Il n'y a donc pas de stockage en extérieur.

2.7.2. Marquage

Les lots de briques constitutives des murs TERRE CUITE PREFAXIS sont systématiquement référencés avant leur intégration dans une paroi.

De même, chaque mur issu de la ligne de fabrication dispose d'un numéro d'identification unique.

Ces références sont reprises dans les plans de calepinage et informent de l'emplacement définitif du mur dans le bâtiment en construction.

L'ensemble de ces dispositions assure une traçabilité de l'ensemble des éléments mis en œuvre dans chacun des murs TERRE CUITE PREFAXIS.

2.7.3. Contrôle de fabrication

2.7.3.1. Contrôle interne de fabrication

Outre les contrôles réalisés de manière périodiques dans le cadre du marquage CE des briques de terre cuite, des contrôles qualité sont menés sur les murs préfabriqués. L'ensemble de ces contrôles qualité sont repris au sein du manuel qualité.

Les vérifications périodiques permettent d'assurer le respect des tolérances dimensionnelles suivantes :

Tolérances dimensionnelles des murs préfabriqués		Fréquence de contrôle
Longueur	± 5 mm	Tous les 300 m²
Hauteur	± 5 mm	
Planéité	± 8 mm par 2 m	
Réservations dans l'élément	± 5 mm	
Réservations par rapport à l'élément	± 5 mm	
Position des trous de briche d'élingage en pied de murs	± 3 mm	
Ø de trous de broche d'élingage en pied de murs	40 ± 5 mm	
Angle côté incliné (tolérance au sommet) dans le sens horizontal dans le sens vertical	 ± 5 mm ± 5 mm	

2.7.3.2. Suivi de la constance de la production par tierce partie

Le procédé de murs TERRE CUITE PREFAXIS fait l'objet d'un certificat QB07 « Murs en maçonnerie et éléments connexes ».

Les caractéristiques suivies, leurs valeur-cible, leur tolérance ainsi que les modalités de suivi (méthodes et fréquence) sont indiquées en Annexe 5.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats Expérimentaux

Résultats mécaniques

Les différents tests réalisés sur les murs TERRE CUITE PREFAXIS (résistance au feu, compression, cisaillement, etc.) ont tous été réalisés dans des labos externes après transport et manutention des éléments testés dans les mêmes conditions que celles rencontrées lors des livraisons sur chantier.

Résistance à la compression

Laboratoire MAGNEL de recherche sur le béton :

- Essais de résistance en compression sur 6 murets de dimensions 730 mm x 188 mm x 1250 mm réalisés avec des briques TB VR 295 (188 mm d'épaisseur), rapport d'essai n°19/413

Résistance cisaillement

Laboratoire mécanique CSTB :

- Essais de caractérisation de fendage et de résistance au cisaillement sur les murs de terre cuite TBV295, rapport d'essais n° DSSF_21_1_QB07_PRE_PLO
- Essais de résistance au cisaillement du joint de mortier (Webermix MC391) entre 2 murets : 0,47 MPa rapport d'essais n°18/430

Résistance à la flexion

Laboratoire MAGNEL de recherche sur le béton :

- Essai de flexion dans un plan de rupture parallèle aux lits de pose (selon NF EN 1052-2) : f_{xk1} = 0,66 MPa, rapport d'essai n°22/039
- Essai de flexion dans un plan de rupture perpendiculaire aux lits de pose avec joint de mortier (Webermix MC391) entre 2 murets (selon NF EN 1052-2) : f_{xk2} = 0,39 MPa, rapport d'essai n°16/188

Contreventement

Laboratoire mécanique CSTB :

- 3 Essais de contreventement réalisés avec jonction centrale au mortier (Webermix MC391) : coefficient de comportement q = 2,5, rapport n°EEM 19 26082845

Essai d'adhérence sur maçonnerie

Laboratoire mécanique CSTB :

- Classement vérifié Rt3 > 0,8 MPa, rapport n° EEM_20_0_QB07_VER_PLO

Essais de durabilité sur les systèmes de collage du procédé de mur terre cuite PREFAXIS

Laboratoires CSTB (Grenoble & Champs/Marne) :

- Rapport d'essais n° EEM_19_26078237_V3

Essais acoustiques

Rapports d'essais :

- CSTB – n°AC18-26072111
- CSTB – n°AC22-10351

Résultats : Voir tableau de synthèse en Annexe 1 **– Essais acoustiques**

Les essais acoustiques réalisés ont permis d'apprécier l'isolement acoustique contre les bruits aériens. Le résultat obtenu pour un mur avec un revêtement extérieur (10/15 mm d'enduit ciment) est de 43 dB, permettant alors de satisfaire à la réglementation. Le mur seul ne peut pas être utilisé en mur séparatif de logement.

Résistance au feu

- EFECTIS – PV n° EFR-17-U-004620 (2018) + Extensions
- CSTB – PV n° RS18-047 (2018)
- CSTB – PV n° RS22-006 (2022)

Résultats : Voir tableau de synthèse en Annexe 2 **– Résistance au feu**

Réaction au feu

- Laboratoire GMA, mesures du taux de matière organique ≤ 1%/unité de masse (classement A1 selon la NF EN 13501-1), rapport n° ORGAM1103914bis

Résistance thermique

La conductivité thermique des briques de terre cuite TB-VR est obtenue à partir des valeurs tabulées de la norme EN 1745 :

$$\lambda_{utile} = F_m * \lambda_{10,sec,mat} = 1,07 * 0,42 = 0,45 \text{ W/(m.K)}$$

La résistance thermique des briques calculées suivant une modélisation BISCO est indiquée dans les documents ci-dessous :

- CTMNC Rapport n°PO20017-1 sur la brique TBVR 295 (15/10/2020)

Résultats :

Résistance thermique	
Dimension des briques de terre cuite	Valeur R du mur (m².K/W)
TB VR 295	0,74

Absorption d'eau

- CSTC – Rapport d'essai n° DE 621 xB 333 (2012) : Essai portant sur l'absorption d'eau par capillarité. L'essai a été effectué conformément à la norme EN 772-11 sur des éprouvettes distinctes et sur des éprouvettes composées, en utilisant la colle polyuréthane bicomposant comme liant entre les faces de pose.

Etanchéité à l'air

- CERIB Résultat de l'essai de perméabilité à l'air d'une paroi en laboratoire suivant le mode opératoire défini dans la norme NF EN 12114 d'Août 2000, sous 4 pascals en partie courante avec enduit hydraulique extérieur de 15 mm : 0,00053 m³/h.m2 (cf. rapport d'essai du n°0374478)

Imperméabilité des murs extérieurs

- L'excellente étanchéité à l'eau d'un mur de terre cuite PREFAXIS avec enduit hydraulique extérieur de 15 mm a été testée selon l'essai de résistance à la pénétration de l'eau selon les directives données par le cahier du CSTB n° 39 – août 1959 et le protocole du 12/10/01 proposé par le Groupe Spécialisé n° 16 (cf. rapport d'essai du CERIB n°0374480)

2.8.2. Références chantiers

Environ 60.000 m² de bâtiments ont été réalisés en MURS TERRE CUITE PREFAXIS préfabriqués en France, depuis 2014.
Voir liste de références en Annexe 3.

2.9. Annexes du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Annexe 1 – Essais acoustiques

N° Rapport	Laboratoire	Produit	Parement	Rw (C ; Ctr) [dB]
N°AC18-26075111	CSTB	MUR TERRE CUITE PREFAXIS 188 mm	Enduit 1 face - 10/15 mm	48 (-1 ; -5)
			Mur enduit - doublage PSEE 120 +13	63 (-3 ; -9)
			Mur enduit - doublage PSE110+30LDR + 13 (polyplac brick KNAUF)	60 (-4 ; -11)
			Mur enduit - doublage LDV 120 + 13 ossature	72 (-3 ; -9)
N°AC22-10351	CSTB	MUR TERRE CUITE PREFAXIS 188 mm	Enduit intérieur 10 mm et complexe de doublage Prégymax 13+120 (face intérieure)	56 (-4 ; -11)
			Enduit intérieur 10 mm)et complexe de doublage Labelrock 10+120 (face intérieure)	62 (-4 ; -9)
			Enduit extérieur 15 mm)et complexe de doublage Prégymax 13+120 (face intérieure)	57 (-3 ; -9)
			Enduit extérieur 15 mm) et complexe de doublage Labelrock 10+120 (face intérieure)	65 (-4 ; -10)

Annexe 2 – Résistance au feu

PV de classement	Validité	Epaisseur brique	Hauteur	Revêtement intérieur	Revêtement extérieur	Chargement	Classement
CSTB RS 18-047	29/10/2023	≥188 mm	≤2,82 m	Panneaux collés (PSE 110 mm + plâtre 12.5 mm) collés	Enduit projeté MONOREX GM 16 mm	25000 daN/ml	REI 30
EFECTIS EFR 17 U 004620	25/01/2023	≥188 mm	≤3,1 m	Enduit AEROBLUE d'épaisseur 8 mm + panneaux collés POLYPLAC BRICK B 153 mm (plaques de plâtre 12.5 mm + PSE 110 mm + 30 mm laine de roche) + joints traités par enduit UNIFLOTT	Enduit extérieur WEBERLITE G 15 mm	23500 daN/ml	REI 120
Extension EFECTIS EFR 17 U 004620	25/01/2023	≥188 mm	≤3,1 m	panneaux collés POLYPLAC BRICK B 153 mm (plaques de plâtre 12.5 mm + PSE 110 mm + 30 mm laine de roche) + joints traités par enduit UNIFLOTT	Enduit extérieur WEBERLITE G 15 mm	23500 daN/ml	REI 90

Extension EFECTIS EFR 17 U 004620 Numéro :22/2	25/01/2023	≥188 mm	≤3,1 m	panneaux collés (plaques de plâtre 10 ou 12.5 mm + laine de roche épaisseur 80 à 120 mm	Enduit extérieur WEBERLITE G 15 mm	23500 daN/ml	REI 120
CSTB RS 22-006	04/02/2027	≥188 mm	≤2,50 m	Sous enduit int ép 12mm + panneaux collés (PSE 120 mm + plâtre 12.5 mm) collés	Mur nu	8000 daN/ml	REI 120

Annexe 3 – Liste de références

Type d'ouvrage	Maitre d'ouvrage	Architecte	Entreprise	Adresse
Maisons en bande	Terre d'Opale Habitat 16 Quai de la Gendarmerie 62100 Calais	DVA Architecture (Ag de Calais) 47 Rue Leblond BP 80176 62103 Calais	BOUYGUES BÂTIMENT NORD-EST 1 Av de l'Horizon BP 29 59651 Villeneuve D'Ascq 0357 63 40 00	Rue Antoine de Saint Exupéry 62100 CALAIS
Maisons en bande	Groupe SIA 67 Av. des Potiers 59506 Douai	Baudreghien-Degardins Architectes 27 Av du Carrousel 59650 Villeneuve D'asc	SYLVAGREG 137 Rue de l'Égalité 59160 Lomme	Rue Emile Verhaeren 62220 CARVIN
Immeuble collectif R+3	SCCV Champs des Oiseaux 30 Rue de Chazelles 75017 Paris	Hervé Tordjman Créations 01 Allée de la Duchesse 78830 Bonnelles	Brézillon 128 Rue de Beauvais 60280 Margny-lès-Compiègne	RESIDENCE CHAMP DES OISEAUX 78160 MARLY LE ROI

Annexe 4 : Tableaux et figures du Dossier Technique

Figure 12 Vue en coupe de la brique TB VR 295 (épaisseur 188 mm)

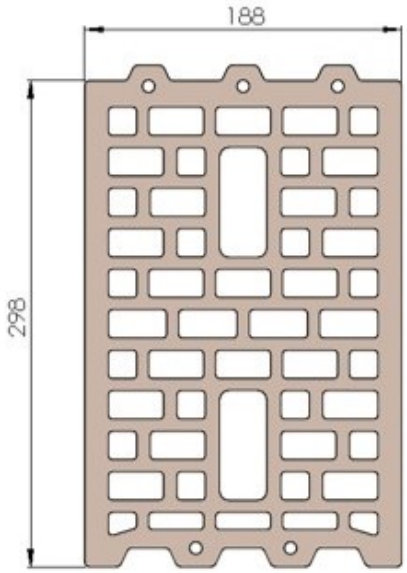
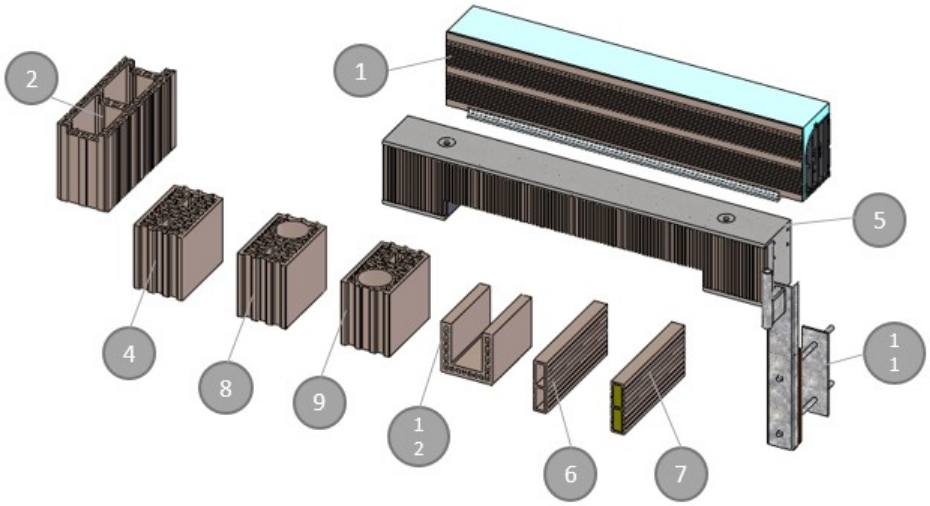
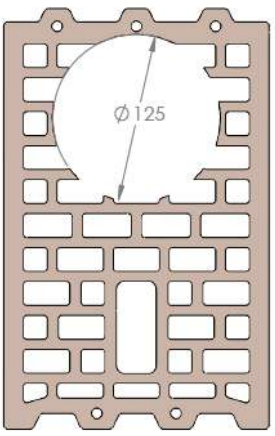


Figure 13 Accessoires des murs TERRE CUITE PREFAXIS



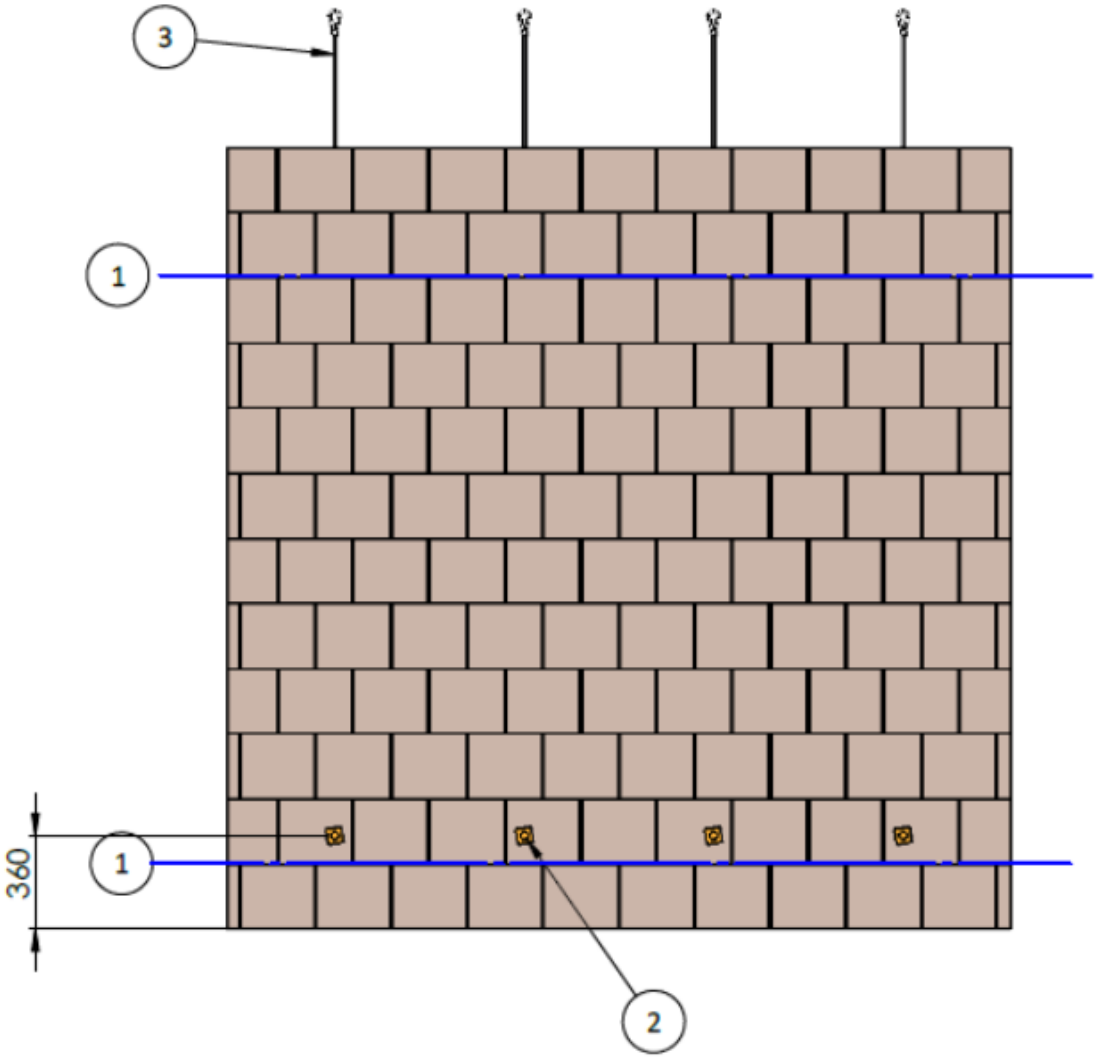


Poteau Ø12,5cm

Tableau 1 Légende Figure 13

LISTES DES COMPOSANTS MURS PREFAXIS					
Rép.	PRODUITS	FOURNITURE	EP.	LONG.	HAUT.
1	1/2 COFFRE DE VOLET ROULANT	COMMERCE SOUS AT	200	NC	295
		AT 16/15-710_V1			
		AT 16/15-758_V1			
2	BRIQUE A BANCHER 20	COMMERCE SOUS AT	200	NC	NC
		AT 16/14-701			
4	BRIQUE TBVR295	PLOEGSTEERT	188	298	250
5	LINTEAUX BA	PLOEGSTEERT	188	Pas de 300	250
6	PLANELLE (hors zones sismiques)	COMMERCE	50	NC	PLANCHER
7	PLANELLE ISOLEE (hors zones sismiques)	COMMERCE SOUS AT	50	NC	PLANCHER
		AT 16/16-747			
		AT 16/17-756_V1			
8	POTEAU DROIT TBVR 295	PLOEGSTEERT	188	298	250
9	POTEAU GAUCHE TBVR 295	PLOEGSTEERT	188	298	250
11	SUPPORT POTELET VERBO'VIT	PLOEGSTEERT	NC	NC	NC
12	U DE CHAINAGE 20	PLOEGSTEERT	200	250	200

Figure 14 - Schéma de montage d'un mur TERRE CUITE PREFAXIS



Repère	Désignation	Référence
1	Armature joint horizontal	7021/28 – fournisseur : Eurocarbon
2	Pivot d'ancrage mur de 19 cm sur plan	ø28 mm SAP n°113 383
3	Elingue métallique à 2 boucles câbles	longueur 3000 ou 3500 mm; ø10 mm CMU - fournisseur : Lemmens

Figure 15 Détail élingage mur TERRE CUITE PREFAXIS

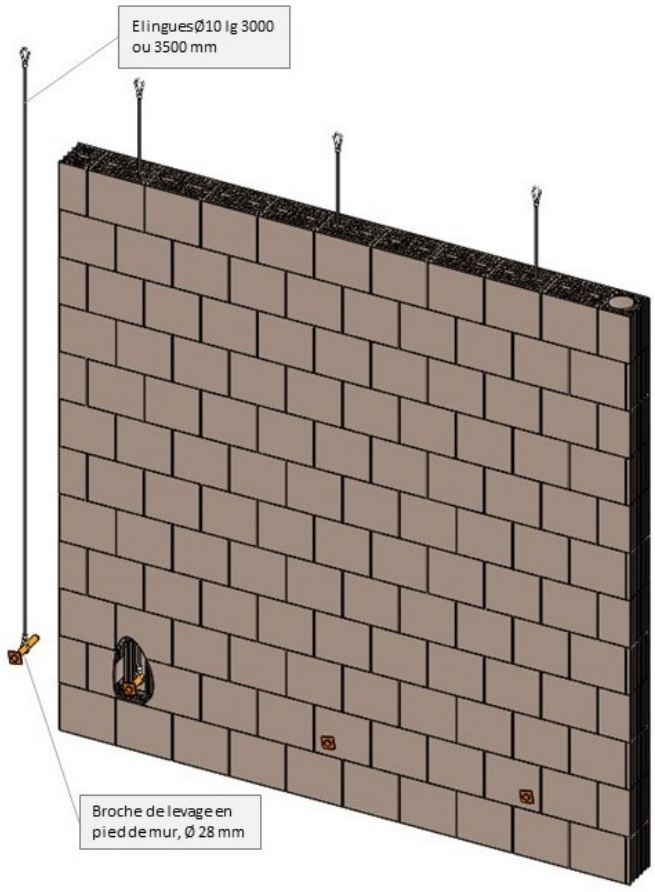


Figure 16 – Armature de joint horizontal

Figure 17 - Pose des étais tirant poussant et des renforcements lors d'une pose sur support béton armé

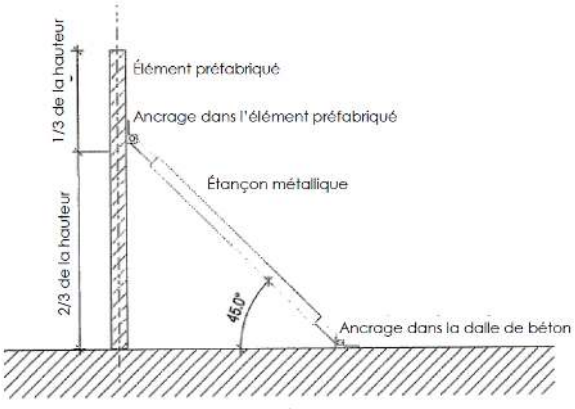


Figure 18 – Conditionnement des murs dans les racks

(a)

(b)

Figure 19 Détail jonction angle béton coulage chantier (ITE) (toutes zones sismiques)

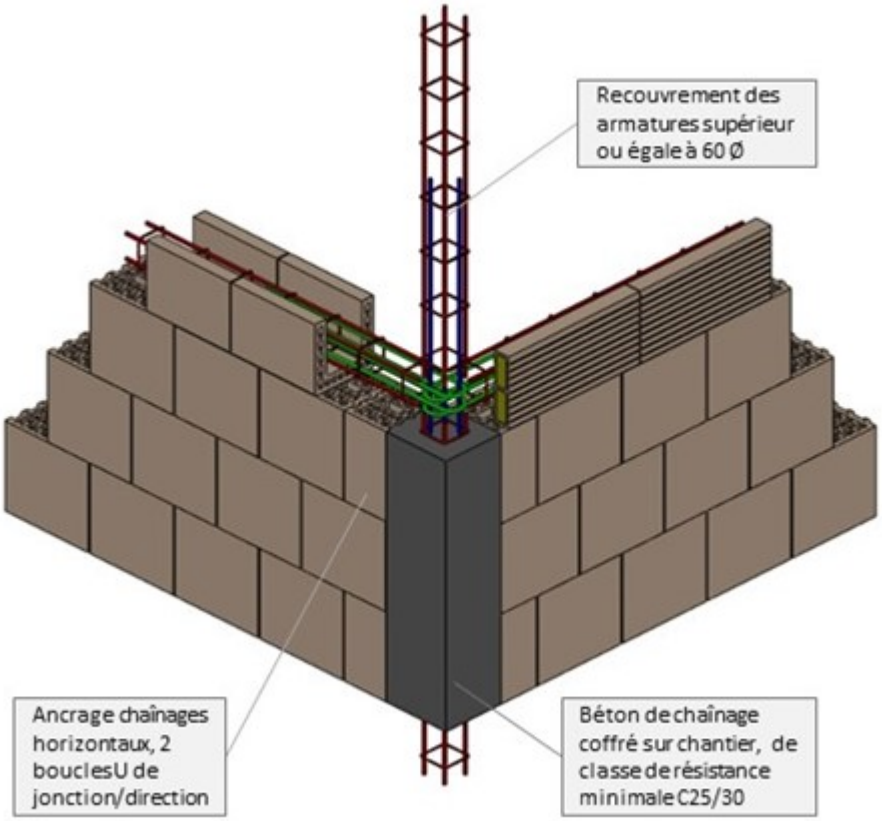


Figure 20 Détail jonction angle blocs chainages verticaux intégrés en usine (toutes zones sismiques)

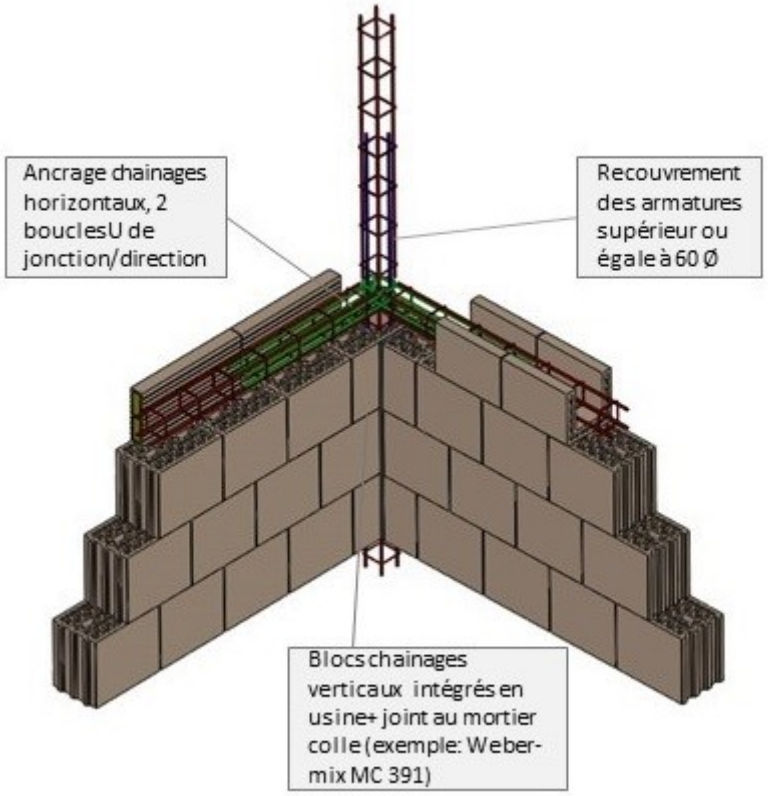


Figure 21 Détail jonction refend MUR TERRE CUITE PREFAXIS façade par juxtaposition d'isolant intercalé (locaux chauffés, ITI)

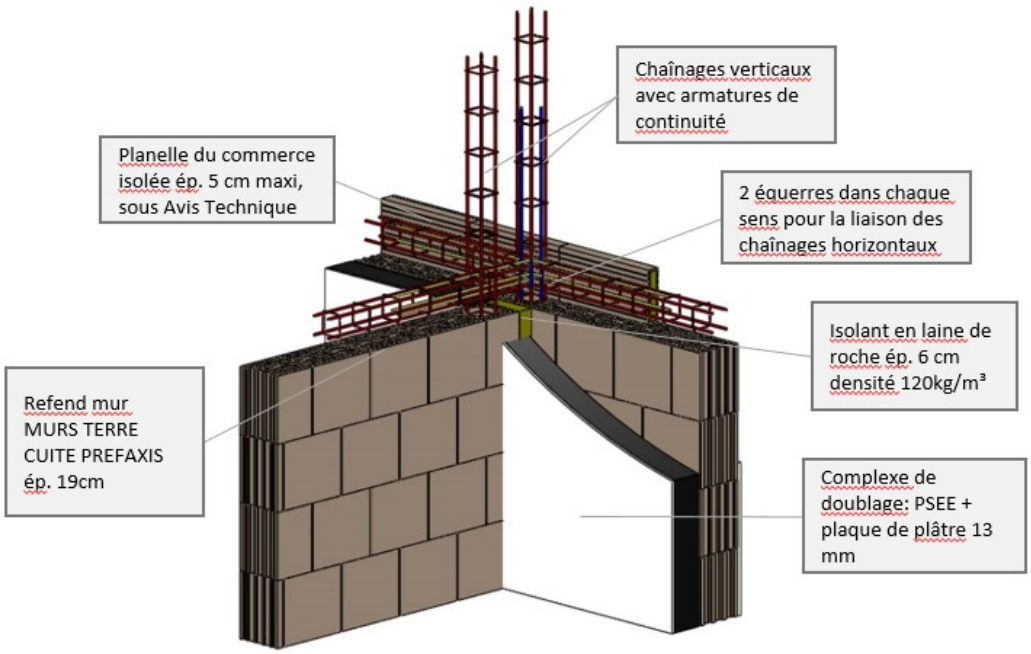


Figure 22 Détail jonction refend BA façade par juxtaposition d'isolant intercalé (locaux chauffés, ITI, hors applications parasismiques)

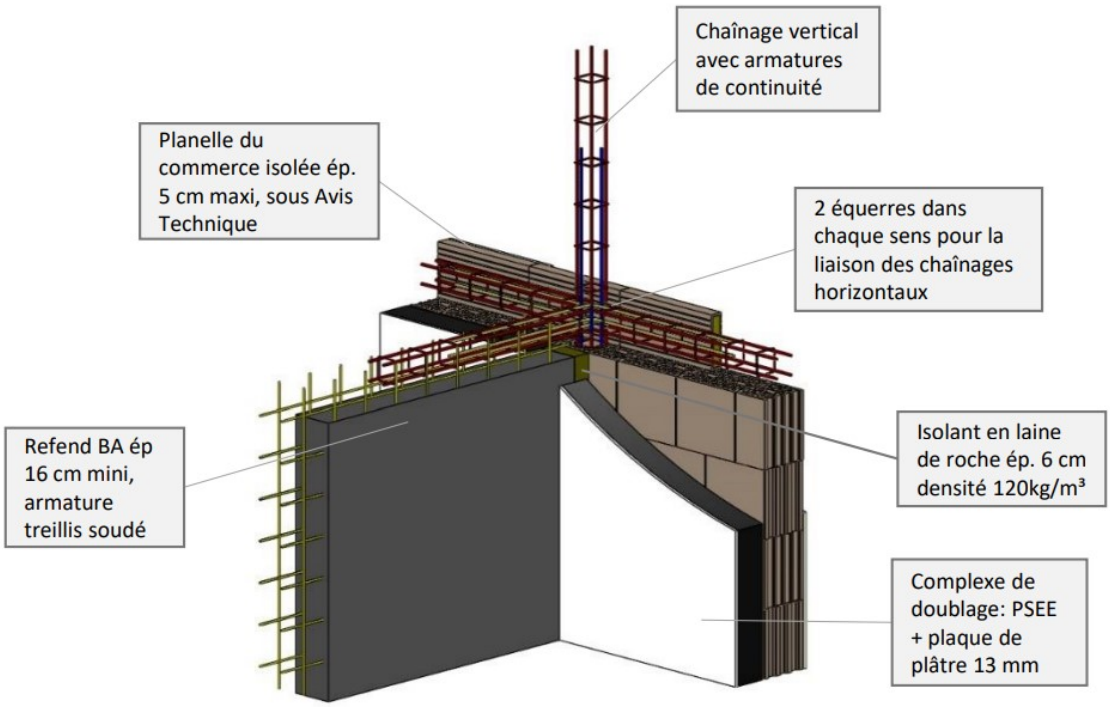


Figure 23 Détail jonction refend BA façade

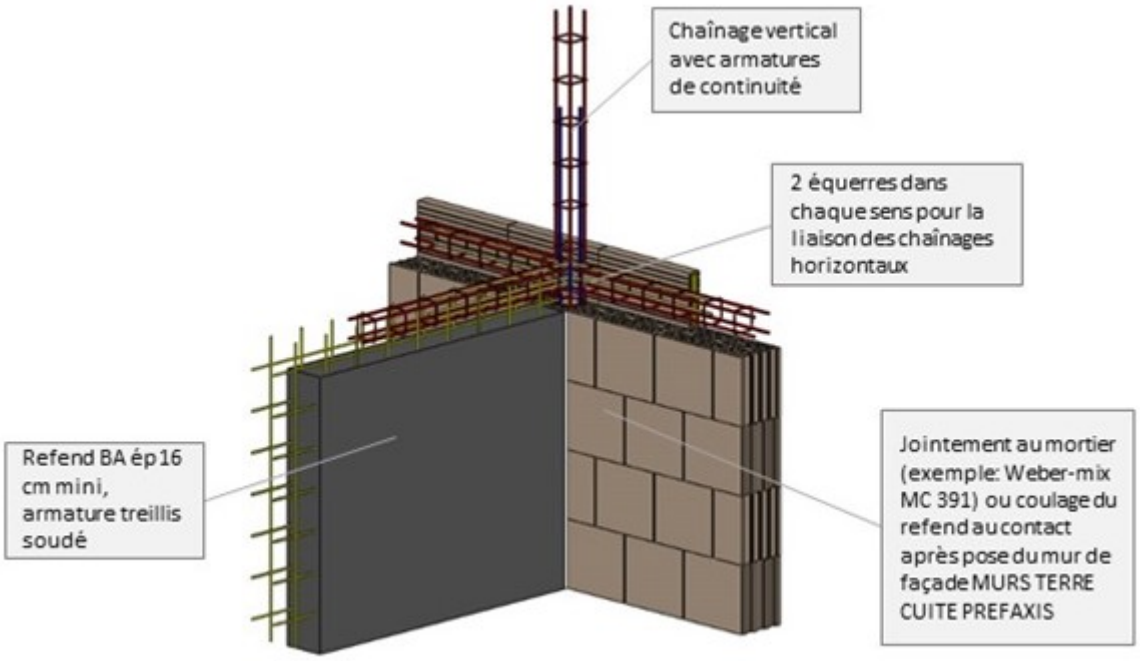


Figure 24 Détail jonction refend MUR TERRE CUITE PREFAXIS façade (locaux non chauffés ou ITE)

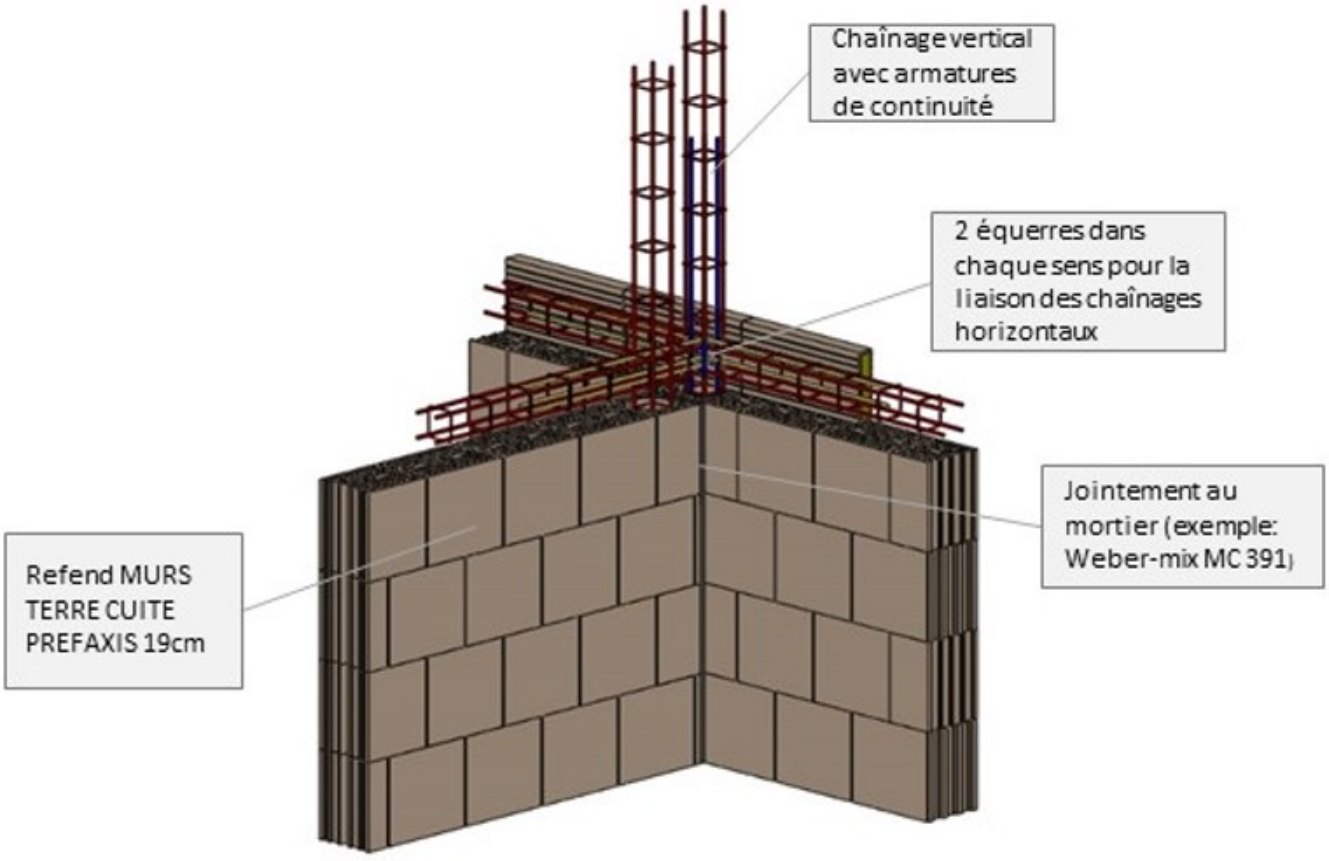


Figure 25 Détail jonction mur et plancher en béton armé

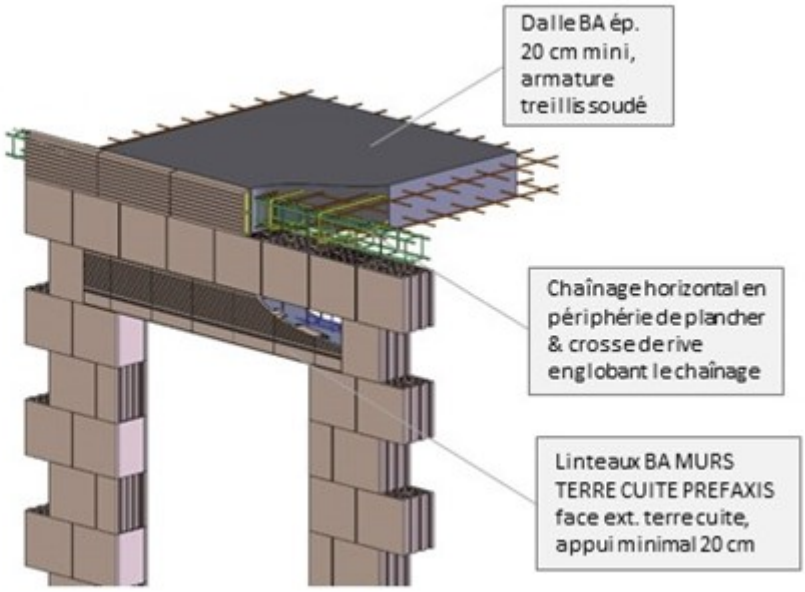


Figure 26 Détail jonction point de pignon

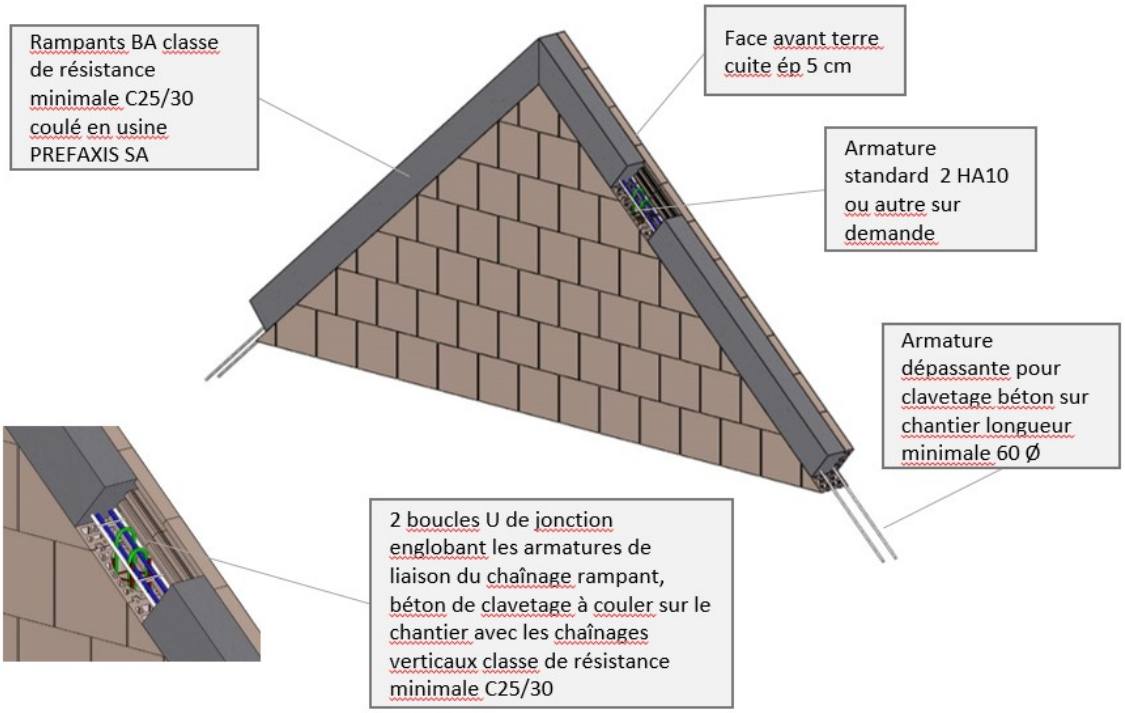


Figure 27 Détail jonction grand pignon en plusieurs parties

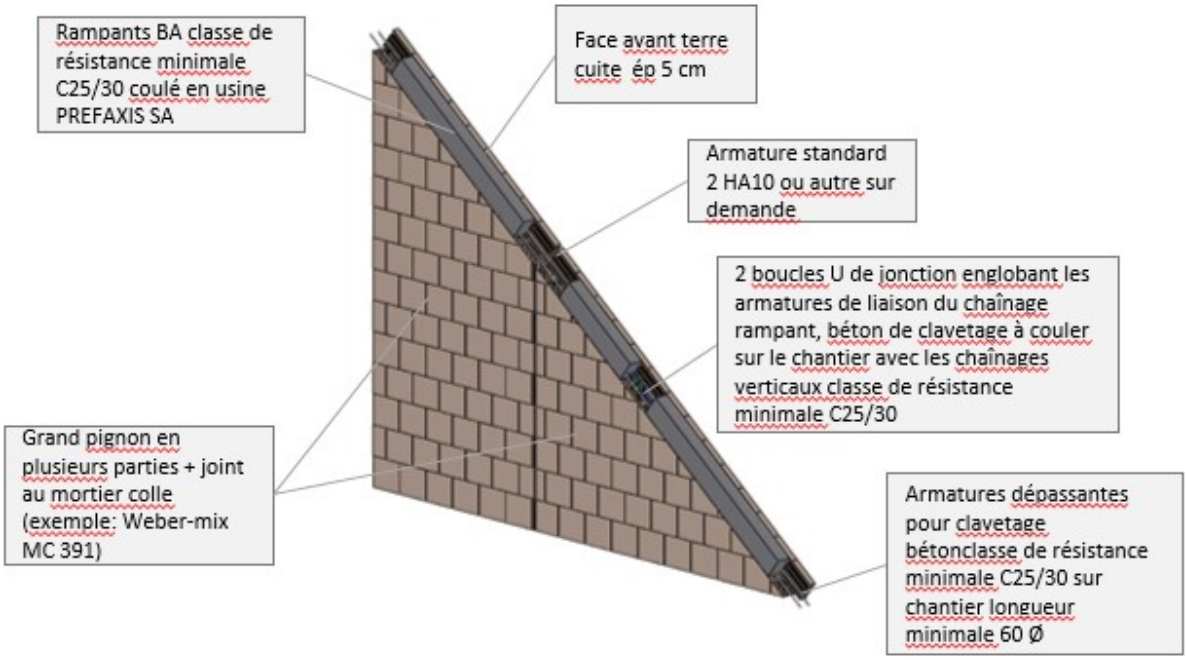


Figure 28 Détail pointe de pignon avec poteau central

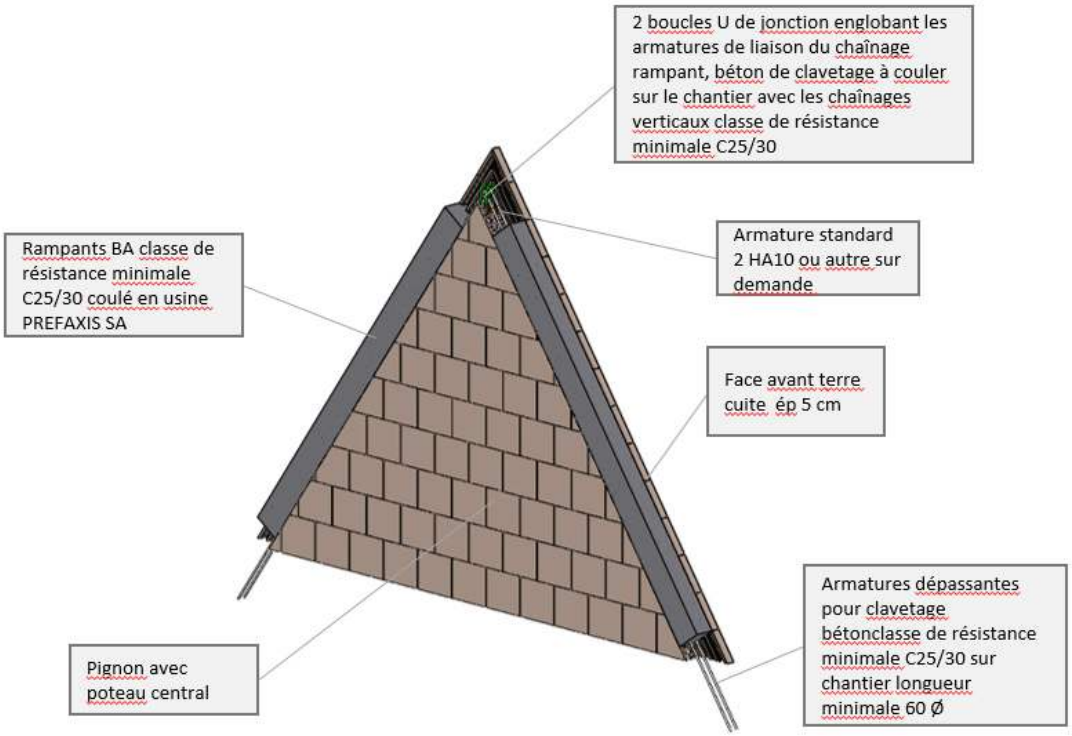


Figure 29 Détail mur avec chainage horizontal

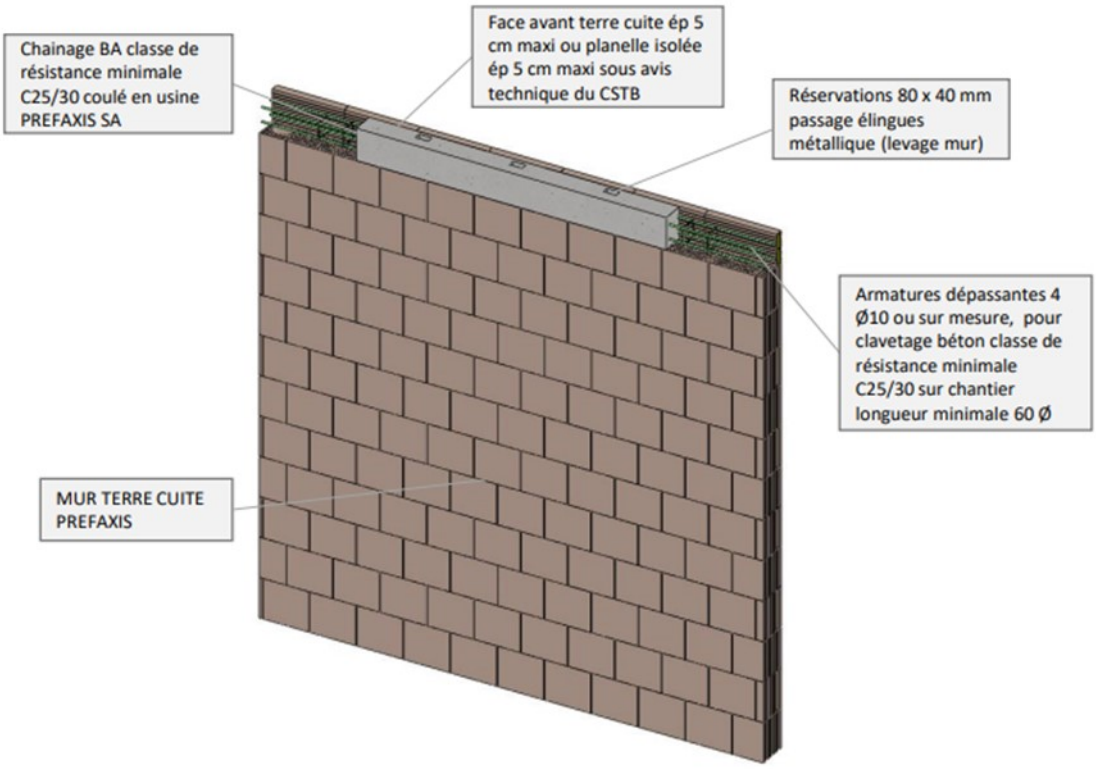
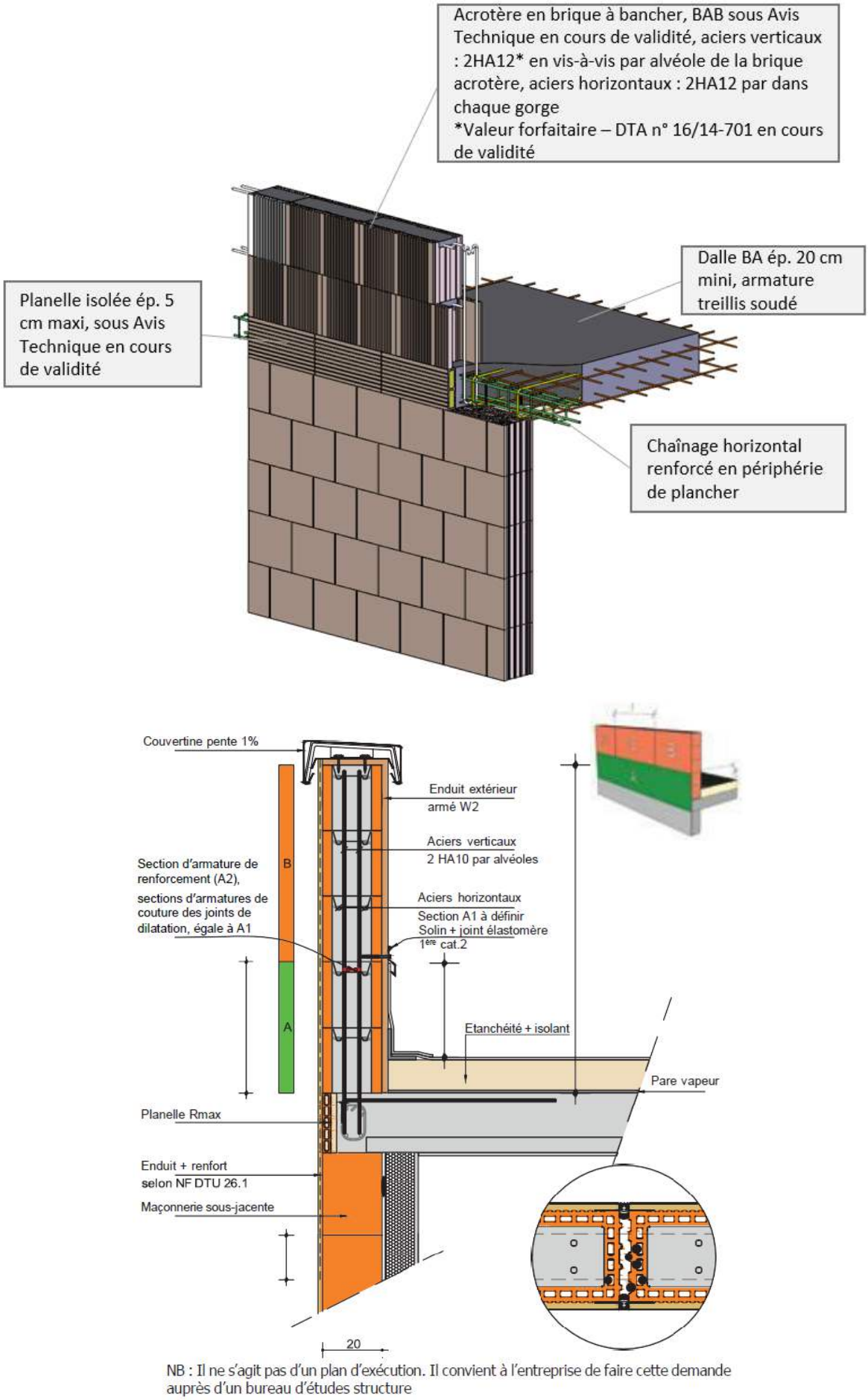


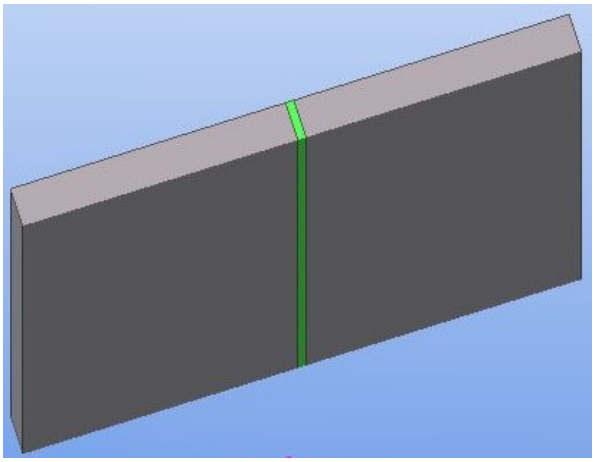
Figure 30 Détail jonction acrotère et plancher BA



NB : Il ne s'agit pas d'un plan d'exécution. Il convient à l'entreprise de faire cette demande auprès d'un bureau d'études structure

Exemple d'acrotère haut en briques à bancher sous Avis Technique en cours de validité (hors zones sismiques)

Figure 31 Jonction de deux murs dans le même plan



Mortier colle :

- Omnifix PVM (Hors applications parasismiques

- Weber MC391 (Applications parasismique)

Mur préfabriqué PREFAXIS

Figure 32 Dimensions "bec" de collage des joints verticaux

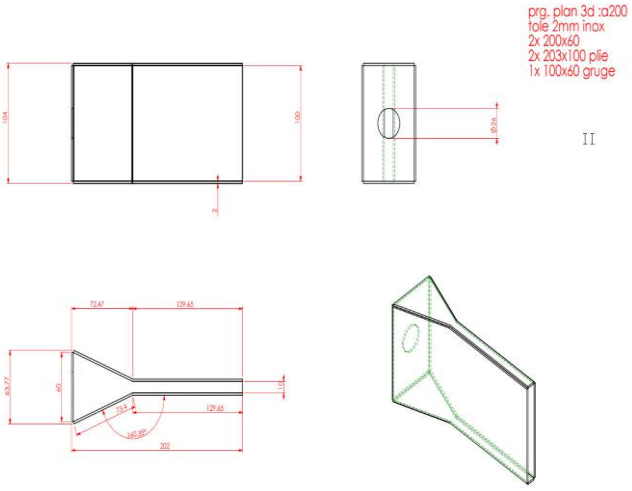


Figure 33 Détail support garde-corps

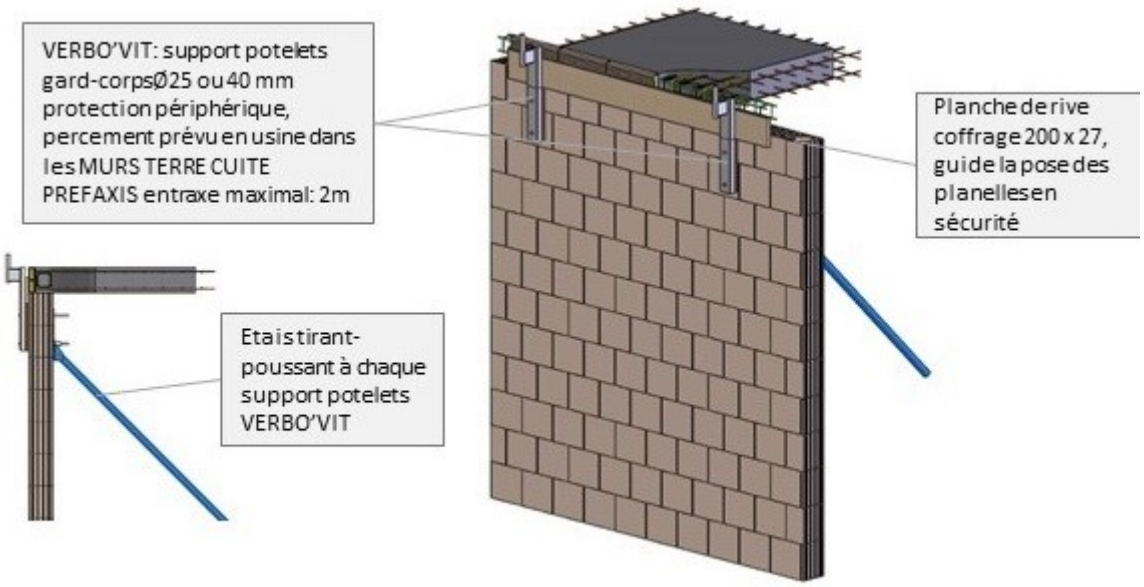


Figure 34 Détail option réservations sur mesures en usine dans les MUR TERRE CUITE PREFAXIS

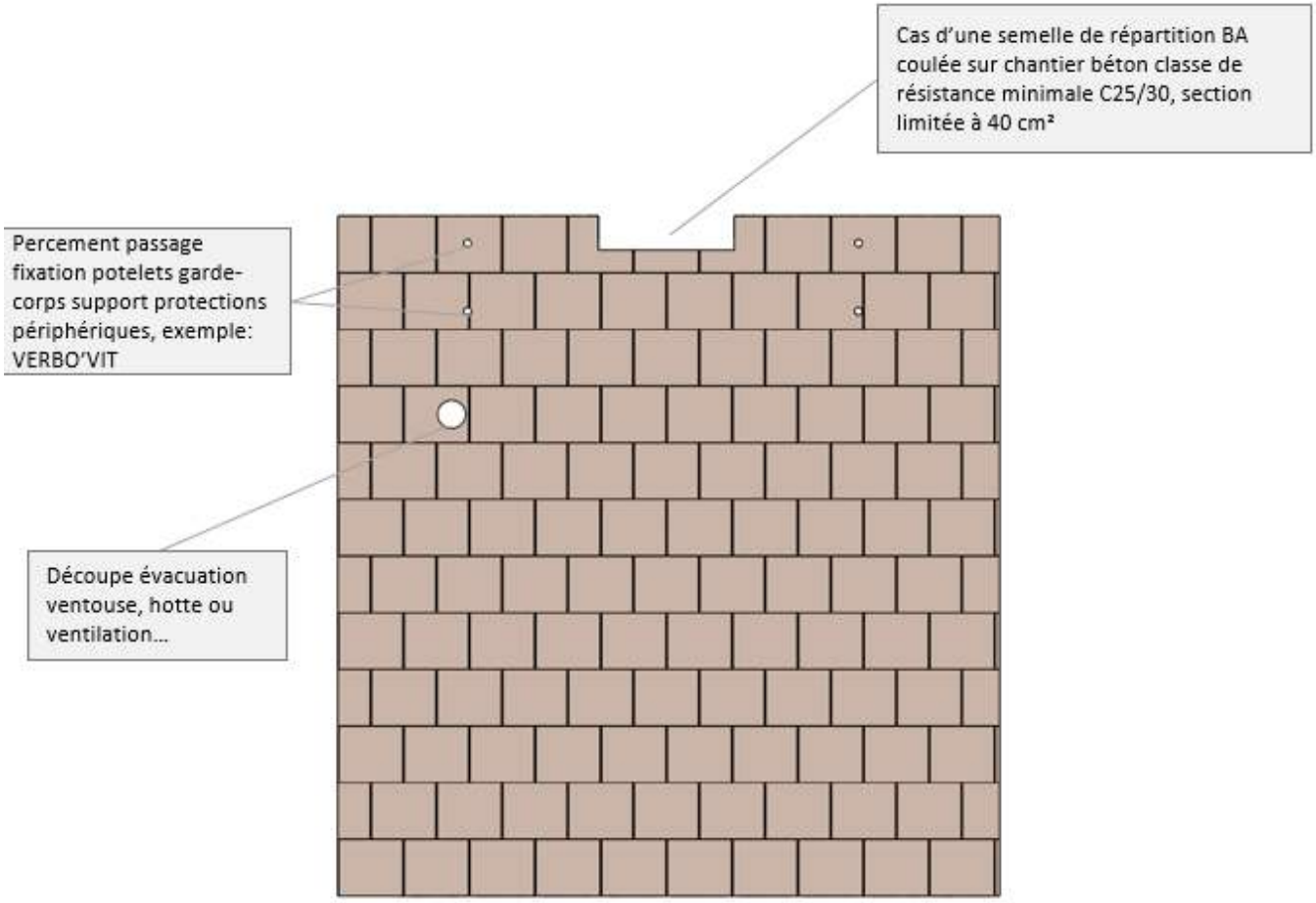
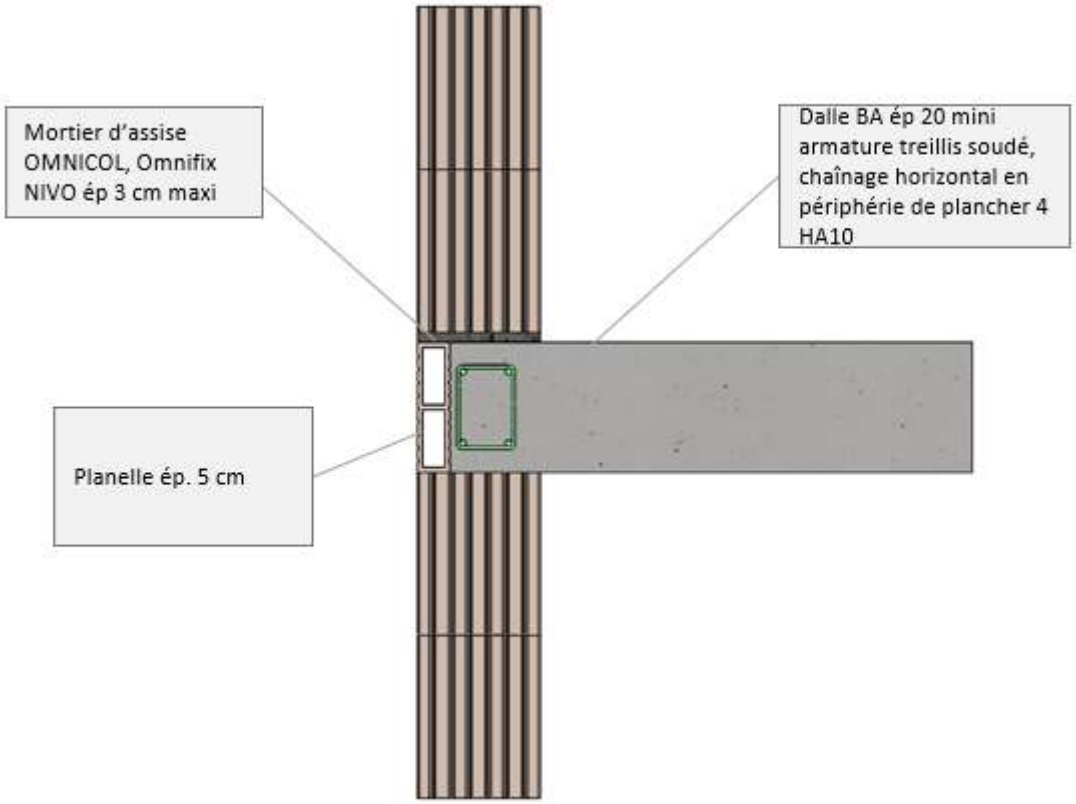


Figure 35 Détail coupe nez de plancher (hors zone sismique)



Annexe 5 – Suivi de la fabrication par tierce partie

5.1 - Généralités

Les caractéristiques certifiées sont indiquées dans le certificat QB07 du procédé

Les modalités de suivi des dites caractéristiques sont listées dans le Document Technique n°2 du Référentiel de Certification QB07.

5.2 – Option sismique

Les caractéristiques certifiées optionnelles suivantes sont également suivies dans le cadre de l'option sismique de la certification QB07, moyennant les modalités de suivi décrites dans le Document Technique n°2 du Référentiel de Certification QB07 :

- -Résistance en compression des éléments parallèle au plan de pose ;
- -Résistance initiale au cisaillement du joint de maçonnerie fvk_0 ;
- -Coefficient de comportement q.

5.3 – Suivi spécifique réalisé dans le cadre de la certification QB07

5.3.1 Autocontrôle réalisé par le fournisseur de bandes EUROCARBON

Caractéristique	Méthodologie d'essai	Organisme réalisant les essais	Nombre d'échantillons	Fréquence de contrôle	Valeur seuil
Résistance à la traction bandes EUROCARBON 28 mm largeur	Essais de traction ASTM D3039	Autocontrôle fournisseur	6 bandes EUROCARBON	1 fois/ an	Valeur moyenne F_{fm}>3800 N

Le rapport d'essais est transmis à l'auditeur CSTB par le titulaire de la certification.

5.3.2 Essais de suivi réalisés par le laboratoire de la marque

En plus des caractéristiques listées dans le Document Technique n°2 du Référentiel de Certification QB07, la certification QB07 sur le procédé comprend également les caractéristiques complémentaires certifiées listées dans le tableau ci-après.

Caractéristique	Méthodologie d'essai	Organisme réalisant les essais	Nombre d'échantillons	Fréquence de contrôle	Valeur seuil
Résistance au cisaillement du joint avec renforts EUROCARBON	Protocole d'essai basé sur la NF EN 1052-3	Laboratoire de la marque	6 triplets de maçonnerie pour chaque épaisseur	1 fois/ an	Valeur caractéristique $\tau_{ad,k}$> Valeur indiquée dans le certificat QB07
Résistance au fendage briques au niveau du pivot d'élingage $F_{ins,k}$	Essai de fendage des briques	Laboratoire de la marque	6 éléments pour chaque épaisseur	2 fois/an	$F_{ins,k}$> Valeur indiquée dans le certificat QB07