

FABRIQUER LA VILLE **BAS CARBONE**
AVEC **CYCLE TERRE**

vol. **01**
MAI 2021

GUIDE DE
CONCEPTION
ET DE
CONSTRUCTION

CAHIER 2

Les Blocs
de Terre Comprimée





FABRIQUER LA VILLE **BAS CARBONE**
AVEC **CYCLE TERRE**

vol. **01**
MAI 2021

GUIDE DE
CONCEPTION
ET DE
CONSTRUCTION

CAHIER 2
Les Blocs
de Terre Comprimée



SOMMAIRE **CAHIER 2**

I/ BTC · MATIÈRES ET MATÉRIAUX	7
Formes et dimensions	8
- Dimensions	8
- Empreintes	8
Caractéristiques des blocs de terre comprimée (BTC)	10
Caractéristiques des blocs de terre comprimée stabilisée (BTCS)	11
II/ BTC · SOLUTIONS DE PAROIS	15
Éléments communs à toutes les solutions de parois	16
- Principes de conception	16
- Appareillage - calepinage	16
Les BTC en cloison	18
- Principes	18
- Détails constructifs	21
Les BTC en parement	38
Les BTC en remplissage de façade, supports d'ITE	39
Détails techniques communs à toutes les solutions de parois	40
- Passages des réseaux	40
- Fixation de charges non structurelles	41

- Finitions intérieures	42
-------------------------	----

Justifications des performances des ouvrages maçonnés	44
--	-----------

- Justifications des performances des cloisons maçonnées	44
- Justifications des performances de la maçonnerie en remplissage de façades	54
- Justifications des performances de la maçonnerie en parement de façade	54

III/ BTC · MISE EN ŒUVRE	59
---------------------------------	-----------

Préparation	60
--------------------	-----------

- Conditions de mise en œuvre et préparation du chantier	60
- Préparations pour la maçonnerie BTC	61

Élévation du mur	64
-------------------------	-----------

- Démarrage de la maçonnerie	64
- Pose des BTC en partie courante	64
- Haut du mur	68

Finitions	69
------------------	-----------

- Préparations de la maçonnerie	69
- Finitions possibles	70
- Saignées, encastresments et percements	71

Entretien	73
------------------	-----------

- Entretien courant	73
- Réparations et gestion des désordres	73

BIBLIOGRAPHIE	77
----------------------	-----------



I/ BTC · MATIÈRES ET MATÉRIAUX

Les blocs à maçonner en terre crue comprimée BTC Cycle Terre sont obtenus par compression de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat.

Ils sont conformes à la norme XP P13-901.

Les BTC Cycle Terre sont de deux types :

- Les blocs non stabilisés (BTC) : ils sont composés d'un mélange de terre argileuse et de sable de 0/2 mm à 0/4 mm, permettant une correction granulaire ;
- Les blocs stabilisés (BTCS) : ils sont composés d'un mélange de terre argileuse et de liant hydraulique, ajouté à cette composition pour améliorer les performances des BTC, notamment la résistance à l'humidité.

DES BTC PERMETTANT LA RÉALISATION D'OUVRAGES VARIÉS

Les BTC permettent la réalisation de parois variées : murs porteurs, cloisons distributives ou séparatives, doublages ou parements, grâce à leurs bonnes performances mécanique (5 MPa de résistance à la compression), de comportement au feu (classement A1 et EI45 sur une paroi de 9,5 cm d'épaisseur) et acoustique (jusqu'à 66 dB d'affaiblissement acoustique pour des parois doubles).



BTC produits dans le cadre de Cycle Terre

Sauf indication contraire, toutes les illustrations de ce chapitre sont de Cycle Terre

FORMES ET DIMENSIONS

DIMENSIONS

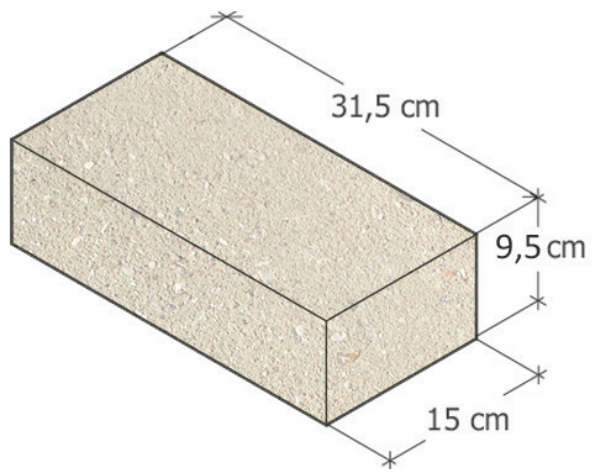
Les BTC Cycle Terre standards sont de deux formats :

- Format *classique* : L 315 x l 150 x h 95 mm
- Format *parement* : L 315 x l 95 x h 95 mm

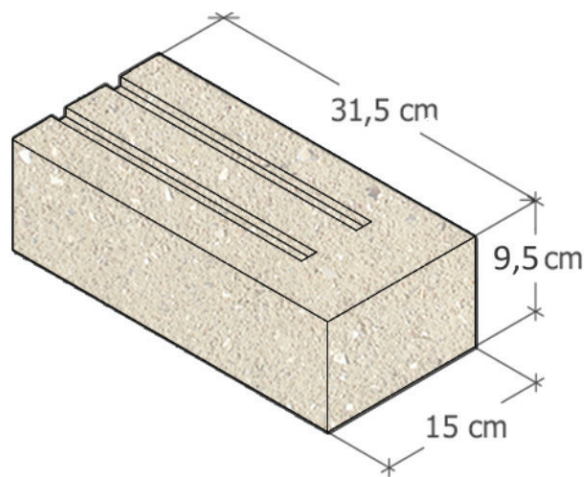
Sur commande, des BTC de format différent peuvent être produits.

EMPREINTES

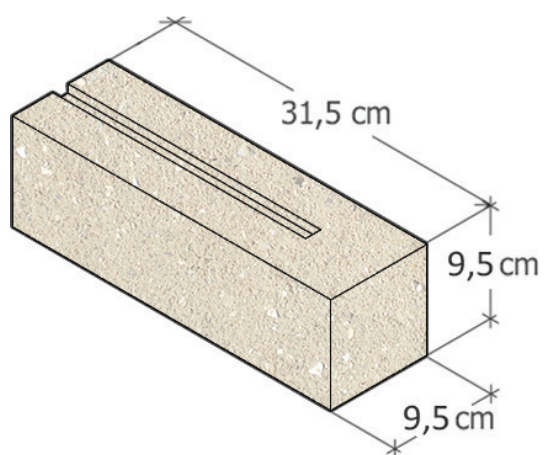
Les BTC de formats classique et parement peuvent être munis d'empreintes permettant une amélioration de la résistance à la flexion et au cisaillement de la maçonnerie. Ces empreintes, en creux, de dimensions 250 x 15 x 8 mm, sont situées sur les deux faces de pose des BTC. Les BTC format parement sont proposés systématiquement avec empreintes. Les formats classique sont proposés également sans empreintes pour permettre le montage de murs en boutisse (31,5 cm d'épaisseur).



BTC Cycle Terre format classique
Dessin · CRATERre



BTC Cycle Terre format classique
avec empreintes
Dessin · CRATERre



BTC Cycle Terre format parement
avec empreintes
Dessin · CRATERre

CARACTÉRISTIQUES DES BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE (BTC)

Mécaniques	Symbole	
Masse volumique	ρ	2000 kg/m ³ (± 5 %)
Résistance moyenne à la compression du bloc (EN772-1)	f_b	5 MPa
Résistance moyenne à la traction du bloc*	f_{btm}	0,5 MPa
Classe de résistance minimum selon XP P13-901		BTC 40
Résistance minimum à l'abrasion selon XP P13-901	Ca	5 cm ² /g
Retrait/Gonflement à l'humidité ou à long terme*		-0,45 à +0,3 mm/m
Coefficient de dilatation thermique*		9 10 ⁻⁵ /K
Hydriques		
Teneur en eau massique		1 % (entre 0,5 et 2 %)
Hygrothermiques		
Conductivité thermique*	λ	0,8 W(m.K) ⁻¹
Capacité thermique (à 20°C)*	C	800 J(kg.K) ⁻¹
Coefficient d'absorptivité (suivant teinte) (bloc nu)*	α	de 0,55 à 0,65
Perméabilité à la vapeur d'eau*	δ (π)	1.27. 10 ⁻¹⁰ kg.(m.s.Pa) ⁻¹
Résistance à la vapeur d'eau*	μ	15
Coefficient de transport capillaire*	A	A ≤ 0.7 kg/m ² s ^{1/2}
Réaction au feu	A1 (Incombustible / M0)	
Résistance au feu	EI 45 - pour cloison 9,5 cm	

* Les données sont issues d'une étude bibliographique, elles sont fournies à titre indicatif. La caractérisation complète des produits précisera ces valeurs.
Fiches disponibles sur www.cycle-terre.eu

CARACTÉRISTIQUES DES BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE STABILISÉE (BTCS)

Mécaniques	Symbole	
Masse volumique	ρ	2000 kg/m ³ (\pm 5 %)
Résistance moyenne à la compression du bloc (EN772-1)	f_b	5 MPa
Résistance moyenne à la traction du bloc*	f_{btm}	0,5 MPa
Classe de résistance minimum selon XP P13-901		BTC 40
Résistance minimum à l'abrasion selon XP P13-901	Ca	15 cm ² /g
Capillarité	Cb	20 g/cm ² .min ^{1/2}
Retrait/Gonflement à l'humidité ou à long terme*		-0,45 à +0,3 mm/m
Coefficient de dilatation thermique*		9 10 ⁻⁵ /K
Hydriques		
Teneur en eau massique		1 % (entre 0,5 et 2 %)
Hygrothermiques		
Conductivité thermique*	λ	0,8 W(m.K) ⁻¹
Capacité thermique (à 20°C)*	C	800 J(kg.K) ⁻¹
Coefficient d'absorptivité (suivant teinte) (bloc nu)*	α	de 0,55 à 0,65
Perméabilité à la vapeur d'eau*	δ (π)	1.27. 10 ⁻¹⁰ kg.(m.s.Pa) ⁻¹
Résistance à la vapeur d'eau*	μ	15
Coefficient de transport capillaire*	A	A \leq 0.7 kg/m ² s ^{1/2}
Réaction au feu	A1 (Incombustible / M0)	
Résistance au feu	EI 45 - pour cloison 9,5 cm	

* Les données sont issues d'une étude bibliographique, elles sont fournies à titre indicatif. La caractérisation complète des produits précisera ces valeurs.

Fiches disponibles sur www.cycle-terre.eu

→

Maçonnerie en BTC Cycle Terre
montée en 2020 pour la réalisation
d'essais aux chocs







II/ BTC · SOLUTIONS DE PAROIS

Cette partie décrit les dispositions constructives à intégrer à la conception de trois types d'ouvrages en BTC :

- Cloisons simples, doubles et doublées,
- Parements,
- Remplissages en façade d'une ossature porteuse, supports d'isolation thermique par l'extérieur (ITE).

Ces solutions ont fait l'objet d'ATEX de type A. D'autres types de parois peuvent être réalisés.

SENSIBILITÉ À L'EAU

Les caractéristiques mécaniques du BTC baissent sensiblement lorsque la teneur en eau du matériau augmente (cf. norme XP P13-901). Pour assurer la pérennité de la construction, la conception des bâtiments doit respecter impérativement les dispositions décrites dans ce document.



Coupole en BTC

Photo · CRATERre

Sauf indication contraire, toutes les photos de ce chapitre sont de Cycle Terre

ÉLÉMENTS COMMUNS À TOUTES LES SOLUTIONS DE PAROIS

On rappelle qu'il est tout à fait possible de construire hors ATEX. Ce type de document propose des règles de mise en œuvre très sécurisantes, de façon à limiter tout risque de désordres lors d'une pose des matériaux, y compris par des personnes n'ayant aucune expérience de la terre crue. En particulier, les ATEX de type a proposées par Cycle Terre ne tiennent pas compte des spécificités de chaque projet et prévoient donc des mesures dictées par les cas les plus défavorables.

PRINCIPES DE CONCEPTION

Caractéristiques mécaniques de la maçonnerie BTC

La maçonnerie de BTC résiste bien en compression, mais mal en traction, flexion et cisaillement, il faut donc éviter ce type de sollicitations et limiter les actions de poinçonnement.

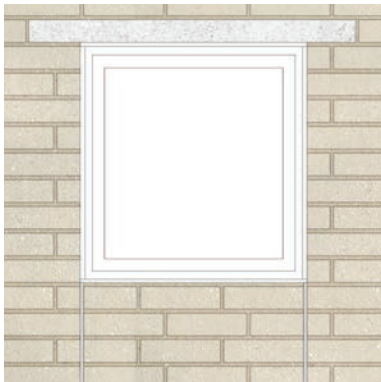
Variations dimensionnelles des matériaux

Lors du séchage :

- le tassement vertical de la maçonnerie est de l'ordre de 3 à 4 mm/m,
- le retrait horizontal de la maçonnerie est de l'ordre de 0,6 mm/m.

Ces valeurs sont généralement obtenues en 2 à 3 semaines.

Dans le cas de charges non uniformes, par exemple au niveau d'allèges réalisées comme un remplissage, des joints de tassement différentiel sont nécessaires. Ce joint doit être ouvert sur toute l'épaisseur de la paroi. Il peut être calfeutré par un mastic ou un élastomère.



↑
Exemple de joints de tassement
au niveau d'une allège

Dessin · CRAterre

APPAREILLAGE - CALEPINAGE

Calepinage

Pour toutes les solutions de parois, le dessin du calepinage des maçonneries doit être réalisé avant le lancement des travaux par l'entreprise en charge des documents d'exécution, maîtrise d'œuvre ou entreprise de construction selon les cas.

Afin d'identifier les problèmes de superposition des joints verticaux, il est conseillé de réaliser les plans :

- des deux premières assises ;
- des deux assises au-dessus du niveau des ouvertures ;
- des assises particulières.

Le calepinage permet de déterminer avec précision :

- la manière dont les blocs sont disposés (notamment pour prendre en compte les cas particuliers tels que les angles, les jonctions, les baies) ;
- les types de blocs nécessaires (entiers et fractions de blocs : $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, etc.) ;
- le nombre de blocs de chaque type.

Dimensions des éléments de maçonnerie

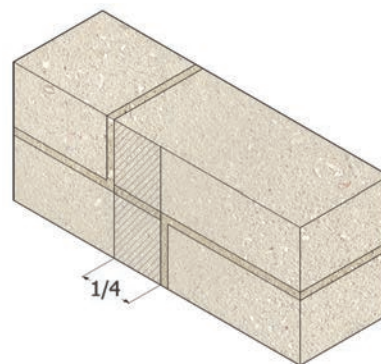
Les maçonneries de BTC sont appareillées avec des blocs entiers ou des fractions de bloc, de préférence, $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{2}$. Il est possible de découper les blocs sur chantier de façon à adapter la taille du bloc à la longueur de mur souhaitée. Il est proscrit d'utiliser des blocs de dimension inférieure au $\frac{1}{4}$ bloc.

Épaisseur des joints

Les joints ont une épaisseur comprise entre 10 et 15 mm.

Recouvrement minimum

En dehors des joints de fractionnement et de tassement différentiel, les joints alignés verticalement sont proscrits d'une assise sur l'autre en partie courante des maçonneries. L'appareillage des blocs doit se faire impérativement à joints verticaux décalés pour garantir un comportement monolithique de la maçonnerie et éviter ce que l'on nomme *un coup de sabre*, résultant de la superposition ou de la trop grande proximité de deux joints verticaux qui risque de favoriser la propagation de fissures structurales. Le décalage des joints verticaux doit toujours être au minimum égal au $\frac{1}{4}$ de la longueur du bloc entier.



↑

Le recouvrement minimum est de $\frac{1}{4}$. Des calepinages particuliers, permettant la réalisation de modénatures décoratives des blocs, sont possibles. Il est alors permis de déroger à cette règle sur une hauteur maximum de 3 assises de bloc et sur des surfaces limitées représentant au maximum 30 % de la surface du mur.

Les joints verticaux alignés sont proscrits. Il est toutefois toléré exceptionnellement la superposition isolée sur 3 assises des joints verticaux quand aucune autre solution d'appareillage n'est possible.

Dessin · CRAterre

LES BTC EN CLOISON

Les solutions décrites dans ce chapitre ont fait l'objet d'une ATEx de type A.

PRINCIPES

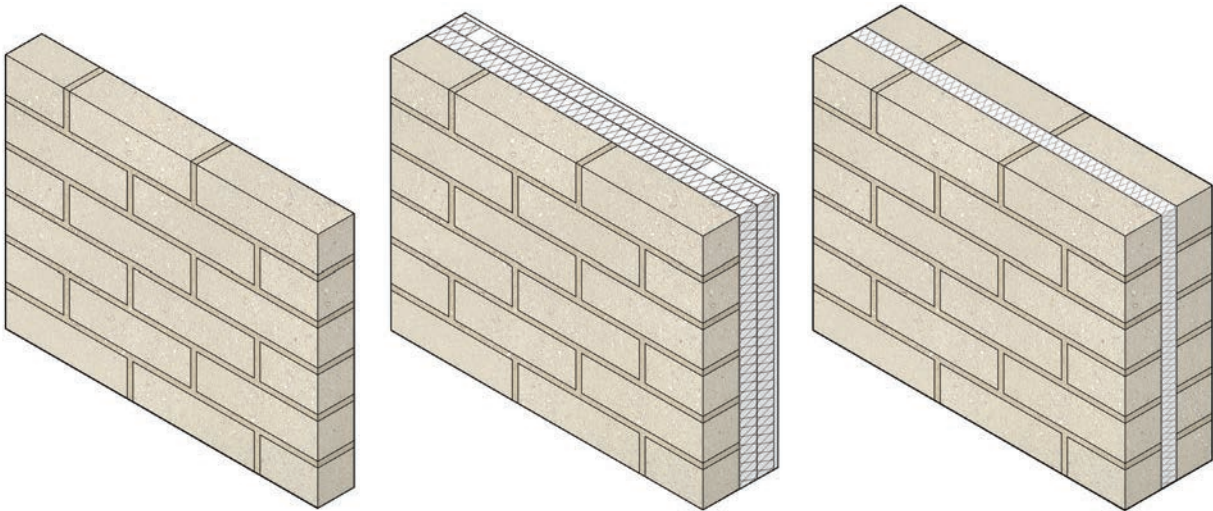
Fonctions

Ces cloisons, intérieures non porteuses, peuvent être distributives ou séparatives.

Composition

Trois variantes sont proposées :

- une cloison simple, composée d'un mur maçonné de 9,5 cm d'épaisseur minimum en BTC Cycle Terre hourdés au mortier à BTC Cycle Terre,
- une cloison doublée, composée d'un mur maçonné de 9,5 cm d'épaisseur minimum et d'un doublage conforme au DTU 25.41 dont l'ossature est désolidarisée de la maçonnerie,
- une cloison double, composée de deux murs maçonnés de 9,5 cm d'épaisseur minimum entre lesquels un isolant acoustique est intercalé. L'isolant est un isolant en vrac ou en panneaux souple ou semi-rigide qui ne constitue pas une barrière vis-à-vis de la diffusion de vapeur d'eau. Dans le cadre de l'ATEx, seules les laines minérales sont autorisées.



↑
3 variantes proposées :
· Cloison simple
· Cloison doublée
· Cloison double

Dessins · CRAterre

Domaine d'emploi

Zonage sismique : Leur utilisation est limitée aux bâtiments pour lesquels il n'y a pas d'exigences sismiques particulières (zone 1).

Types de bâtiments : Tous types de constructions courantes sont visés (ERP, maisons individuelles, bâtiments de logements en collectif, bâtiments pour bureaux, constructions scolaires et tous types de bâtiments à usage commercial, industriel ou agricole).

Utilisation en surplomb : Toutes les cloisons proposées peuvent être utilisées en surplomb.

Hygrométrie des locaux : L'usage des cloisons est permis dans les locaux classés EA (locaux secs ou faiblement humides) ou EB (locaux moyennement humides). Dans des locaux classés EB+, les parois doivent être en maçonnerie stabilisée. Dans le cas d'une exposition à des projections d'eau régulières, elles doivent être protégées par un doublage décrit dans la partie *pièces humides*. La mise en œuvre en locaux classés EB+ collectif est hors ATEX. Les cloisons ne peuvent pas être utilisées dans les locaux classés EC.

Thermique : La mise en œuvre de cloisons doubles et doublées entre locaux chauffés et locaux non chauffés n'est pas incluse dans l'ATEX pour éviter tout risque de condensation au sein de la paroi. Dans le cas où ce type de mise en œuvre est souhaité, le bureau d'étude thermique doit s'assurer de l'absence de risque de détérioration lié à une condensation au sein de la paroi.

Acoustique : Les cloisons séparatives ont fait l'objet d'essais acoustiques en laboratoire et de calculs d'extrapolation de ces essais, afin de qualifier leur qualité d'affaiblissement acoustique. Les différentes variantes de cloisons proposées peuvent ainsi être intégrées à différents programmes : logements collectifs, hôtellerie, enseignement, santé, tertiaire, etc. Étant donné que l'obtention de performances acoustiques in situ dépend également des autres détails constructifs du bâtiment (planchers, etc.), la compatibilité des cloisons avec les usages envisagés doit être confirmée par les études acoustiques propres à chaque projet, à partir des données mises à disposition par Cycle Terre.

Principes mécaniques

- Les cloisons n'assurent pas de fonction structurelle (non porteuses, non contreventantes).
- Elles sont obligatoirement encadrées par des raidisseurs de part et d'autre. À partir d'une certaine longueur, des raidisseurs intermédiaires sont obligatoires.
- La structure primaire est en béton ou en bois. Les flèches de la structure primaire sont limitées à 1/500^e de leurs portées, dans la limite de 10 mm, que la structure primaire soit en bois ou en béton.
- Pour des questions de déformation du gros œuvre, les cloisons sont désolidarisées en tête et/ou en pied de mur. L'épaisseur de la bande de désolidarisation doit être soit de 1 cm en haut du mur, soit de 5 mm en haut et 5 mm en bas.

Dimensionnement

Épaisseur minimale de la maçonnerie : 9,5 cm

Épaisseur	Hauteur maximale	Longueur maximale*
9,5 cm	260 cm	350 cm
15 cm	300 cm	430 cm

Dans le cadre de l'ATEX, des justifications complémentaires par essais aux chocs peuvent être apportées pour valider de plus grandes dimensions, dans les limites suivantes : élancement maximal de 20 dans une limite de 400 cm, longueur maximale entre raidisseurs de $26(e+1,5)+1,5$ (avec e l'épaisseur du mur) dans une limite de 800 cm, diagonale maximale de $40xe$ (avec e l'épaisseur du mur), surface maximale du pan maçonné de 25 m².

Hors ATEX, il est possible de dimensionner les cloisons en se basant sur les méthodes de calcul de l'Eurocode 6.

Pour plus de détails sur ces justifications, se reporter au paragraphe *Justifications des performances des cloisons maçonnées*.

Résistance au feu

La performance EI45 est assurée pour des maçonneries en BTC d'épaisseur supérieure à 9,5 cm avec raidisseurs et ossature porteuse en béton (voir paragraphe *Sécurité en cas d'incendie*). Pour les cloisons avec raidisseurs et ossature porteuse en bois, le EI30 peut être assuré par un doublage en plaques de plâtre. D'autres mesures de EI sont en cours ou prévues, notamment pour valider la résistance au feu des cloisons maçonnées apparentes en BTC en ossature bois. Pour connaître les performances obtenues et les détails de mise en œuvre associés, il est conseillé de se rapprocher de Cycle Terre.

Principes acoustiques (pour les cloisons séparatives)

- Étanchéité à l'air de la paroi en partie courante : soigner le jointoiement !
- Un soin particulier doit être apporté au calfeutrement des interfaces, notamment sur les côtés désolidarisés (interposition de bandes résilientes, de joints mousse expansée, de mastics, de tasseaux, cornières et autres systèmes à recouvrement, etc.) afin de limiter les transmissions acoustiques parasites (court-circuits).

* Longueur maximale entre raidisseurs, angles, intersections ou contre-forts formés par un autre élément de paroi en BTC.

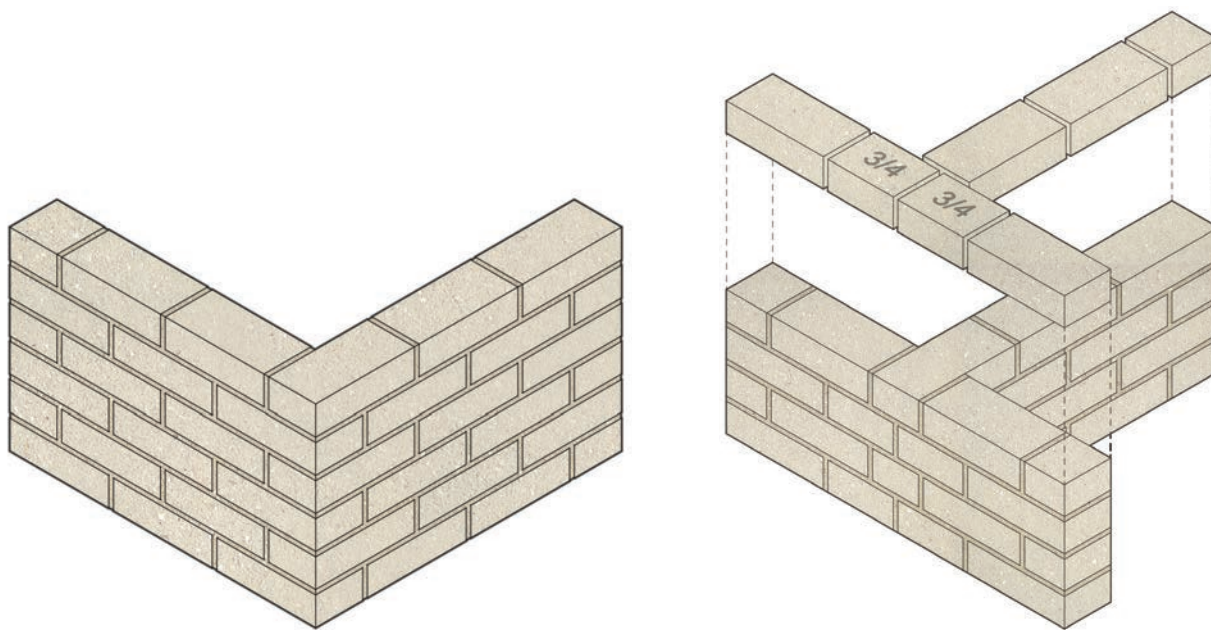
Pour les cloisons doubles et les cloisons doublées :

- L'ajout d'un isolant fibreux dans la lame d'air permet d'augmenter significativement l'affaiblissement acoustique.
- Veiller à ce qu'aucun élément de structure, surplus de mortier, etc. ne vienne créer un contact entre les deux parois, au risque de dégrader significativement les performances d'affaiblissement acoustique de la cloison double ou doublée.

Nota : l'ajout d'un enduit sur une ou deux faces, ou l'ajout d'un vernis ou d'un fixateur, peut généralement conduire à une légère amélioration de l'affaiblissement acoustique de la paroi, notamment pour les cloisons simples non doublées de 10 et 15 cm (de l'ordre de 1 à 2 dB pour un bouche-pores, et plus pour un enduit en fonction de son épaisseur).

DÉTAILS CONSTRUCTIFS

Angles

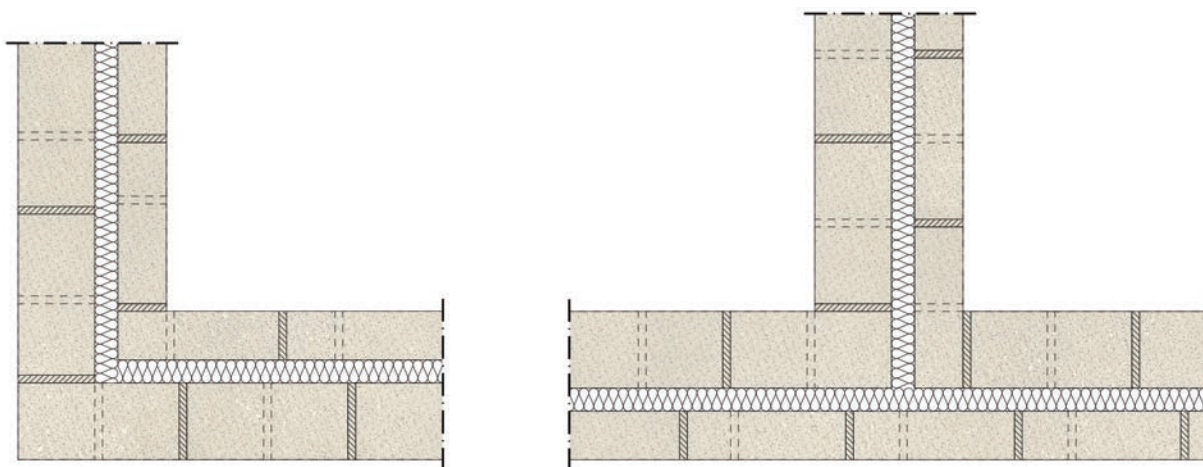


Principe d'appareillage des angles en L / en T

Dessins · CRAterre

Détail des angles en L / en T pour
les cloisons doubles

Dessins · CRAterre



Les angles doivent être réalisés par harpage des assises successives, de façon à assurer la continuité de l'appareillage.

Dans le cas des cloisons doubles, les angles doivent être réali-

sés de manière à ce que l'isolant soit continu.

Raidisseurs

Des raidisseurs sont disposés à chaque extrémité de la cloison (pas de bords libres) et lorsque la longueur de la paroi dépasse celle autorisée.

Les types de raidisseurs proposés sont illustrés à travers le cas d'une maçonnerie simple. Dans le cas de cloisons doubles ou doublées, les mêmes types de raidisseurs doivent être mis en œuvre. De plus, dans le cas des cloisons doubles et lorsqu'une performance acoustique est souhaitée, les raidisseurs des deux parois doivent être décalés.

La jonction entre la maçonnerie BTC et le raidisseur ne doit pas être remplie de mortier dans les cas où :

- une réduction des transmissions acoustiques latérales est souhaitée ;
- ou le raidisseur fait partie de la structure primaire du bâtiment.

Types de raidisseurs

Sont considérés comme raidisseur* :

- les poteaux ou murs faisant partie de la structure porteuse ;
- les ossatures en béton armé, bois ou métal, fixées en pied et en tête à la structure primaire ;
- les parois en BTC de mêmes natures liées perpendiculairement par harpage avec la cloison à raidir et d'une longueur minimum égale à 1/2 de la hauteur de la cloison ;
- les huisseries à impostes fixées en pied et en tête à la struc-

* AFNOR, 2008a. P1-1, § 5.1.2

ture primaire.

Dimensions indicatives des raidisseurs

Les dimensions des raidisseurs doivent être adaptées à l'épaisseur de la cloison, avec par exemple, comme dimensions minimales indicatives :

- Pour les raidisseurs béton armé : 95 x 150 mm ou 150 x 150 mm pour les maçonneries respectivement de 9,5 cm et 15 cm d'épaisseur,
- Pour les raidisseurs bois : 95 x 80 mm pour les maçonneries de 9,5 cm d'épaisseur ou 150 x 80 mm pour les maçonneries de 15 cm d'épaisseur,
- Pour les raidisseurs métal : UPE 120 + cornières ou IPE 120, ou tube 100x100 mm pour les maçonneries de 9,5 cm d'épaisseur.

Dans le cas de raidisseurs de dimensions différentes, le BET structure de l'opération doit s'assurer que ces raidisseurs conviennent d'un point de vue mécanique.

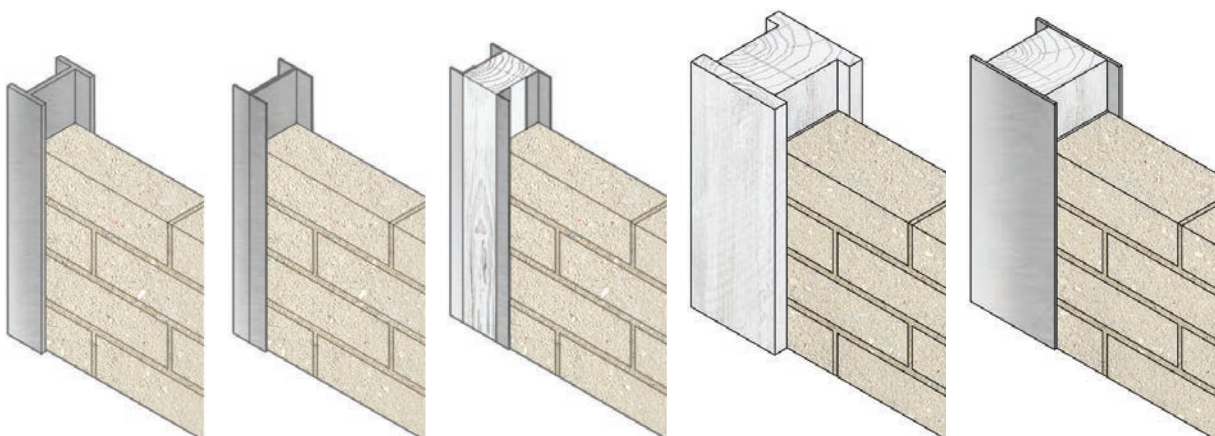
Profil des raidisseurs en bois et en métal

Les raidisseurs en bois et en métal doivent avoir un profil formant un U en section (gorge) destiné à recevoir les blocs maçonnés. Ce profil en U peut être obtenu :

- par la réalisation d'une gorge, de l'épaisseur de la maçonnerie en BTC, en réservation dans les poteaux ;
- par l'assemblage d'éléments verticaux rapportés, en bois ou en métal des deux côtés du poteau ;
- par une hybridation des deux systèmes : réalisation dans le poteau d'une feuillure en L, recevant les BTC, et fixation mécanique d'une pièce verticale assemblée à l'ossature, maintenant la face libre des BTC et fermant ainsi le profil en U.

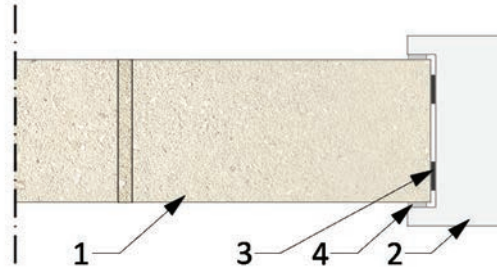
Exemples de raidisseurs en bois ou en métal avec profil en gorge

Dessins · CRAterre



La feuillure doit ménager une profondeur de 15 mm de façon à ce que le recouvrement de la maçonnerie se fasse sur une distance minimale de 8 mm.

-
1. Maçonnerie BTC
 2. Raidisseur en bois ou en métal
 3. Bande de joint mousse pré-comprimée si une exigence acoustique est recherchée
 4. Joint mastic si une exigence acoustique est recherchée
- Interface non remplie de mortier entre maçonnerie BTC et raidisseur en bois ou en métal
- Dessin · CRAterre

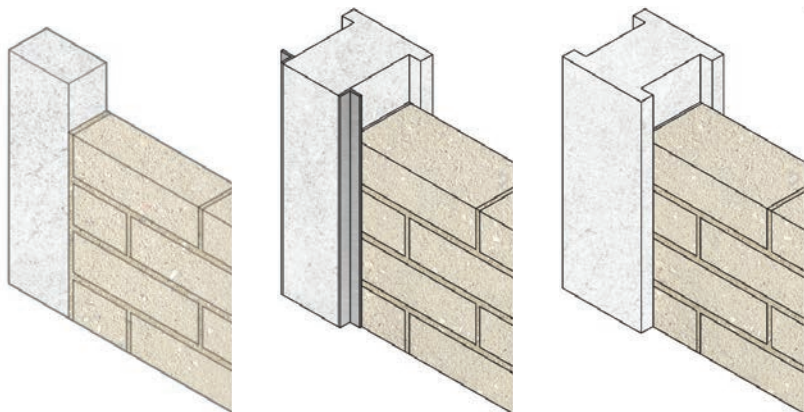


Lorsque cette jonction n'est pas remplie de mortier et qu'une performance acoustique est recherchée, des bandes de joints mousse pré-comprimée et du mastic sont appliqués.

Profil des raidisseurs en béton

Dans le cas de raidisseurs en béton, la liaison peut-être réalisée de la même manière qu'avec les raidisseurs en bois ou métal.

De plus, dans le cas où le raidisseur n'est pas un poteau ou mur faisant partie de la structure porteuse, une simple liaison maçonnerie avec le mortier de hourdage est possible. Une légère fissuration à l'interface mortier terre / béton est possible. Aussi,

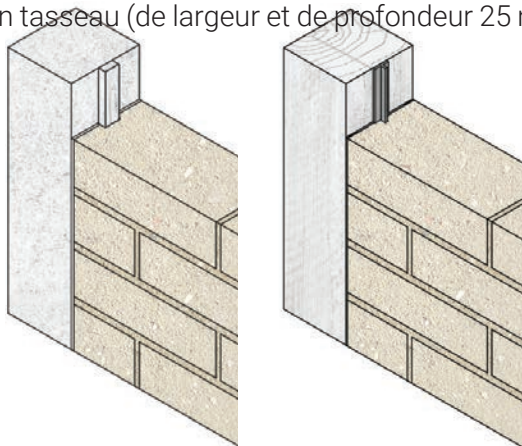


→
Exemples de raidisseurs en béton
Dessins · CRAterre

il est recommandé de réaliser un joint creux au niveau de cette interface, et si besoin d'appliquer un mastic élastomère, pour des raisons esthétiques ou acoustiques.

Système d'emboîtement par nervure centrale

Dans le cas de maçonneries d'épaisseur supérieure ou égale à 15 cm, une liaison par emboîtement par nervure centrale est possible. Un tasseau (de largeur et de profondeur 25 mm) ou un



profil métallique (profondeur 25 mm) est fixé au raidisseur, une rainure est creusée dans les BTC sur chantier.

Cas où une performance au feu de la cloison est recherchée

Dans le cas où la jonction avec le raidisseur ne serait pas remplie de mortier et qu'un classement EI serait recherché, l'interface sera traitée par exemple par l'application de deux bandes de joint mousse pré-comprimée et de deux cordons de mastic de type Rubson CF55 (un sur chaque face de la paroi).

L'attention du maître d'ouvrage est attirée sur le fait que la tenue des mastics des joints doit être vérifiée régulièrement, une fois par an minimum, afin de garantir la continuité dans le temps de l'étanchéité. L'apparition de retrait, manque ou fissuration dans le joint nécessitera une compensation de matière ou la reprise partielle ou complète du joint.

Liaisons par attaches de maintien

Cette solution demande des justifications supplémentaires à apporter par projet ou par Cycle Terre.

Des éléments de maintien de type attaches de cadres sont liés aux raidisseurs et répartis régulièrement sur la hauteur de la paroi. Ils peuvent être réalisés par des attaches d'ancrage métalliques, en acier inoxydable ou galvanisé, de type équerre, feuillard, fil ou pointe.

La liaison par emboîtement par nervure centrale est possible pour des maçonneries d'épaisseur inférieure à 15 cm qui justifieraient d'une résistance au cisaillement supérieure à 0,03 MPa selon la NF EN 1052-3, avec une largeur utile de la maçonnerie de part et d'autre de la nervure centrale de minimum 6 cm.



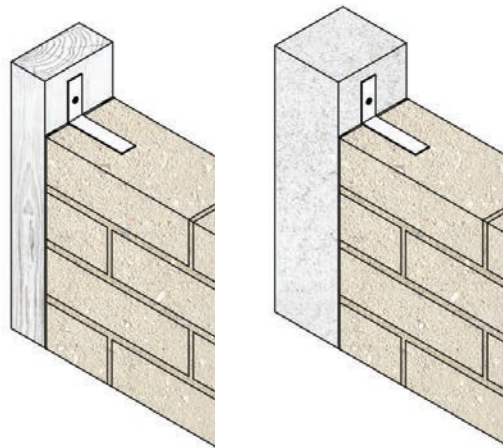
Exemples de raidisseurs avec emboîtement par nervure centrale

Dessins · CRAterre

Le montage par liaison par attaches de maintien présente des risques de faiblesse acoustique au niveau de l'interface entre la cloison et le poteau. Les valeurs d'affaiblissement acoustique indiquées au paragraphe *Affaiblissement acoustique* ne sont pas garanties dans ce cas.

Concernant les justifications supplémentaires nécessaires pour cette solution, contacter Cycle Terre ou se référer au guide de pose Cycle Terre, régulièrement mis à jour avec les PV d'essais réalisés.

→
Exemples de raidisseurs avec
pattes de scellement
Dessins · CRATERRE



Les attaches sont identiques à celles utilisées en maçonnerie classique de petits éléments et sont conformes à l'EN 845-1 *Spécification pour composants accessoires de maçonnerie*.

Les attaches d'ancrage sont fixées mécaniquement aux raidisseurs par des vis et/ou des chevilles adaptées à la nature du matériau et à la résistance recherchée. Elles sont scellées au fur et à mesure du montage dans les joints horizontaux de la maçonnerie BTC. Elles sont disposées au plus proche de l'axe du plan du mur, dans le tiers central de l'épaisseur de la cloison et doivent présenter une épaisseur (ou un diamètre) inférieure ou égale à la moitié de l'épaisseur du joint de montage.

Il est conseillé de contacter Cycle Terre pour la réalisation de cet essai de mesure réalisé selon la NF EN 846-7.

Elles doivent également pouvoir absorber un mouvement différentiel entre raidisseur et maçonnerie de BTC, pour cela elles doivent présenter des dispositions permettant un jeu vertical millimétrique/infra centimétrique : trou oblong, coulisse, etc.

Ces attaches de maintien doivent faire l'objet d'une mesure réalisée selon la NF EN 846-7, en association avec la maçonnerie Cycle Terre.

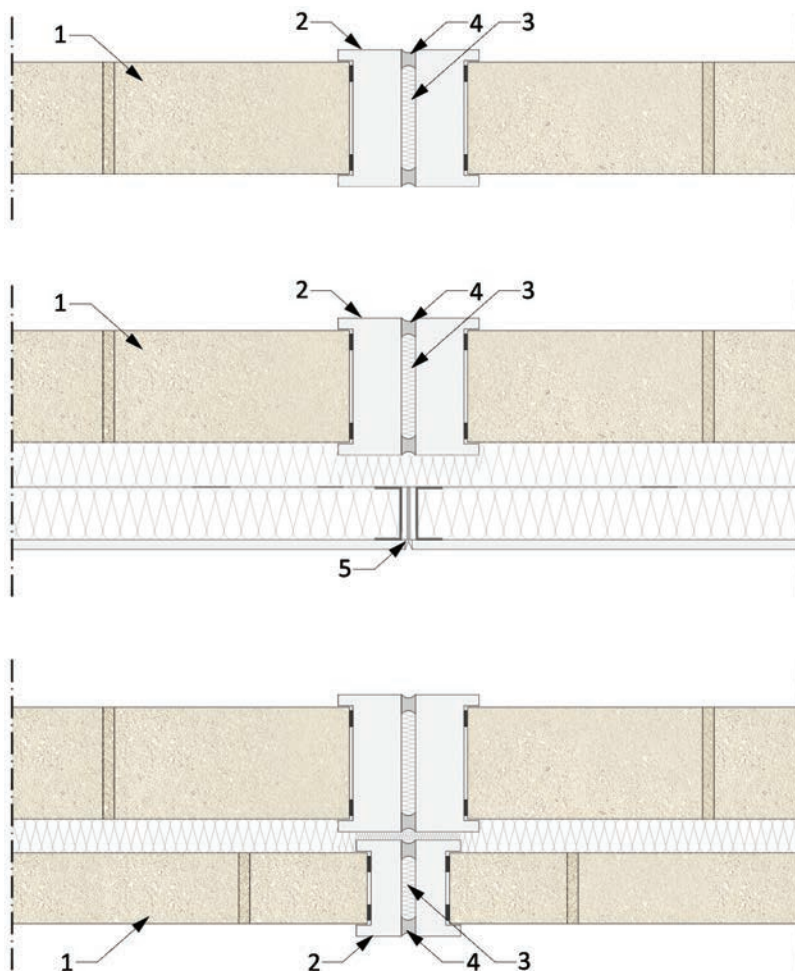
Résistance au cisaillement mesurée	Distance maximale entre attaches
30 à 59 daN	11 cm, soit une attache par rangée
60 à 89 daN	22 cm, soit une attache toutes les 2 rangées
90 à 119 daN	33 cm, soit une attache toutes les 3 rangées
120 à 149 daN	44 cm, soit une attache toutes les 4 rangées

Joint de retrait ou de dilatation

Si des joints de retrait ou de dilatation sont prévus dans la structure, ils doivent impérativement être prolongés verticalement dans la partie maçonnée en BTC, ainsi que dans l'éventuel doublage.

La largeur du joint doit être au moins égale à celle prévue dans la structure, sans être inférieure à 2 cm. Le joint peut être laissé vide ou rempli à l'aide d'une laine minérale non hydrophile de masse volumique inférieure à 30 kg/m³ ou d'un mastic élastomère. Si le mouvement est préservé (fixation d'un seul côté par exemple) et s'il n'y a pas de points durs, les joints de dilatation peuvent être recouverts d'un couvre-joint.

Les incidences acoustiques sont à évaluer au cas par cas (largeur du joint, locaux concernés, etc.). Des systèmes de couvre-joint peuvent être prévus si nécessaire, ou toute autre disposition permettant d'assurer la continuité des performances acoustiques recherchées le cas échéant.



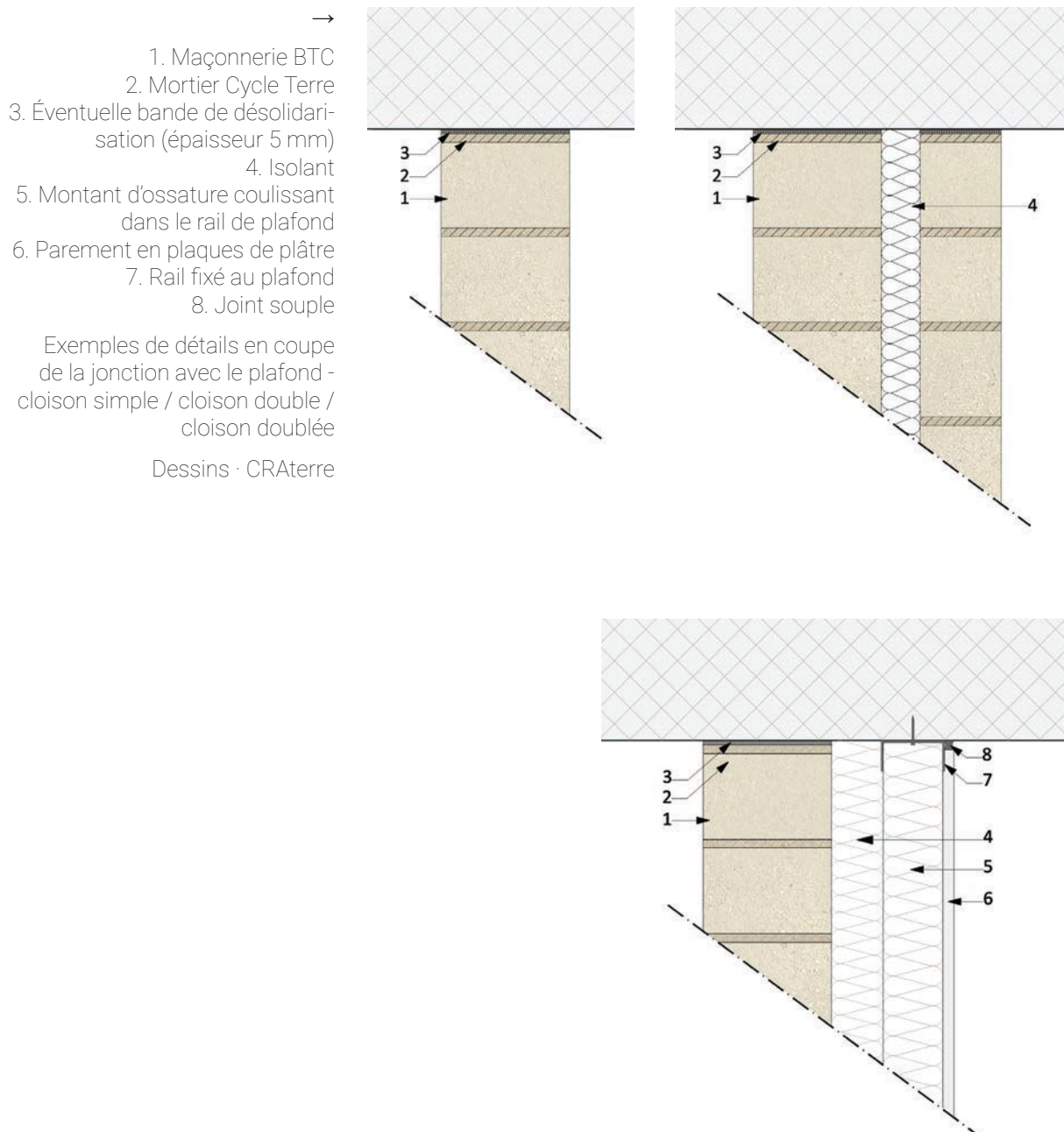
- 1. Maçonnerie BTC
- 2. Raidisseur
- 3. Laine minérale
- 4. Joint mastic
- 5. Profilé de fractionnement

Exemples de détail du prolongement d'un joint de retrait ou de dilatation dans la maçonnerie BTC - cloison simple / cloison doublée / cloison double

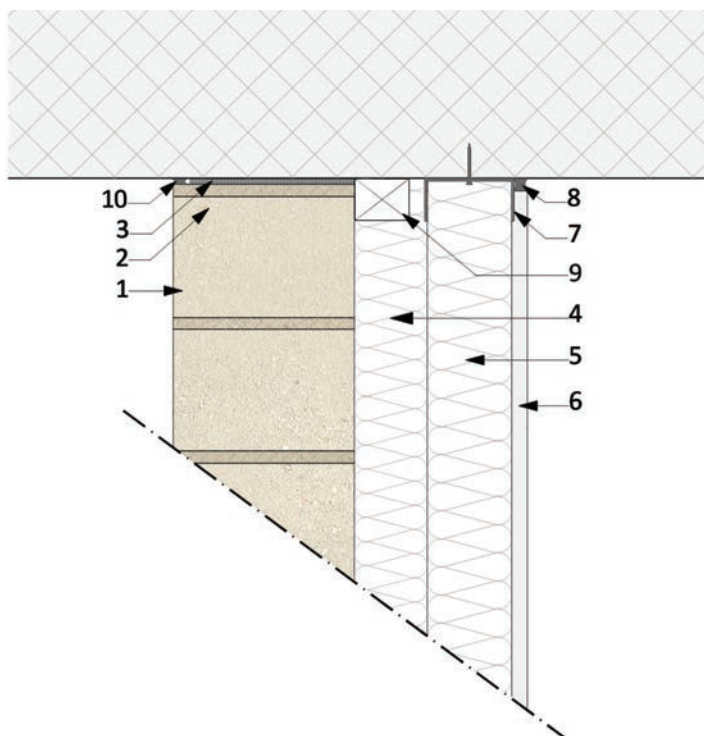
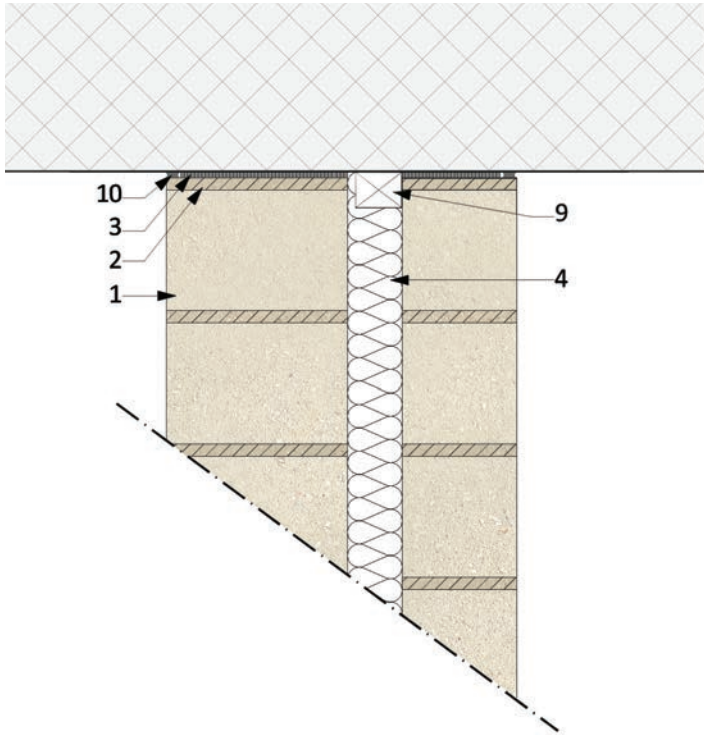
Dessins · CRATerre

Jonction avec le plafond

Si une bande de désolidarisation est prévue en tête de cloison, elle doit faire toute la largeur de la cloison. L'espace restant entre la maçonnerie et le plafond ou la bande de désolidarisation doit être le plus réduit possible. Le bourrage de cet espace est réalisé avec le mortier ayant servi au hourdage des BTC. Pour la cloison doublée, la désolidarisation du doublage est obtenue par coulisement de l'ossature de la cloison dans les éléments de jonction (rails, etc.) eux-mêmes solidaires des ouvrages adjacents.



Dans les cas des cloisons doubles et des cloisons doublées, si une performance acoustique est recherchée, un tasseau ou une cornière peut être fixé au gros œuvre entre les deux parois en n'étant pas en contact avec les deux parois en même temps.



←

1. Maçonnerie BTC
2. Mortier Cycle Terre
3. Éventuelle bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm)
4. Isolant
5. Montant d'ossature coulissant dans le rail de plafond
6. Parement en plaques de plâtre
7. Rail fixé au plafond
8. Joint souple
9. Tasseau en bois fixé au gros œuvre
10. Joint mastic

Exemples de détails en coupe de la jonction avec le plafond pour une performance acoustique améliorée - cloison double / cloison doublée

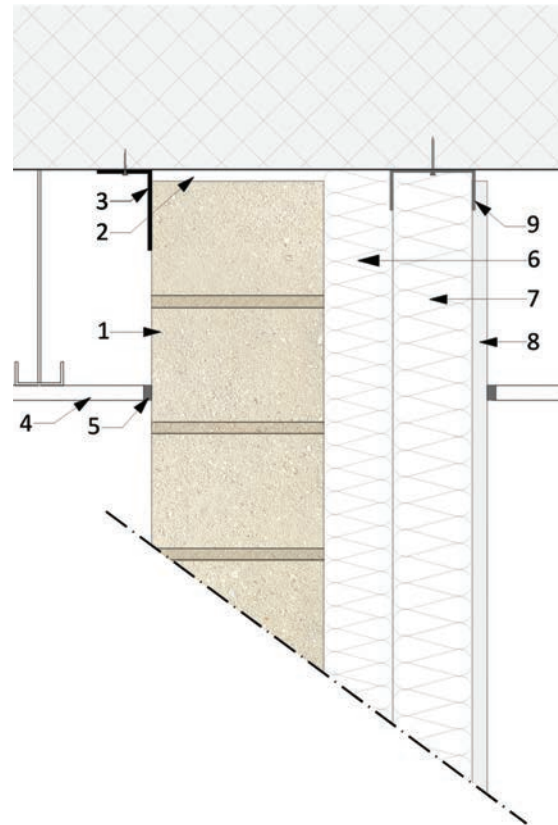
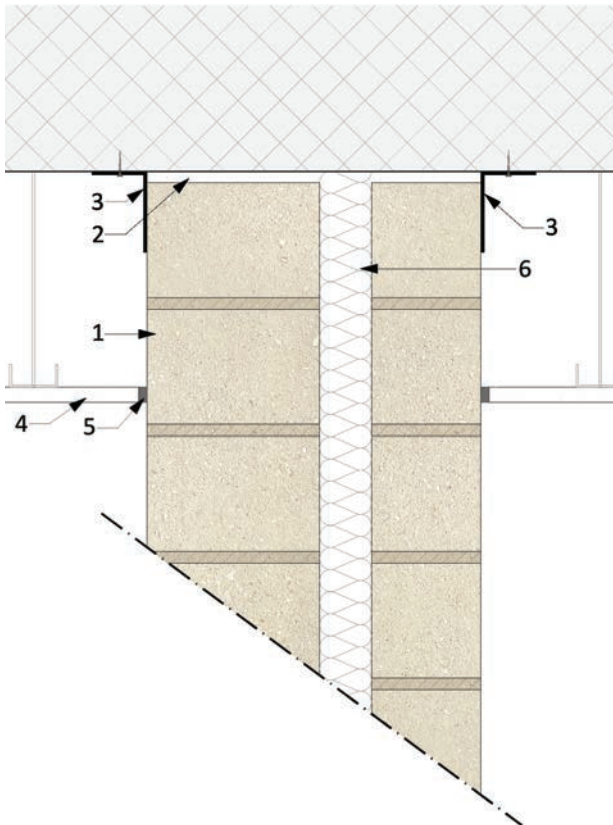
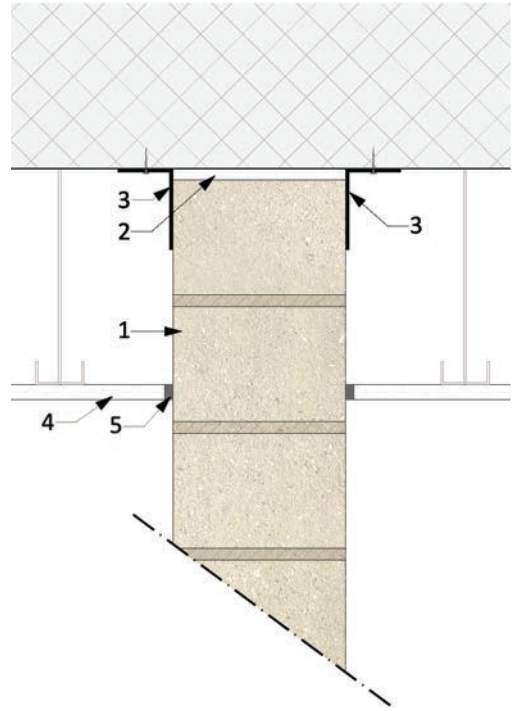
Dessins · CRAterre

La liaison avec le plafond peut aussi être assurée par des cornières métalliques ou tasseaux en bois fixés au gros œuvre de part et d'autre de la cloison, en particulier si une performance acoustique est recherchée et en cas de faux plafond.

-
1. Maçonnerie BTC
 2. Vide ou bourrage à la laine de bois ou au mortier terre avec une éventuelle bande résiliente si une performance acoustique est recherchée
 3. Cornière acier ou latte en bois fixée au gros œuvre
 4. Faux plafond
 5. Joint souple
 6. Isolant
 7. Montant d'ossature coulissant dans le rail de plafond
 8. Parement en plaques de plâtre fixé sur les montants mais pas sur le rail de plafond
 9. Rail fixé au plafond

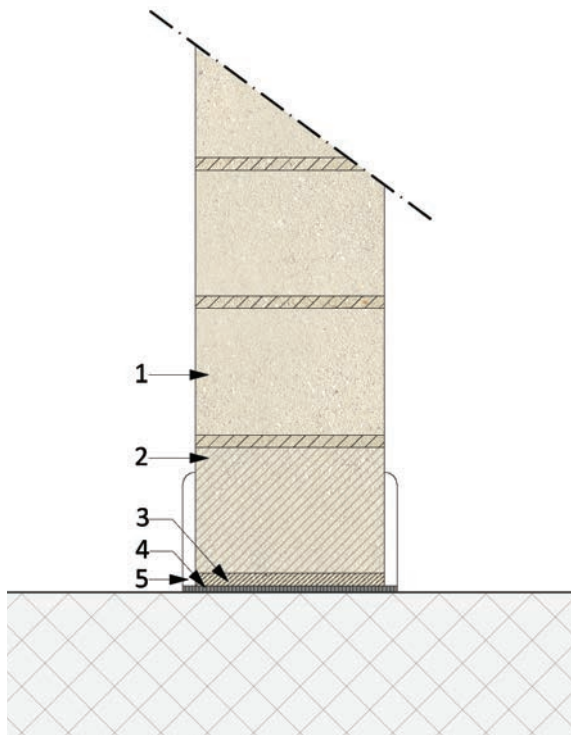
Exemples de détails en coupe de la jonction par cornières avec faux plafond - cloison simple / cloison double / cloison doublée

Dessins · CRAterre



Jonction avec le sol

Une bande de désolidarisation est fixée sur le sol avant le montage de la cloison. Pour des raisons acoustiques, elle doit faire toute la largeur de la cloison (plinthe et huisseries incluses). Le premier lit de mortier sur la bande de désolidarisation est un mortier sable-ciment dosé à 600 kg/m³ de ciment, de 2 cm d'épaisseur minimum. Si une protection renforcée à l'humidité est recherchée, le premier rang de maçonnerie peut être constitué de BTCS.

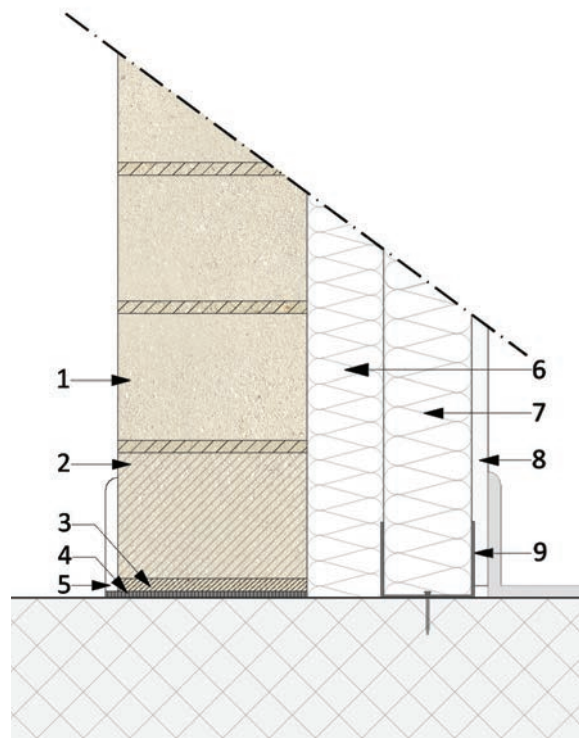
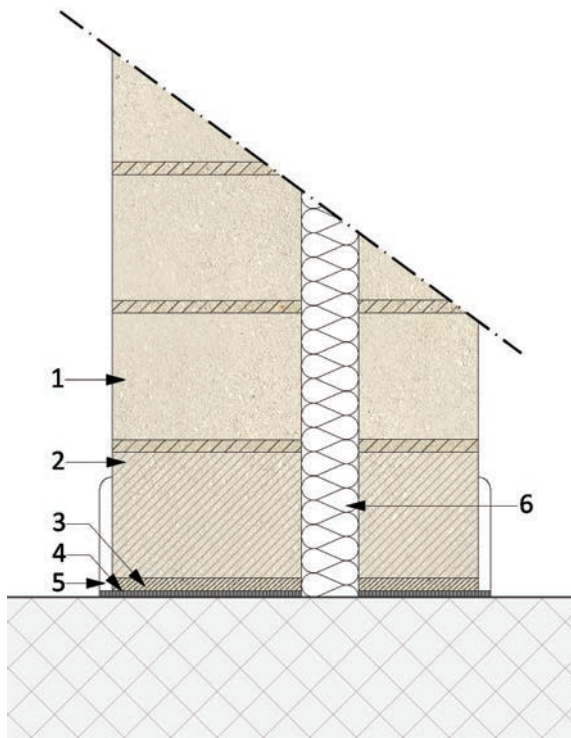


←

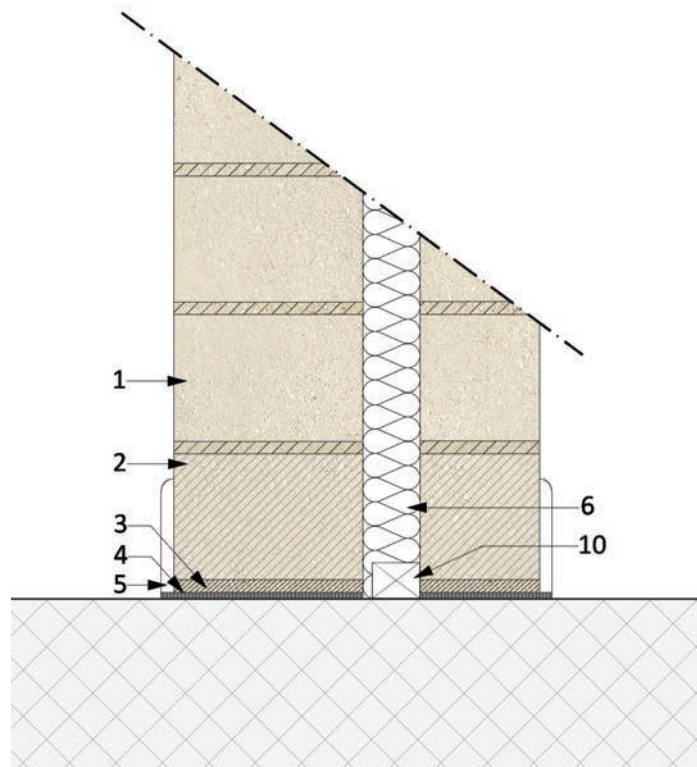
1. Maçonnerie BTC
2. Éventuellement BTCS si une protection renforcée à l'humidité est recherchée
3. Mortier sable-ciment (600 kg/m³ de ciment, ép. min. 2 cm)
4. Bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm ou 10 mm selon les cas)
5. Plinthe
6. Isolant
7. Montant d'ossature coulissant dans le rail de sol
8. Parement en plaques de plâtre
9. Rail fixé au sol

Exemples de détails en coupe de la jonction sur sol fini - cloison simple / cloison double / cloison doublée

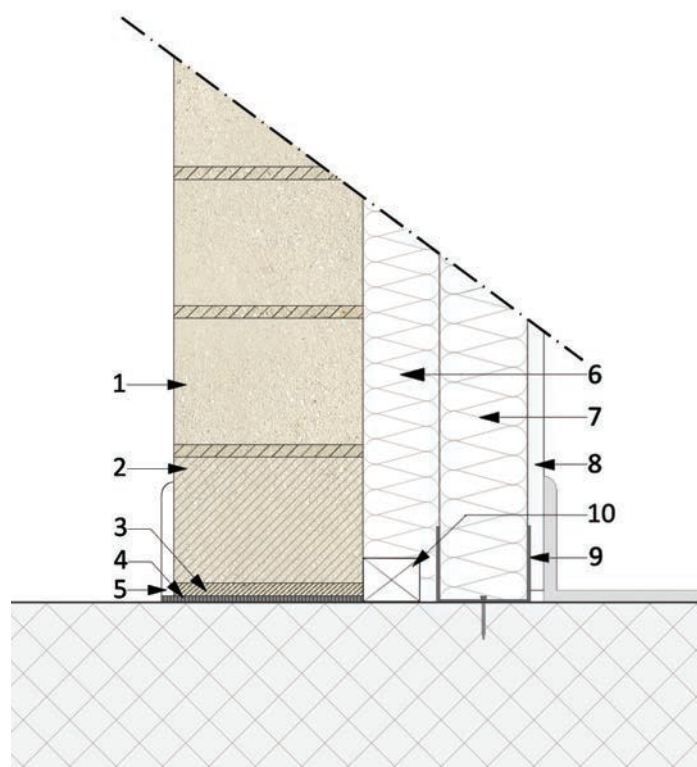
Dessins · CRAterre



Dans les cas des cloisons doubles et des cloisons doublées, si une performance acoustique est recherchée, un tasseau ou une cornière peut être fixé au gros œuvre entre les deux parois en n'étant pas en contact avec les deux parois en même temps.

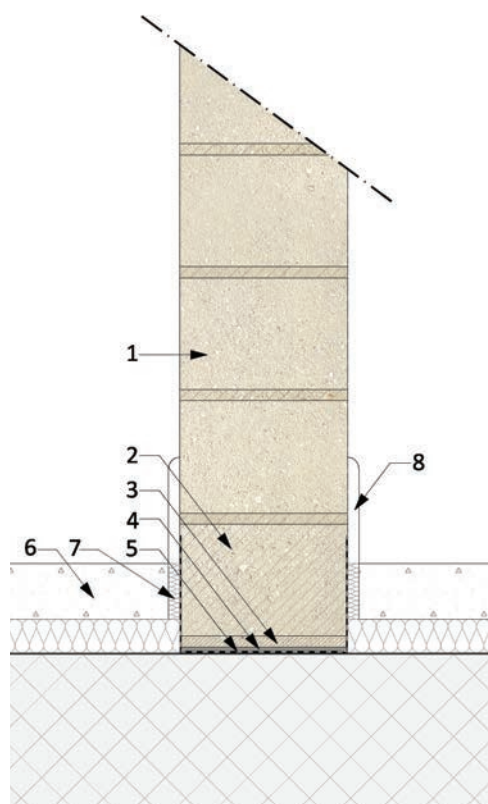


-
1. Maçonnerie BTC
 2. Éventuellement BTCS si une protection renforcée à l'humidité est recherchée
 3. Mortier sable-ciment (600 kg/m³ de ciment, ép. min. 2 cm)
 4. Bande de désolidarisation
 5. Plinthe
 6. Isolant
 7. Montant d'ossature coulissant dans le rail de sol
 8. Parement en plaques de plâtre
 9. Rail fixé au sol
 10. Tasseau en bois fixé au gros œuvre
- Exemples de détails en coupe de la jonction sur sol fini pour une performance acoustique améliorée - cloison double / cloison doublée



Dessins · CRAterre

En cas de chape flottante interrompue (solution intéressante d'un point de vue acoustique), le premier lit de maçonnerie doit être en BTCS. Une remontée d'étanchéité doit être mise en place, de 2 cm au-dessus du sol fini au minimum.

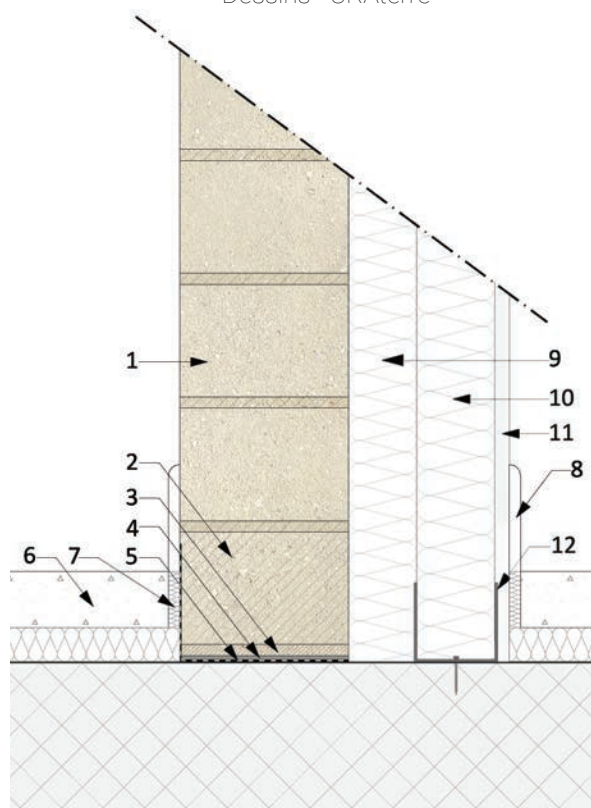
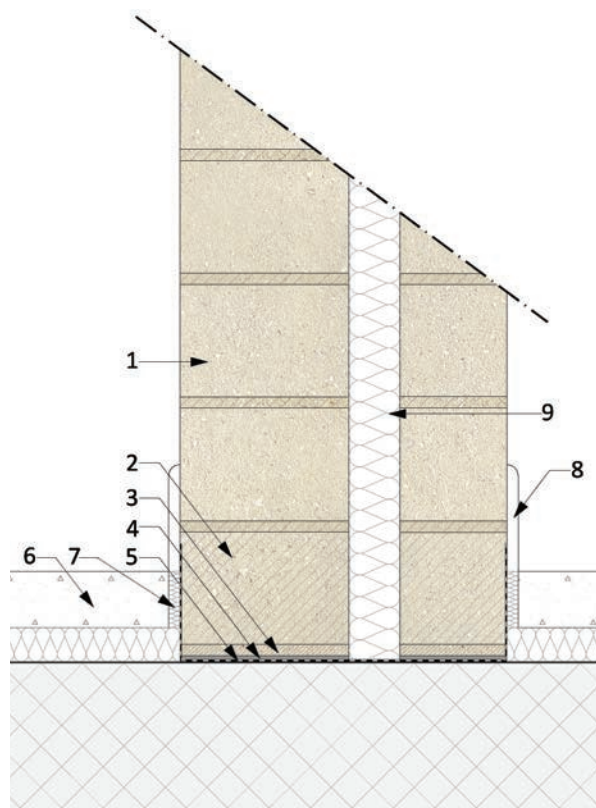


←

1. Maçonnerie BTC
2. BTCS
3. Mortier sable-ciment (600 kg/m³ de ciment, ép. min. 2 cm)
4. Bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm ou 10 mm selon les cas)
5. Barrière d'étanchéité dépassant au minimum de 2 cm au-dessus du sol fini
6. Chape flottante réalisée après la cloison
7. Calfeutrement périphérique
8. Plinthe
9. Isolant
10. Montant d'ossature coulissant dans le rail de sol
11. Parement en plaques de plâtre
12. Rail fixé au sol

Détail en coupe de la jonction avec chape flottante - cloison simple / cloison double / cloison doublée

Dessins · CRAterre



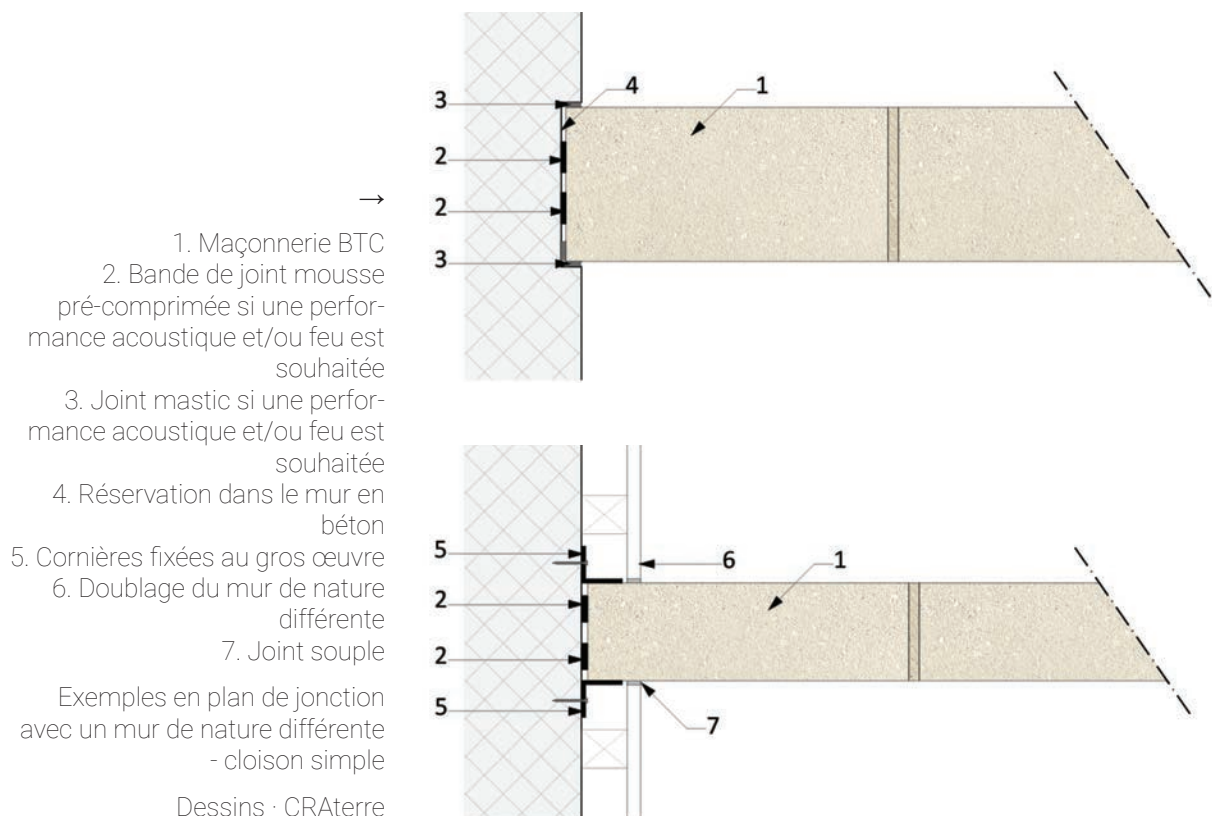
Jonction avec une paroi de nature différente

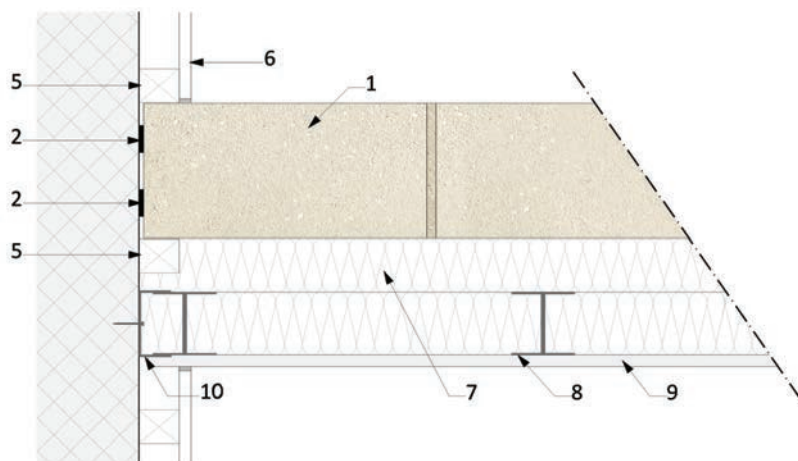
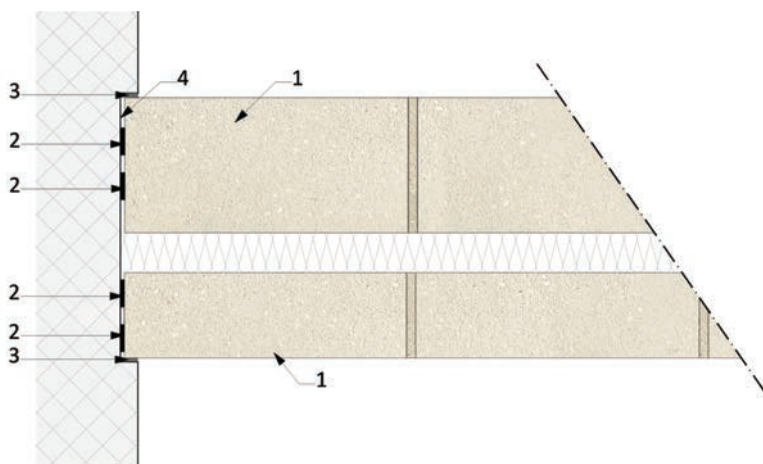
La jonction entre la maçonnerie BTC et une paroi de nature différente doit assurer le maintien latéral de la maçonnerie pour l'empêcher de basculer. Les dispositifs décrits pour assurer la liaison entre les raidisseurs et la maçonnerie peuvent être utilisés.

En particulier, cette jonction peut être réalisée avec un système de gorge constitué par une réservation dans le mur de nature différente ou la fixation de cornières ou tasseaux dans le gros œuvre de part et d'autre de la cloison si la paroi de nature différente est doublée.

Lorsque la paroi est structurelle, l'interface ne doit pas être remplie de mortier.

Dans le cas où une exigence acoustique et/ou un classement EI seraient recherchés, l'interface doit être traitée par l'application d'une bande de joint mousse pré-comprimée faisant office de fond de joint et de mastic sur les deux faces (Rubson CF55 dans le cas d'une performance au feu).





←

1. Maçonnerie BTC
2. Bande de joint mousse pré-comprimée si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
3. Joint mastic si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
4. Réserve dans le mur en béton
5. Tasseau fixé au gros œuvre
6. Doublage du mur de nature différente
7. Isolant
8. Montant d'ossature coulissant dans le rail fixé au mur
9. Parement en plaques de plâtre
10. Rail fixé au mur

Exemples en plan de jonction avec un mur de nature différente - cloison double / cloison doublée

Dessins · CRAtterre

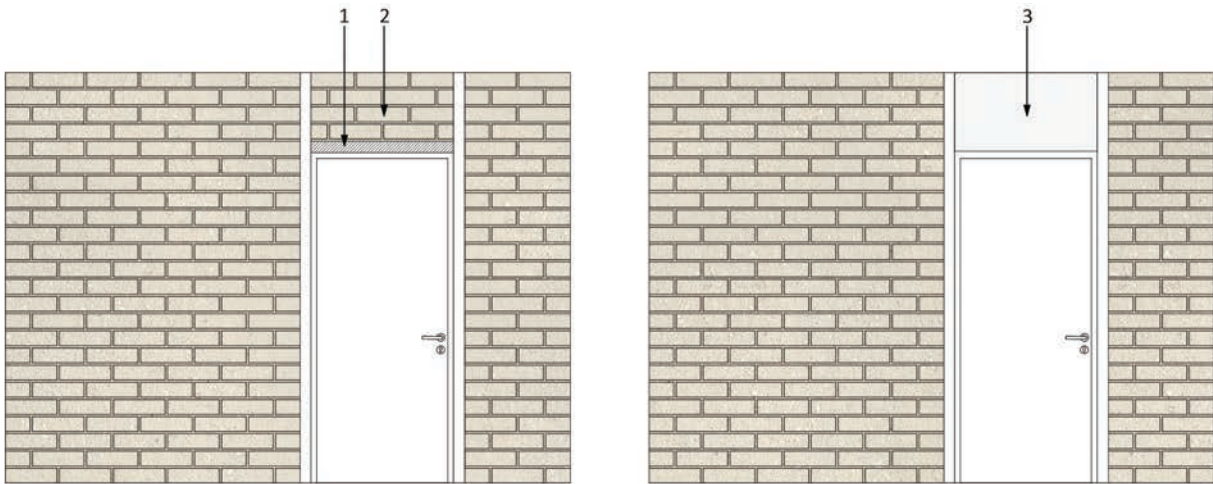
↓ **Jonction avec les huisseries**

- 1. Linteau fixé aux raidisseurs
- 2. Imposte en BTC
- 3. Imposte incluse dans le lot menuiserie avec le bloc porte

Cadre de porte jouant le rôle de raidisseur - imposte en BTC / imposte en matériau différent

Dessins · CRAterre

Le cadre de porte doit jouer le rôle de raidisseur. Le cadre va jusqu'en haut du mur (huisserie à imposte fixée en tête et en pied). L'imposte est composée soit de maçonnerie en BTC, soit d'un autre matériau intégré au bloc porte et prévu par le lot menuiserie. Dans le cas d'une imposte en BTC, un linteau dimensionné pour supporter l'imposte doit être fixé aux raidisseurs.

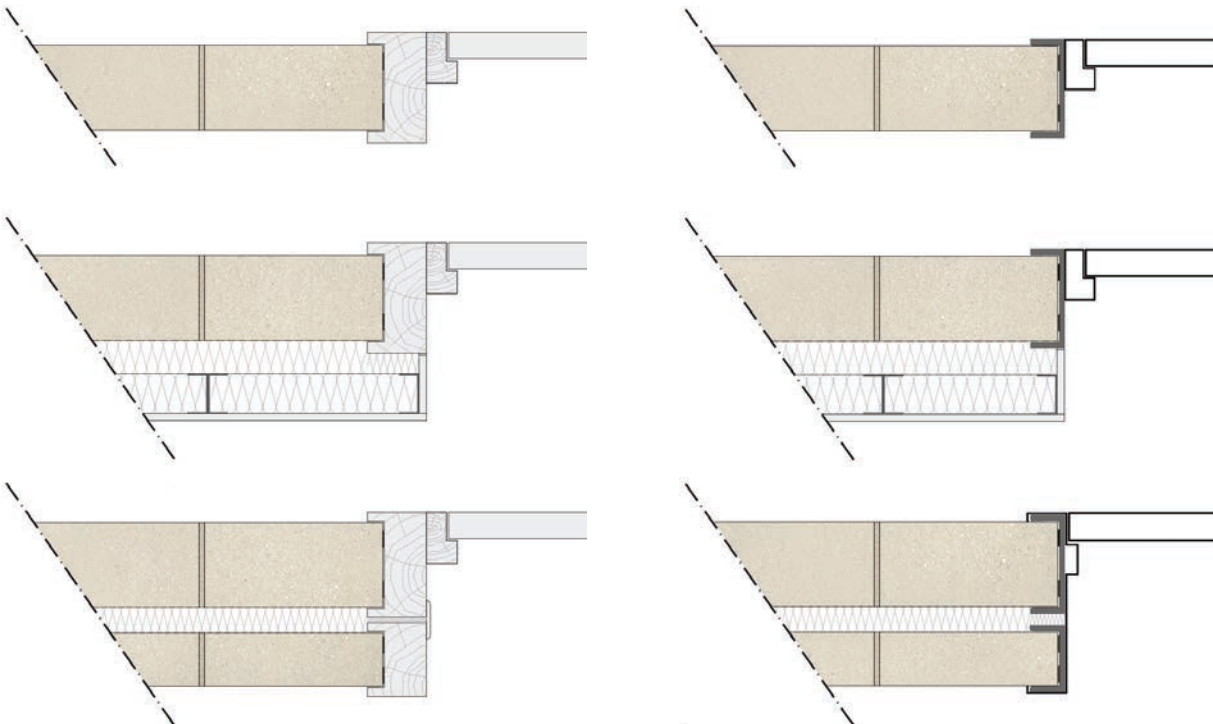


↓

Exemples de jonctions avec un cadre de porte jouant le rôle de raidisseur

Dessins · CRAterre

En tant que raidisseurs, les montants du cadre de porte doivent être dimensionnés de la même manière que les raidisseurs et présenter un profil formant un U en section destiné à recevoir les blocs maçonnés.



Pièces humides

Dans le cadre de l'ATEX, des BTCS doivent être utilisés pour la construction des cloisons dans le cas de locaux humides.

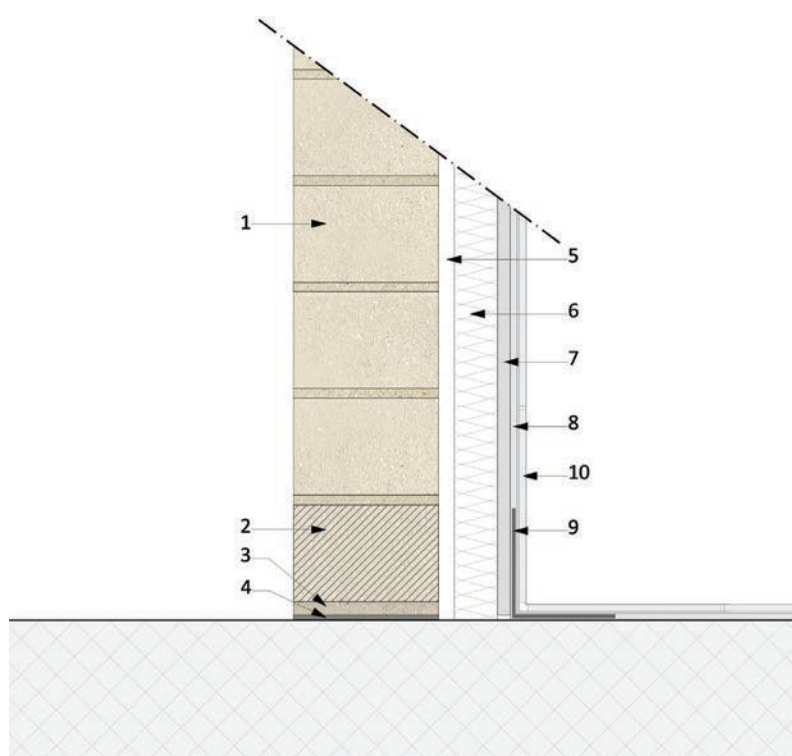
Pied de cloison

Le premier lit de mortier sur la bande de désolidarisation est un mortier sable-ciment dosé à 600 kg/m³ de ciment et d'une épaisseur de 2 cm au minimum. La première assise des cloisons doit être réalisée en BTCS.

Doublage des parois

Un doublage étanche doit protéger les murs en BTC dans les zones exposées aux projections et stagnations d'eau régulières. Les murs en BTC doivent recevoir :

- un doublage en blocs de ciment ou en briques plâtrières, séparé par une lame d'air. Sur ce doublage, est mis en œuvre une étanchéité de type liquide suivie d'une finition de type faïence,
- ou, dans le cas de locaux classés EB+ privatif, un doublage en plaques de plâtre hydrofuges, une étanchéité liquide et une finition de type faïence.



←

1. Maçonnerie BTC
2. BTCS
3. Mortier sable-ciment (600 kg/m³ de ciment, ép. min. 2 cm)
4. Bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm ou 10 mm selon les cas)
5. Lame d'air
6. Ossature de doublage désolidarisée de la maçonnerie et isolant si nécessaire
7. Parement en plaques de plâtre hydrofugées
8. Primaire et résine en deux passes
9. Bande de renfort étanche
10. Colle à carrelage et carrelage

Exemple de détail en coupe du pied de cloison et du doublage dans les pièces humides

Dessins · CRATerre

LES BTC EN PAREMENT

À paraître

LES BTC EN REMPLISSAGE DE FAÇADE, SUPPORTS D'ITE

À paraître

DÉTAILS TECHNIQUES COMMUNS À TOUTES LES SOLUTIONS DE PAROIS

PASSAGES DES RÉSEAUX

Les BTC étant destinés, dans la plupart des cas, à rester apparents, il est préférable d'éviter les saignées au profit d'autres types de passages, soit en applique, soit en profitant au mieux des éléments qui ne sont pas en BTC : raidisseurs, vide entre les deux parois ou entre la paroi et le doublage, plancher, etc. Pour ne pas détériorer les performances acoustiques d'une paroi double ou d'une paroi doublée, les réseaux ou gaines passant entre les deux ne doivent pas toucher les faces intérieures et ne doivent pas être comprimés.

Si le mur est destiné à être enduit, il est possible de passer des gaines dans un mur en BTC par saignées, rainurage et rebouchage.

Si la maçonnerie reste apparente et qu'il est nécessaire d'y incorporer des réseaux électriques, la gaine (ICT) doit cheminer dans les blocs. Les montées et descentes de gaines dans les joints entre deux BTC doivent être privilégiés, soit en utilisant des blocs spéciaux (cf. fiche produit), soit en rainurant et perçant les blocs sur le chantier. Les passages sont alternés entre traversée dans les joints et traversée dans le centre des blocs.

Dans tous les cas, le passage par saignée et encastrement devra respecter la norme NF C15-100 et le mémento du NF DTU 20.13 P3 pour les canalisations électriques.

Pour tous réseaux incorporés aux murs, on doit veiller à ce que :

- ils n'affaiblissent pas la résistance des ouvrages,
- ils ne favorisent pas de corrosion ou de condensation,
- ils soient équipés d'un fourreau étanche sans rupture,
- ils soient incorporés dans les BTC avec des percements adaptés au passage de réseaux.

Il est important de minimiser tout passage de gaines dans les parois maçonnées fines (épaisseur de 15 cm ou moins).

Fixation boîte électrique

Il est possible d'intégrer aux parois BTC des boîtes d'encastrement électrique pour des équipements de type interrupteur ou prise de courant. Cependant, pour une meilleure finition, on peut chercher autant que possible à positionner ces équipements ailleurs que dans les murs BTC, par exemple :

- dans les soubassements béton,
- dans les précadres de menuiserie,
- dans des parois d'une autre nature.

Réseaux de plomberie

L'incorporation des réseaux de plomberie au sein du mur est proscrite. Seules les traversées ponctuelles sont permises. Les risques de pathologies dues à l'humidité peuvent entraîner des désordres importants. Tout raccord à l'intérieur du mur est proscrit, les traversées doivent être équipées d'un fourreau étanche sans rupture.

Réservations en traversée de cloison

Dans le cas où aucune performance au feu n'est attendue de la cloison, des réservations au travers de la cloison, par exemple pour le passage des réseaux, d'une taille maximale de 200 cm² sont permises, sans mise en place de raidisseurs, de linteaux ou d'un cadre support particulier. La largeur du passage sera à adapter au format des blocs en évitant, dans la mesure du possible, d'être supérieur à 10 cm. La largeur cumulée horizontale des réservations pour les traversées des cloisons ne doit pas fragiliser les maçonneries. Pour cela, on se limitera à une largeur cumulée d'au maximum 0,10 fois la longueur du pan de mur. L'impact de ces traversées sur la performance acoustique de la paroi devra être vérifié par le concepteur. Les passages de câbles et tuyaux unitaires d'un diamètre maximal de 100 mm peuvent être calfeutrés au mortier.

FIXATION DE CHARGES NON STRUCTURELLES

Aucune fixation par clouage ou pistoscellement ne peut être réalisée dans la maçonnerie.

Quel que soit le type de fixation, une distance minimale aux bords de la maçonnerie supérieure à la profondeur d'ancrage doit être respectée. Si le sens de la fixation est parallèle au matériau, dans l'axe du plan du mur, la fixation s'effectue dans le tiers central du mur et la distance au bord peut être réduite à 1 fois la profondeur d'ancrage. Une distance minimale entre fixations doit respecter un entraxe minimum de 2 fois la profondeur d'ancrage.

La fixation d'objet de masse inférieure à 30 kg est autorisée avec des chevilles expansives plastiques ou des chevilles à expansion en caoutchouc.

La fixation d'objets de masse comprise entre 30 et 110 kg est autorisée soit avec des vis HUS3 de Hilti ou équivalent, soit avec des tiges filetées HIT-V de Hilti ou équivalent avec scellement chimique par résine HY 170 de Hilti ou équivalent, à raison de 4 vis ou tiges minimum.

Les mesures de résistance à la traction de ces attaches sont respectivement de 3,3 et 4,8 kN dans une maçonnerie de 9,5 cm d'épaisseur (cf. paragraphe *Essai d'accrochage-fixations*).

La fixation d'éléments participant à la structure du bâtiment n'est pas autorisée dans la maçonnerie.

FINITIONS INTÉRIEURES

La maçonnerie en BTC est destinée à rester apparente sans traitement particulier de finition. Cependant d'autres finitions peuvent être réalisées.

Fixateur, vernis ou peinture

Sur les murs très sollicités (contact par frottement), il est possible d'appliquer un fixateur, un vernis (type vernis pour support pierre) ou une peinture (type peinture à base minérale), pour éviter que des poussières ou grains fins ne se détachent du mur. Il convient alors d'employer des solutions non filmogènes et perméables à la vapeur d'eau. Il faut se référer aux caractéristiques et aux fiches produits des fabricants pour vérifier la compatibilité avec le support terre crue. Il s'agit souvent de produits à badigeonner ou à pulvériser sur les surfaces à traiter. Quelques références commerciales existent, citons par exemple les produits de type Tierrafix Nature et Harmonie®.

Il existe également des recettes comportant différents adjuvants, liquides ou en poudre, adaptées aux supports en BTC et généralement utilisées pour la finition des enduits*. Ce sont, la plupart du temps, des recettes ou produits à base de caséine, de sel d'alun, de méthylcellulose (colle à papier peint), des badigeons à base de chaux ou des solutions à base d'huile. Il convient alors de pratiquer des essais sur des surfaces d'environ 1 m² afin de vérifier la bonne compatibilité avec le support.

Enduit

Les mortiers d'enduits Cycle Terre peuvent être utilisés comme enduits sur les maçonneries de BTC. Il est rappelé que ces mortiers d'enduits sont produits à partir de la même terre que celle utilisée pour les BTC et BTCS, que leur formulation est très proche de celle du mortier de pose. L'ajout préalable par la Fabrique de sable dans les mortiers et enduits réduit leur sensibilité au gonflement / retrait. Par ailleurs, la résistance à l'arrachement des mortiers d'enduits Cycle Terre sur maçonnerie en BTC Cycle Terre répond aux exigences des *Règles professionnelles pour la mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue***.

Dans le cas où un autre enduit serait utilisé, le concepteur doit s'assurer de sa compatibilité avec le support en maçonnerie BTC Cycle Terre selon les *Règles professionnelles pour la mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue****.

* Réseau Écobâtir, 2013

** Réseau Écobâtir, 2013

*** Réseau Écobâtir, 2013

Pièces humides

Un doublage étanche doit protéger les murs en BTC dans les zones exposées aux projections et stagnations d'eau régulières.

Les murs en BTC des locaux EB et EB+ doivent recevoir :

- un doublage en blocs de ciment ou briques plâtrières, séparé par une lame d'air. Sur ce doublage, est mis en œuvre une étanchéité de type liquide suivie d'une finition de type faïence,
- ou un doublage en plaques de plâtre hydrofuges, une étanchéité liquide et une finition de type faïence.

JUSTIFICATIONS DES PERFORMANCES DES OUVRAGES MAÇONNÉS

JUSTIFICATIONS DES PERFORMANCES DES CLOISONS MAÇONNÉES

Stabilité et résistance mécanique des cloisons

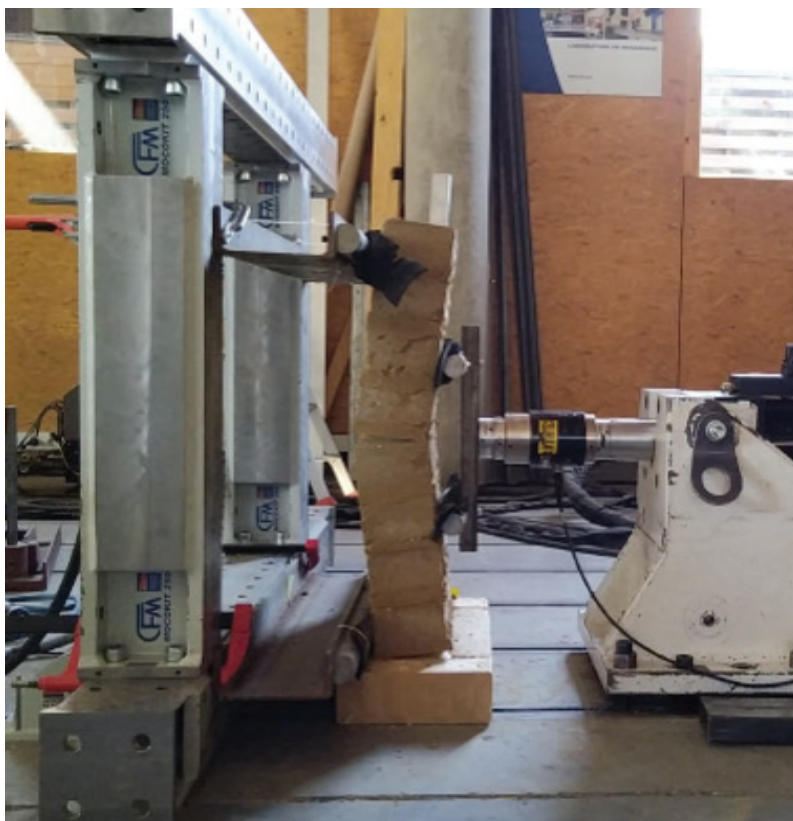
Deux méthodes peuvent être utilisées pour justifier des dimensionnements de cloisons intérieures.

La première méthode s'appuie sur le fait que la résistance au choc de sécurité est réputée conférer une résistance satisfaisante au vent (par application du paragraphe 5.3 du DTU 20.13 partie 1-1 pour le dimensionnement des cloisons). Les dimensions maximales sont donc dictées par la taille des échantillons utilisés pour les essais aux chocs. En février 2021, un seul échantillon a été testé aux chocs en configuration de cloisons intérieures, qui a pour hauteur 260 cm et longueur 350 cm. Ce sont donc ces dimensions-là qui sont retenues comme dimensions maximales pour les cloisons Cycle Terre. D'autres essais aux chocs, réalisés conformément à la norme NF P08-301, pourront valider des dimensions de panneaux plus grandes (dans la limite d'un élancement de 20).

La deuxième méthode (hors ATEX) s'appuie sur l'application des formules de dimensionnement de l'EC6, sur la base de caractéristiques de maçonnerie définies par défaut ou déterminées selon les normes en vigueur :

- Mesures de résistance à la compression du mortier selon NF EN 1015-11 ;
- Mesures de résistance à la compression des BTC selon NF EN 772-1 ;
- Mesures de résistance à la flexion de la maçonnerie selon NF EN 1052-2 ou NF EN 1052-5 ;
- Mesures de résistance au cisaillement de la maçonnerie selon NF EN 1052-3 ;
- Dimensionnement de la cloison à partir de ces valeurs et par application des formules de dimensionnement de l'EC6, avec utilisation :
 - d'un coefficient K égal à 0,4 (soit 90 % du coefficient recommandé pour la maçonnerie de pierre) pour le calcul de la résistance à la compression de la maçonnerie ;
 - d'un coefficient δ relatif à la taille des éprouvettes d'essais BTC de 0,85 (hauteur : 95 mm et largeur : 150 mm) ;
 - d'un coefficient χ relatif au conditionnement des éprouvettes de 1 (séchage à l'air) ;
 - d'un coefficient de sécurité de 3 (éléments de catégorie 2, niveau de contrôle IL1 (contrôle interne uniquement), ouvrage non structurel).

Des essais de caractérisation de la maçonnerie Cycle Terre sont en cours et permettront de proposer d'autres dimensionnements, notamment des hauteurs de cloisons plus importantes.



Mesure de résistance à la flexion de la maçonnerie en BTC Cycle Terre

Essai de résistance aux chocs mous

Cet essai est décrit dans la norme NF P 08-301 : un sac sphéro-conique de 50 kg est lâché sur le mur à tester avec une hauteur de chute variable, dépendant de l'énergie de chocs à tester. Pour les essais Cycle Terre, le sac ces hauteurs de chute étaient de 24 cm (choc de 120 J), 48 cm (choc de 240 J), 80 cm (choc de 400 J) puis 180 cm (choc de 900 J).

Le mur soumis à l'essai est en maçonnerie BTC format parement non stabilisé et mortier non stabilisé, de dimensions : hauteur : 2,6 m, longueur : 3,5 m, épaisseur : 9,5 cm.

Suite aux chocs d'usage (3 chocs de 120 J), aucun désordre apparent n'a été relevé.

Suite aux chocs de sécurité (240 J, 400 J, 900 J), la cloison n'est ni traversée, ni effondrée, et il n'y a pas de chute de partie de cloison dangereuse pour l'occupant

La validation de ces essais permet de justifier d'une conformité d'usage pour tous types de cloisons intérieures, y compris en surplomb. Par ailleurs, la validation du choc à 900 J permet de valider une utilisation en remplissage de façade.

Une vidéo de synthèse de ces essais est disponible en ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=B0lpxv4gZso&feature=youtu.be>



↑

Essai de résistance aux chocs mous réalisé sur un mur en BTC Cycle Terre de 9,5 cm d'épaisseur



↑

Aucun désordre apparent suite aux chocs d'usage et de sécurité

Les essais satisfaits sur cette configuration sont considérés comme satisfaits pour des configurations plus favorables, à savoir :

- une maçonnerie en BTC format standard maçonné en pan-neresse, d'épaisseur 15 cm ;
- l'ensemble de ces configurations avec mortier stabilisé et BTC non-stabilisés ;
- l'ensemble de ces configurations avec mortier stabilisé et BTC stabilisés.

Essai d'accrochage-fixations de charges lourdes

La maçonnerie support est une maçonnerie de BTC en format parement (315 mm x 95 mm x 95 mm, avec empreintes) et mortier terre Cycle Terre. Le mur mesure 2,6 m de haut et 3,5 m de large.

Suspension d'objets lourds en charge excentrée

Cet essai est décrit dans le *Cahier 3750 du CSTB**. Deux consoles comportant chacune deux points de fixation sont fixées sur la cloison, avec un écartement de 50 cm. Une charge de 50 puis 100 kg est appliquée sur ces consoles. La charge de 100 kg est maintenue pendant 24 h, puis augmentée jusqu'à la ruine.

Les consoles sont fixées à 4 vis HUS3 de Hilti (diamètre 8 mm et longueur 85 mm). Le perçage a été fait avec une perceuse (sans percussion) et une mèche de diamètre 8 mm sur une profondeur de 80 mm, ce qui correspond à environ 70 mm de profondeur d'implantation effective des vis. Une rondelle a permis d'assurer le contact entre la console et la tête de vis.

Une première charge de 50 kg n'entraîne pas de flèche (inférieur à 1 mm). Après chargement à 100 kg, une flèche instantanée de 1 mm est mesurée, qui reste stable pendant 24 h. Après 24 h, la console est chargée jusqu'à rupture, obtenue pour 330 kg, avec une rupture du support.



Essai de suspension d'objets lourds en charge excentrée réalisé sur un mur en BTC Cycle Terre

* CSTB, 2014



↑
Tige HIT-V et résine HY170 Hilti



↑
Vis à béton HUS3 Hilti

Mesures d'arrachement à l'extractomètre

Ces mesures d'arrachement ont été réalisées grâce à un extractomètre de type Dynatest (16 kN) mis à disposition de l'équipe Cycle Terre par Hilti. La mesure a été répétée 5 fois par couple fixation / support. Deux types de fixation ont été utilisés : Vis HUS3 (marque HILTI) et Tiges HIT-V avec résine HY170 (marque HILTI). Le perçage a été fait avec une mèche de diamètre 8 mm sur une profondeur de 70 mm, ce qui correspond à environ 65 mm de profondeur d'implantation effective des chevilles et vis.

Les ruptures ont eu lieu par glissement, précédé par l'apparition d'une micro-fissure. Avec les vis HUS3, les fixations ont cédé pour une force de traction moyenne de 3,3 kN. Avec les tiges métalliques et scellement chimique, les fixations ont cédé pour une force de traction moyenne de 4,8 kN.

Ces valeurs sont élevées, en particulier pour la fixation de charges lourdes non-structurelles. En effet, selon le guide CIS-MA dédié, les fixations structurelles sont autorisées pour des fixations résistant à des forces supérieures à 3,5 kN.



→
Mesures d'arrachement à l'extractomètre réalisées sur un mur en BTC Cycle Terre

Sécurité en cas d'incendie

Réaction au feu

Les BTC et le mortier utilisés ne contenant pas de fibres, ils sont classés d'office M0 (classement national) ou A1 (classement européen).

Résistance au feu

Une mesure de EI a été réalisée par le laboratoire CERIB en août 2020 sur une cloison simple en BTC Cycle Terre de 9,5 cm d'épaisseur, maçonnée au mortier terre Cycle Terre, selon la courbe température – temps normalisée de la norme NF EN 1363-1.

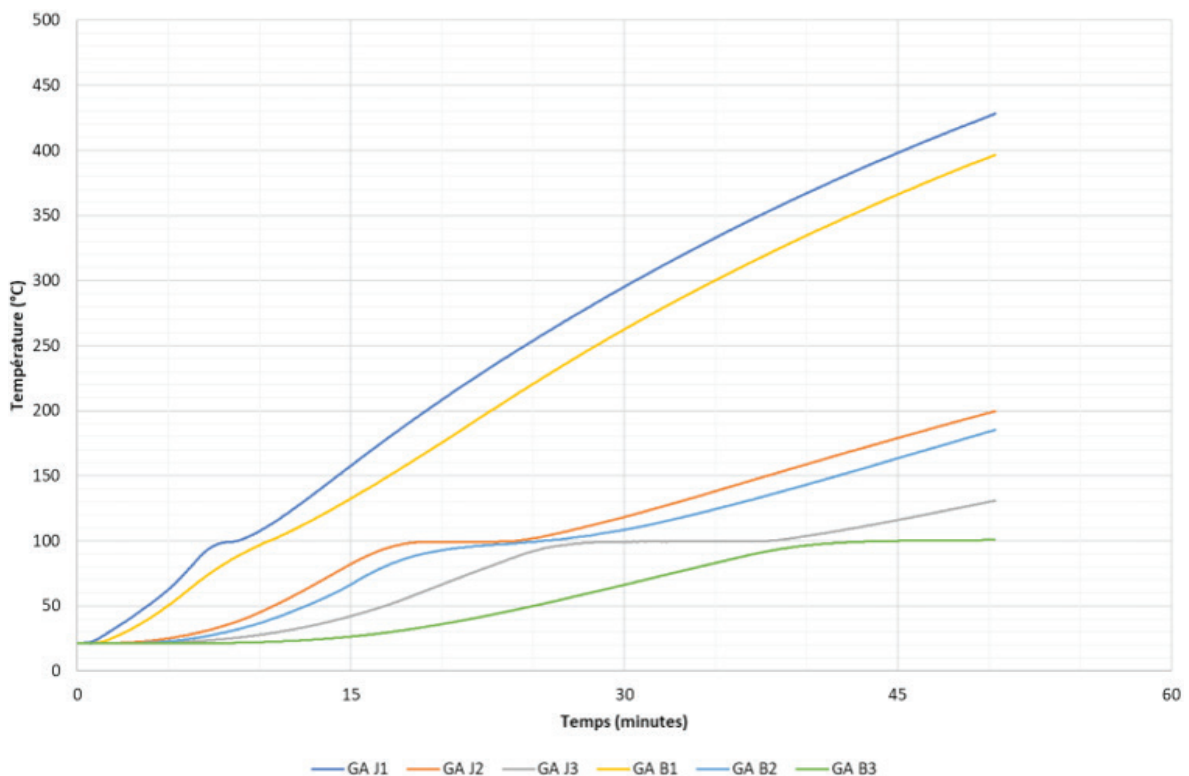
Une performance EI45 est obtenue pour cette cloison simple, et par extension aux cloisons de hauteur $\leq 3,0$ m, d'épaisseur ≥ 95 mm, à des hauteurs apparentes de blocs ≤ 150 mm, et sans limitation de la longueur de la maçonnerie.

Ces résultats d'essai permettent donc de justifier d'une performance EI45 de l'ensemble des cloisons avec raidisseurs et ossature porteuse en béton. L'interface entre la maçonnerie et le cadre béton a été traitée symétriquement, avec de l'extérieur vers l'intérieur du mur les éléments suivants : joint mastic Rubson CF55 sur 2 cm d'épaisseur, bande mousse pré-comprimée TRS PC 15/4-11 faisant office de fond de joint, lame d'air.

D'autres mesures de EI sont en cours ou prévues, notamment pour valider la résistance au feu des cloisons en ossature bois. Se rapprocher de Cycle Terre pour connaître les performances obtenues et les détails de mise en œuvre associés.

↓
Graphique d'enregistrement des températures pendant l'essai au feu. Les capteurs GAJ1 et GAB1 sont placés à 2 cm de profondeur, les capteurs GAJ2 et GAB2 à 5 cm de profondeur, les capteurs GAJ3 et GAB3 à 7,5 cm de profondeur. Les capteurs GAJ1, GAJ2 et GAJ3 sont placés dans les joints, les capteurs GAB1, GAB2 et GAB3 dans les BTC.

Graphique : CERIB Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton





→
Mesure de EI réalisée au CERIB
sur un mur en BTC Cycle Terre
de 9,5 cm d'épaisseur : avant et
après 50 minutes d'exposition au
feu



→
BTC après essai au feu

Affaiblissement acoustique

Deux mesures conformes à la norme NF EN ISO 10140 ont été réalisées au CSTB en janvier 2020 sur des murs BTC de 10 cm et 30 cm d'épaisseur. Elles ont été effectuées sur la bande de fréquence 50 Hz – 3150 Hz, après 54 jours de séchage des murs. A partir de ces mesures, une loi de comportement a été établie par le BET acoustique LASA et des simulations numériques réalisées pour estimer les affaiblissements de différentes cloisons maçonnées.



Montage des murs en BTC Cycle Terre de 10 et 30 cm d'épaisseur pour les mesures d'affaiblissement acoustique

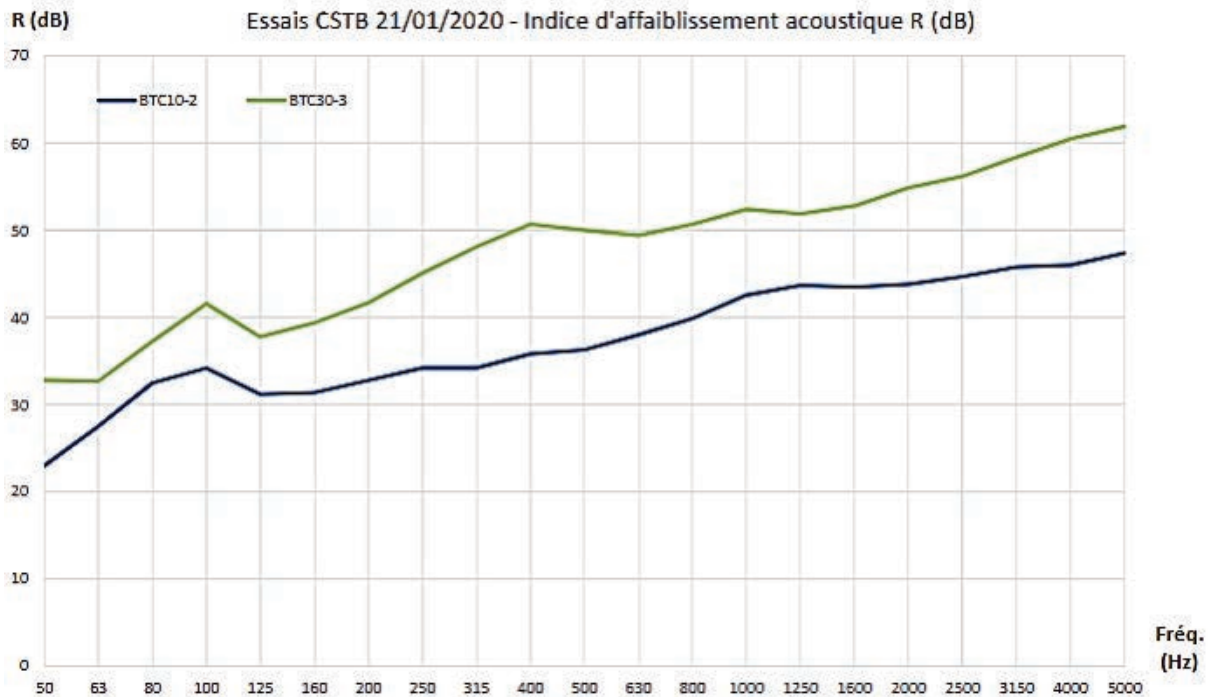


Mesure d'affaiblissement acoustique réalisée au CSTB

Les R_w (C;Ctr) suivants ont ainsi été estimés, pour des cloisons non enduites et avec des jonctions périphériques garantissant la bonne étanchéité acoustique :

Les valeurs ci-contre ne tiennent pas compte d'éventuelles transmissions sonores parasites en périphérie de cloison. À titre indicatif, une dégradation de l'indice d'affaiblissement de l'ordre de -5 à -15 dB a pu être constatée en laboratoire, après retrait des systèmes de calfeutrement périphériques.

Type de cloison	R_w (C; Ctr) en dB
Cloison simple de 9,5 cm d'épaisseur	44 (-1; -3)
Cloison simple de 15 cm d'épaisseur	47 (-1; -4)
Cloison simple de 31,5 cm d'épaisseur	54 (-2; -6)
Cloison double 9,5 - 2 cm de laine - 9,5	66 (-2; -5)
Cloison double 15 - 2 cm de laine - 9,5	67 (-1; -5)



↑

Graphique des résultats des mesures d'affaiblissement acoustiques BTC. On note en particulier un affaiblissement relativement bon dans les basses fréquences ainsi qu'au niveau de la fréquence critique.

Graphique : LASA Ingénierie acoustique et vibratoire

L'application d'un enduit peut conduire à de meilleures performances d'affaiblissement acoustique, notamment pour les cloisons simples non doublées de 9,5 et 15 cm. L'emploi de raidisseurs béton n'a pas d'influence sur les estimations de R_w (C; Ctr), dans la mesure où l'interface est suffisamment soignée pour ne pas engendrer de transmissions parasites. L'emploi de raidisseurs bois (type chêne) entraîne une diminution de l'ordre de 1 dB du R_w sur les cloisons simples et sur les cloisons doubles lorsque les raidisseurs bois ne sont pas alignés. Dans le cas d'une cloison double (15 - 2 - 9,5) avec raidisseurs bois alignés, cette diminution est de l'ordre de 2 dB. Dans le cas d'une cloison double (9,5 - 2 - 9,5) avec raidisseurs bois alignés, cette diminution est de l'ordre de 4 dB. Par ailleurs, un doublage de panneaux de plâtre fixé sur une ossature métallique désolidarisée du mur BTC, avec un isolant acoustique d'épaisseur supérieure à 45 mm, peut permettre d'augmenter le R_w de la paroi de 10 à 20 dB.

En particulier, les cloisons doubles et cloisons en BTC de 9,5 cm ou 15 cm d'épaisseur doublées peuvent convenir pour un usage en séparatif entre logements, sous réserve de la compatibilité des autres parois et d'un dimensionnement adéquat du doublage le cas échéant.

L'attention est attirée sur le traitement des interfaces entre la maçonnerie et les raidisseurs ou murs de nature différentes, ainsi que celle avec les dalles de plafond. En l'absence d'essai en laboratoire sur les transmissions acoustiques latérales à ce stade, une note d'accompagnement présentant quelques principes et guides de conception est proposée par Cycle Terre.

Mesures de retrait

La phase de séchage de la maçonnerie BTC est celle pendant laquelle le phénomène de retrait est le plus important. Des mesures ont donc été faites à l'échelle du mur pendant son séchage, de façon à estimer la variation dimensionnelle maximale prévisible pour la maçonnerie BTC.

Deux types de repères ont été positionnés sur le mur : 3 couples de tiges en bois insérées dans les joints de la maçonnerie à la pose et 3 couples de marques gravées dans les BTC, de façon à mesurer la déformation horizontale. Deux campagnes de mesure de distances entre ces repères sont réalisées, au montage et après un mois de séchage, à l'aide d'un mètre (graduation : mm) et d'un laser.

Les mesures sont réalisées sur un mur de BTC de 9,5 cm d'épaisseur, de 2,60 m de haut et de 4,50 m de large.

Le mortier utilisé pour le montage du mur est le mortier Cycle Terre (sans ajout de liants). L'échantillon n'a pas été déplacé entre son montage et la réalisation des mesures. Il a séché à l'air libre, abrité, pendant environ 1 mois.

La moyenne des déformations horizontales liées au retrait est de 0,6 mm/m.

Essais d'arrachement d'enduits

Des essais de cisaillement ont été réalisés sur les enduits Cycle Terre appliqués sur support BTC. Les charges à la rupture sont très supérieures à 2 kg et ont été appliquées pour une durée supérieure à 30 secondes, dépassant donc les seuils exigés dans le cadre des *Règles Professionnelles** validées par l'AQC.

JUSTIFICATIONS DES PERFORMANCES DE LA MAÇONNERIE EN REMPLISSAGE DE FAÇADES

À paraître

JUSTIFICATIONS DES PERFORMANCES DE LA MAÇONNERIE EN PAREMENT DE FAÇADE

À paraître

* Réseau Écobâtir, 2013

→

Essai de résistance aux chocs
mous réalisé sur un mur en BTC
Cycle Terre de 9,5 cm d'épaisseur







III/ BTC · MISE EN ŒUVRE

Cette partie aborde les différentes étapes de mise en œuvre d'une paroi en BTC : préparation du chantier, interface avec le support, élévation du mur, contrôles, finitions, ainsi que l'entretien du mur.

CONTRÔLES À EFFECTUER À LA POSE DES BTC

Tout au long de l'élévation du mur, plusieurs contrôles doivent être effectués : horizontalité des blocs et des assises (niveau à bulle et cordeau), verticalité et planéité de la paroi (fil à plomb, pignes, cordeau, grande règle), épaisseur des joints.



Pose d'un BTC en vérifiant l'horizontalité avec un niveau et l'alignement avec un cordeau

Sauf indication contraire, toutes les illustrations de ce chapitre sont de Cycle Terre

PRÉPARATION

CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE ET PRÉPARATION DU CHANTIER

Conditions préalables

Les travaux ne doivent être entrepris que dans des constructions accessibles, hors d'eau, dont l'état d'avancement met les ouvrages en BTC à l'abri des intempéries et autres risques d'humidification par apport accidentel d'eau liquide.

Conditions climatiques

Il faut être vigilant aux conditions climatiques lors de la mise en œuvre, particulièrement en cas de temps froid ou de temps chaud et venteux.

En cas de risque de gel, la mise en œuvre de la maçonnerie est déconseillée.

Dès que la température est durablement supérieure à 30°C, en cas d'utilisation de mortier stabilisé, il est préférable de préparer des petites quantités de mortier utilisables en moins de 30 minutes. En cas d'utilisation de mortier non-stabilisé, ne pas hésiter à ré-humidifier régulièrement le mélange pour conserver la texture de mortier initiale.

Une dessiccation trop rapide de la maçonnerie peut entraîner l'apparition de fissures dues à un retrait important. Quelques précautions simples peuvent être prises : maçonner aux heures les moins chaudes, protéger le mortier et les maçonneries de la dessiccation (arrosage léger, produit de cure ou bâche, etc.).

Stockage des BTC, du mortier et des liants sur le chantier

Il convient de protéger les matériaux de la pluie et de l'humidité pendant toutes les phases de manutention et de stockage précédant la pose. Il est préférable de stocker les BTC à l'abri de l'eau et de retirer les films de conditionnement des palettes quelques jours avant la pose afin de permettre le séchage de la condensation éventuelle pouvant apparaître sous celui-ci. Il convient d'éviter tout mélange entre des matériaux de natures différentes et la pollution des matériaux entre eux ou par le sol du site ou des déchets. Si plusieurs types de liants sont nécessaires au chantier, leur stockage sera séparé pour éviter des erreurs et mélanges.

Réception du support

Les maçonneries de BTC sont mises en œuvre après réalisation du gros œuvre. L'entreprise en charge de la pose des BTC doit réceptionner les supports et s'assurer qu'il n'existe pas d'erreur d'implantation ou de dépassements des tolérances dimensionnelles sur les structures associées. Les supports sont récep-

tionnés conformément aux spécifications des normes DTU les concernant (aspect de surface, planéité, aplomb, alignement, etc.).

Le montage des cloisons ne doit être entrepris que si les raidisseurs et huisseries mis en place sont compatibles avec la cloison à exécuter, convenablement implantés et réglés et munis, si nécessaires, des entretoises provisoires nécessaires pour éviter des déformations des montants sous l'effet des poussées par la cloison. Ces entretoises doivent être maintenues en place jusqu'à l'achèvement de la cloison.

Protection des ouvrages en cours de chantier

Le montage de la maçonnerie doit être exécuté de sorte que la stabilité soit garantie en cours de construction. Durant le chantier et jusqu'au repli de celui-ci, il faut protéger les surfaces des murs et spécialement les angles saillants des chocs qui pourraient les endommager. Ces dommages sont le plus souvent dus à la manutention d'éléments lourds durant le chantier (coffrages, échafaudages, outils divers) ou aux manœuvres d'engins et véhicules évoluant sur le site.

Validation d'aspect et mur prototype

Dans le cas de maçonneries BTC apparentes, la validation de la qualité de finition des parements (calepinage, couleur, jointoiement et finition) peut s'effectuer par la réalisation, en début de chantier, d'un ou plusieurs murs prototypes permettant de définir le résultat recherché et ces critères d'acceptation.

Les prototypes sont effectués avec les matériaux et la mise en œuvre propre au marché projeté et avec une géométrie définie par la maîtrise d'œuvre. Les prototypes sont réalisés sur chantier et conservés durant la durée de celui-ci. Le contrôle d'aspect durant le chantier et l'acceptation à réception se feront par comparaison avec les murs prototypes et suivant les tolérances définies au préalable.

PRÉPARATIONS POUR LA MAÇONNERIE BTC

Fixation des raidisseurs

Fixer les éventuels raidisseurs en tête et en pied : les raidisseurs en métal et en bois avec des équerres de fixation avec trous oblongs, les raidisseurs béton avec une armature constituée au minimum par un fer à béton axé sur le poteau.

Interfaces avec le support

Cloison et parement :

Avant la pose des BTC, mettre en place la bande de désolidarisation au sol sur toute la largeur de la paroi finie (y compris les enduits et les plinthes).



Coller les bandes de joint mousse pour les liaisons avec les éventuels raidisseurs et les autres parois verticales.

Le cas échéant pour les cloisons, fixer les tasseaux ou profils métalliques au sol et sur les parois verticales, les raidisseurs et le plafond. Ces éléments pourront être utilisés comme piges pour faciliter le montage de la maçonnerie.

Remplissage de façade :

Avant la pose des BTC, mettre en place la rupture de capillarité ou l'armature le cas échéant.

Coller les bandes de joint mousse pour les liaisons avec les poteaux ou raidisseurs.

Le cas échéant, fixer les tasseaux ou profils métalliques formant le profil en gorge des poteaux. Ces éléments pourront être utilisés comme piges pour faciliter le montage de la maçonnerie.



Vérification du calepinage

Poser les 2 premières assises à sec pour vérifier le calepinage et assurer le bon espacement entre les blocs. Pour limiter la découpe de BTC en s'adaptant à la longueur du mur, il est conseillé de calepiner en tenant compte des tolérances acceptables pour les épaisseurs des joints (10 à 15 mm). Il est possible d'utiliser une pige graduée ou des cales pour répartir régulièrement les joints.

↑
Vérification du calepinage en posant les deux premières assises à sec

Coupe, taille, percement des BTC

Privilégier l'utilisation de blocs $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{2}$ produits à ce format, en particulier si un appareillage très soigné des maçonneries apparentes est souhaité.

Pour couper les blocs aux dimensions requises, utiliser un ciseau de maçon et une massette ou une meuleuse équipée d'un disque pour maçonnerie (type disque diamanté, non refroidi à l'eau pour la découpe de BTC non stabilisé).

Les tailles spéciales des blocs peuvent s'effectuer à l'aide des mêmes outils ainsi que par perçage ou abrasion. Les blocs se percent à l'aide de forets à pointe ou taillant carbure de tungstène, de type foret à béton. Le perçage s'effectue de préférence sans percussion mais par abrasion et enlèvement de matière.

Pour les perçages précis, il est recommandé d'utiliser des forets pour métaux. Un trépan ou une scie cloche avec pastille au carbure de tungstène ou à lèvres diamantées peut être utilisé pour réaliser les réservations des boîtes électriques rondes.



↑
Coupe des BTC au ciseau de maçon

Préparation du mortier

Utiliser le mortier de pose Cycle terre. Ce mortier peut-être utilisé sans autre additif que l'eau, ou stabilisé au ciment.

	Mortier Cycle Terre non stabilisé	Mortier Cycle Terre stabilisé
Dosage	Mélanger le mortier avec de l'eau dans les proportions indiquées dans les fiches produits ou jusqu'à obtention d'une pâte homogène, onctueuse, agréable à travailler.	Mélanger le mortier avec le liant dans les proportions indiquées dans les fiches produits. Une fois le mélange à sec du mortier et du liant réalisé, ajouter l'eau dans les proportions indiquées dans les fiches produits ou jusqu'à obtention d'une pâte homogène, onctueuse, agréable à travailler.
Malaxage	Le malaxage peut être réalisé avec toutes sortes de bétonnières, malaxeurs à hélice ou planétaire verticaux ou horizontaux. Pour de petites quantités, des malaxeurs de peintre ou un embout de malaxage sur perceuse peuvent être utilisés. Le malaxage à la main (truelle ou pelle) est également possible. Malaxer jusqu'à obtention d'une pâte homogène. Il est conseillé de laisser reposer le mélange quelques heures.	Comme pour le mortier non stabilisé, le gâchage est effectué soit manuellement soit au moyen d'un mélangeur mécanique. Le mélange doit être utilisé immédiatement après malaxage.
Durée d'utilisation	Une fois mélangé, le mortier reste utilisable indéfiniment s'il reste humide, puisqu'il n'y a ni prise hydraulique du mortier ni matériau végétal pouvant se dégrader avec l'eau. L'effet corrosif sur les machines et le matériel est néanmoins à prendre en compte.	Une fois mélangé, le mortier doit être mis en œuvre rapidement. En particulier, par temps chaud, il est recommandé de l'utiliser moins de 30 minutes après sa fabrication.



Malaxage du mortier au malaxeur à hélice, à la bétonnière ou au malaxeur planétaire





↑ ÉLÉVATION DU MUR

Pose d'un BTC en vérifiant l'alignement avec le cordeau.

DÉMARRAGE DE LA MAÇONNERIE

La surface d'application du mortier doit être préparée et propre. Poser le premier lit de mortier sable-ciment de 2 cm d'épaisseur minimum sur le support (le cas échéant la bande de désolidarisation). Ce premier lit permet un réglage précis du premier rang de briques à l'aide de la règle et du niveau.

L'aplomb de la maçonnerie peut être assuré par la mise en place de piges d'angle servant alors de guide de pose. Dans ce cas, il est recommandé de tracer sur les piges les hauteurs d'assises préalablement déterminées afin d'obtenir une régularité et une bonne répartition verticale des joints sur toute la hauteur du mur.

POSE DES BTC EN PARTIE COURANTE

S'assurer que le plan de pose soit propre et dépoussiéré. Le mouiller légèrement. Pour garantir une bonne adhérence entre mortier et blocs, il est recommandé de mouiller les BTC, en particulier en cas de mortier stabilisé. Dans le cas de BTC stabilisés, les plonger dans l'eau et les retirer immédiatement. Dans le cas de BTC non stabilisés, les humidifier légèrement à l'aide d'une brosse large, type brosse à badigeon, en les aspergeant sur les faces qui seront en contact avec le mortier. Si les BTC non stabilisés sont humidifiés par lot avant la pose, ne pas les poser au sol directement mais sur des tasseaux de bois pour éviter qu'ils absorbent l'eau qui pourrait stagner au sol.

Poser les BTC sur le lit de mortier par collage en les plaquant en pression ou en les faisant translater jusqu'à avoir trouvé la position requise. Par effet de succion les BTC s'immobilisent. Les joints horizontaux et verticaux doivent être bien remplis et présenter une épaisseur finie comprise entre 10 mm minimum et 15 mm maximum. Racler immédiatement l'excédent de mortier après la pose du bloc.



1. Humidifier le plan de pose



2. Disposer la juste quantité de mortier



3. Tremper les BTC stabilisés ou mouiller à la brosse large en aspergeant les BTC non stabilisés



4. Appliquer le mortier sur l'extrémité du BTC ou sur la face verticale du BTC précédent



5. Poser le bloc en poussant



6. Bien caler le bloc en le faisant translater



7. Retirer l'excès de mortier immédiatement



8. Tracer proprement les joints quand le mortier est encore frais et malléable



9. Nettoyer
Photo · Alizée Cugney



Contrôler

Tout au long du montage, contrôler :

- l'horizontalité des blocs à l'aide d'un niveau à bulle positionné perpendiculairement au mur.
- l'horizontalité des assises et l'alignement des joints, grâce à un cordeau.
- la verticalité de la paroi, au fil à plomb. L'aplomb peut être assuré par la mise en place au préalable de piges d'angle dont la verticalité a été contrôlée. Celles-ci servent alors de guide de pose.
- l'épaisseur des joints, par une mesure directe. Celle-ci devra être comprise entre 10 et 15 mm d'épaisseur. Il est recommandé de tracer au préalable les hauteurs d'assises sur les piges servant de guide afin d'obtenir une régularité et une bonne répartition verticale des joints sur toute la hauteur du mur.
- la planéité d'ensemble au moyen d'un cordeau tendu sur plusieurs mètres à la surface du mur ou plus localement à l'aide d'une règle de 1 m minimum et ce dans toutes les directions du plan vertical du mur (horizontal, vertical, oblique).
- l'absence de balèvres de mortier du côté de la lame d'air pour les parements (elles risquent de conduire l'eau vers l'intérieur),
- l'absence de mortier tombé dans l'espace entre les deux parois pour les cloisons doubles ou les parements. Enlever les chutes de mortier.

Tolérances géométriques

Le contrôle du respect des tolérances dimensionnelles ainsi que le contrôle d'aspect, permettent de réceptionner les ouvrages. Les tolérances dimensionnelles des ouvrages en BTC, écarts d'implantation (alignement vertical), aplomb (verticalité), planéité (rectitude) et épaisseur seront celles qui sont appliquées aux parois en maçonnerie de petits éléments (DTU 20.1).

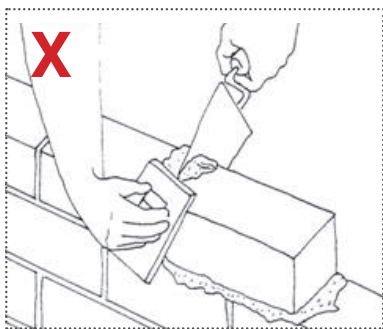
Éviter

Ne pas vibrer excessivement les BTC pour les positionner sous peine de supprimer l'adhérence entre le bloc et le mortier. Frapper les BTC est également à proscrire afin de ne pas fissurer ou déstabiliser les maçonneries précédemment mises en œuvre.



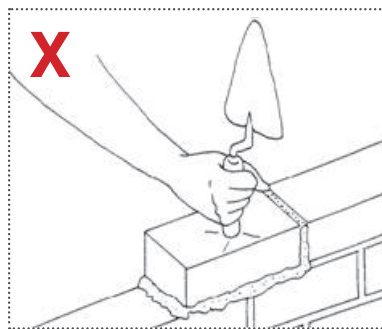
Contrôles de :

- l'horizontalité avec un niveau
- l'alignement avec un cordeau
- l'épaisseur des joints avec une pige graduée
- la verticalité avec une pige d'angle

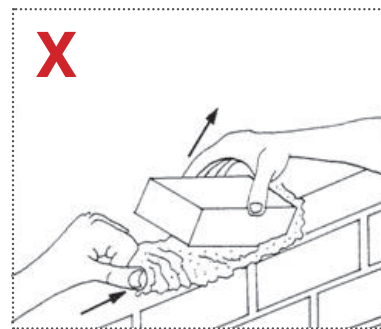


Ne pas remplir les joints verticaux après la pose des blocs :

- Perte de temps
- Risque de salissure des blocs
- Risque de rembourrage partiel



Ne pas frapper le bloc avec un objet dur pour l'amener à la position correcte. Si le mortier est trop épais et dur pour pouvoir l'enfoncer avec les mains, changer la couche de mortier.



Ne pas soulever le bloc pour pousser du mortier une fois qu'il a été placé. Mieux vaut enlever le bloc et remettre une nouvelle couche de mortier.



Dessins · CRATerre

Jointoiment

Tracer proprement les joints après la pose des blocs, quand le mortier est encore frais et malléable :

- Compléter les endroits où le mortier ne ressort pas suffisamment.
- Serrer les joints avec un fer à lisser ou à la langue de chat sans écraser les arêtes des blocs.
- Finir les joints verticaux avant les joints horizontaux.
- Utiliser une règle de guidage pour tirer les joints horizontaux.

La finition des joints peut être faite en demi-rond, en triangle, au nu des blocs, éventuellement en creux pour une maçonnerie intérieure.

Les joints peuvent également être légèrement creusés si le mur est destiné à être rejointoyé ultérieurement. Lorsqu'un rejointoiment doit être effectué, la profondeur du grattage du mortier non durci est d'au moins 15 mm, sans dépasser 15 % de l'épaisseur du mur mesurée à partir de la surface finie.

Cadence de pose et limite d'élévation quotidienne

L'élévation des maçonneries de BTC pour une journée ne doit pas dépasser 10 fois l'épaisseur du mur (150 cm maximum de hauteur pour un mur de 15 cm d'épaisseur, 95 cm pour un mur de 9,5 cm d'épaisseur).

Ordre de montage pour les cloisons doubles

Dans le cas d'une cloison double, deux types de montages sont possibles :

- Avec un isolant en panneaux : monter une paroi complètement. Positionner les panneaux d'isolant au fur et à mesure du montage de la deuxième paroi.
- Avec un isolant en vrac : monter les deux parois en parallèle. Remplir le vide entre les deux parois avec l'isolant en vrac au fur et à mesure du montage.

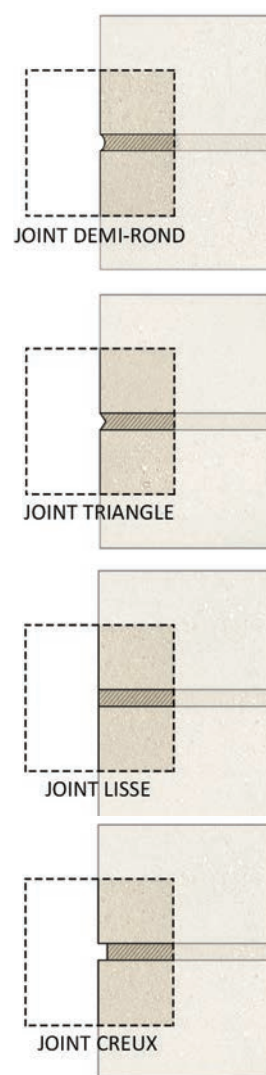


Illustration de différentes finitions de joints

Dessins · CRATerre



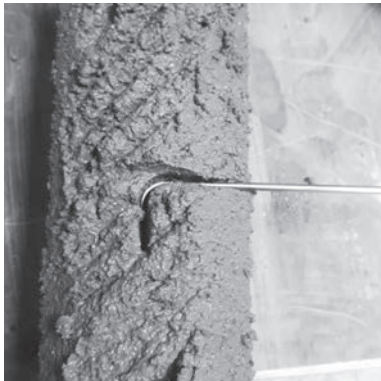
Mise en place des attaches

Parement

Les attaches sont fixées dans le mur existant par des chevilles et/ou des vis adaptées et scellées dans le mortier des joints horizontaux du parement. L'éventuel isolant est embroché sur les attaches avant le montage de la maçonnerie. Le dispositif de maintien de l'isolant doit être mis en place dans le cas où une lame d'air est prévue.

Remplissage de façade et cloisons

Les attaches sont fixées dans le poteau ou le raidisseur par des chevilles et/ou des vis adaptées et scellées dans le mortier des joints horizontaux du pan de maçonnerie.



HAUT DU MUR

Dernier rang de maçonnerie

Avant la pose des derniers rangs de BTC, le cas échéant, la bande de désolidarisation doit être collée au plafond sur toute la largeur de la paroi finie. Le dernier rang de BTC doit être maçonné en laissant un espace le plus réduit possible. Le tassement de la maçonnerie dans les jours qui suivent engendre une augmentation de cet espace (0,3 % environ, soit 1 cm sur une hauteur de mur de 3 m) et rend possible un bourrage au mortier terre.

↑
Fixation des attaches de type LSA-L de Halfen pour le parement : fixées dans le mur support par des vis et scellées dans le mortier des joints horizontaux

Bourrage de la partie haute

Le bourrage de l'espace entre maçonnerie et plafond ou poutre est effectué au mortier qui a servi à maçonner la paroi au minimum 2 à 3 semaines après l'étape de maçonnerie, de telle sorte que le tassement de la maçonnerie ait eu lieu.



↑
Bourrage au mortier de l'espace au-dessus du dernier rang de BTC



FINITIONS

PRÉPARATIONS DE LA MAÇONNERIE

Séchage, tassement

Un délai minimum de 3 semaines (éventuellement plus par temps froid ou en cas de maçonnerie d'épaisseur importante) doit être respecté avant l'application d'éventuelles finitions afin que le tassement du mur se soit opéré et que la paroi ne présente pas un taux d'humidité trop important.

Nettoyage, uniformisation

La maçonnerie peut être balayée ou aspirée pour éliminer des grains et poussières non adhérents. Dans le cas où une uniformisation de la paroi serait souhaitée, passer une éponge humide sur l'ensemble de la surface du mur.

Interfaces avec autres matériaux

Une fois le tassement du mur réalisé et après séchage de l'éventuel joint de bourrage en tête de cloison, on procède, si nécessaire, à l'application du mastic et à la fixation des cornières et tasseaux.



Finition des joints et nettoyage d'une maçonnerie en BTC.

Photo · Alizée Cugney



Avant l'application d'une éventuelle finition, laisser sécher plusieurs semaines



FINITIONS POSSIBLES

Maçonnerie apparente

La technique du BTC permet de laisser le matériau brut. La pose d'une finition n'est pas toujours nécessaire.

Des fissurations légères ou des microfissurations, non structurales, dues au retrait des maçonneries de BTC lors du séchage de l'ouvrage peuvent apparaître en partie courante du mur dans les mortiers de montage des blocs. Les tolérances d'acceptation de ces fissurations sont telles que :

- Elles ne présentent pas une largeur d'ouverture supérieure à 1mm ;
- Elles ne sont pas prolongées dans les blocs ;
- Elles ne sont pas traversantes.

Ces tolérances d'exécution peuvent être redéfinies dans le cas où un mur prototype est réalisé à cet effet.

Il est simple de reboucher des fissurations par passage d'une truelle à joints adaptée, fer à joint plat ou demi-rond, avec humidification préalable du mortier si nécessaire.



Autres finitions

Si un traitement de finition est réalisé, il convient d'utiliser des produits perméables à la vapeur d'eau.

↑
La maçonnerie BTC peut être laissée apparente ou enduite.

Fixateur

Sur les murs très sollicités (contact par frottement), il est possible d'appliquer un fixateur pour bloquer la surface et éviter que des poussières ou grains fins ne se détachent du mur.

Enduit

Respecter les *Règles professionnelles pour la mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue** acceptées par la Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) de l'Agence Qualité Construction en 2012. Les enduits Cycle Terre produits par la fabrique peuvent être utilisés sur les maçonneries de BTC.

Peinture - badigeon

Appliquer sur une surface propre et sèche et conformément aux indications de pose du produit utilisé. Les peintures peuvent être de type peinture minérale ou peinture polymères.

Doublage

La protection des maçonneries de BTC peut aussi être renforcée par un doublage non lié à la paroi double.

* Réseau Écobâtir, 2013

Pièces humides

Un doublage étanche doit protéger les murs en BTC dans les zones exposées aux projections et stagnations d'eau régulières. Les murs en BTC peuvent recevoir :

- un doublage en blocs de ciment ou en briques plâtrières, séparé par une lame d'air. Sur ce doublage, est mise en œuvre une étanchéité de type liquide suivie d'une finition de type faïence,
- ou un doublage en plaques de plâtre hydrofuges, une étanchéité liquide et une finition de type faïence.

SAIGNÉES, ENCASTREMENTS ET PERCEMENTS

Percements

Les blocs se percent à l'aide de forets à béton (cf. partie *Coupe, taille, percement des BTC*).

Passage des réseaux

Il est préférable d'éviter les saignées au profit d'autres types passages.

Si le mur est destiné à être enduit, il est possible de passer des gaines dans un mur en BTC par saignées, rainurage et rebouchage.

Si la maçonnerie reste apparente et qu'il est nécessaire d'y incorporer des réseaux électriques, la gaine (ICT) doit cheminer dans les blocs. Privilégier les montées et descentes de gaines dans les joints entre deux BTC, soit en utilisant des blocs spéciaux, soit en rainurant et perçant les blocs. Les passages sont alternés entre traversée dans les joints et traversée dans le centre des blocs.

Pour tous réseaux incorporés aux murs, veiller à ce que :

- ils n'affaiblissent pas localement la résistance des ouvrages,
- ils ne favorisent pas de corrosion ou de condensation,
- ils soient équipés d'un fourreau étanche sans rupture,
- ils soient incorporés dans les BTC avec des percements adaptés au passage de réseaux.

Pour ne pas détériorer les performances acoustiques dans le cas d'une cloison double, les gaines passant entre les deux parois ne doivent pas toucher les deux faces intérieures et ne doivent pas être comprimées.

Fixation de boîte électrique

Le scellement de boîtes électriques se fait au plâtre classique en fond de trou. Le garnissage de finition est quant à lui réalisé avec le mortier à BTC.

Réseaux de plomberie

L'incorporation des réseaux de plomberie (eaux) au sein du mur est proscrite. Seules les traversées ponctuelles sont permises. Les risques de pathologies dues à l'humidité peuvent avoir de graves conséquences. Tout raccord à l'intérieur du mur est proscrit, les traversées doivent être équipées d'un fourreau étanche sans rupture.

Réservations en traversée de cloison

La taille maximale pour les réservations au travers de la paroi, par exemple pour le passage des réseaux, est de 200 cm² et de largeur maximum de 15 cm

Les passages de câbles et tuyaux unitaires d'un diamètre maximal de 100 mm peuvent être calfeutrés au mortier.

Fixation de charges non structurelles

La fixation d'éléments participant à la structure du bâtiment n'est pas autorisée dans la maçonnerie.

Aucune fixation par clouage ou par pistoscellement ne peut être réalisée dans la maçonnerie.

La fixation d'objets de masse inférieure à 30 kg est autorisée avec des chevilles expansives plastiques ou des chevilles à expansion en caoutchouc.

La fixation d'objets de masse supérieure à 30 kg est autorisée soit avec des vis HUS3 de Hilti ou équivalent, soit avec des tiges filetées HIT-V avec scellement chimique par résine HY 170 de Hilti ou équivalent, à raison de 4 vis ou tiges minimum.

Quel que soit le type de fixation, une distance minimale aux bords de la maçonnerie supérieure à la profondeur d'ancrage doit être respectée.

Si le sens de la fixation est parallèle au matériau, dans l'axe du plan du mur, la fixation s'effectue dans le tiers central du mur et la distance au bord peut être réduite à 1 fois la profondeur d'ancrage.

Une distance minimale entre fixations doit respecter un entraxe minimum de 2 fois la profondeur d'ancrage.

ENTRETIEN

ENTRETIEN COURANT

Un nettoyage des BTC est possible par brossage léger à sec, à l'éponge humide et / ou avec un abrasif de type papier de verre de grain 120.

RÉPARATIONS ET GESTION DES DÉSDORDRES

Avertissement : Ce document présente différentes règles liées au dimensionnement des ouvrages et à leur mise en œuvre, dont le respect garantit l'absence de malfaçons et de désordres. Néanmoins, dans un but d'information, le présent paragraphe présente les principaux désordres et leurs causes ainsi que quelques moyens d'y remédier.

Variation involontaire de la couleur du mur

En cas de variation involontaire de la couleur d'une maçonnerie en BTC, une homogénéité peut être obtenue par passage d'une taloche-éponge humidifiée. En complément, pour marquer l'esthétique de la maçonnerie, il est possible de redessiner les joints à l'aide d'une truelle à joints adaptée, fer à joint plat ou demi-rond.

Fissures de retrait, épaufrures

En cas d'apparition de fissures de retrait au sein du mortier voire dans les angles des BTC, de l'eau peut être appliquée sur la fissure à l'aide d'une éponge et la fissure est rebouchée par frottement local grâce au mortier terre adjacent. Une ré-homogénéisation de la maçonnerie peut être obtenue par passage d'une taloche-éponge humidifiée.

Dans le cas d'une maçonnerie stabilisée, il est possible de creuser le mortier fissuré et de procéder à un matage de la zone préalablement nettoyée.

Géométrie de mur non conforme

En premier lieu, il convient de s'assurer du bon fonctionnement des niveaux utilisés sur chantier. Un affaissement peut aussi être lié à un rythme de montage trop élevé du mur, ou à l'utilisation d'un mortier trop humide. Une reprise partielle ou totale du mur est conseillée.

Fissuration liée à un mouvement de la structure porteuse

En cas de stabilisation de la fissuration sans risque structurel avéré, il est possible de procéder au remplacement des BTC endommagés en travaillant les joints adjacents au ciseau de maçon, puis de maçonner des nouveaux BTC avec le même mortier terre (on notera la possibilité de réutiliser le mortier précédent dans le cas de mortier non-stabilisé).



Homogénéisation de la maçonnerie par le passage d'une taloche-éponge humidifiée

Redessin des joints à l'aide d'une truelle à joints adaptée

Rebouchage de fissures par application d'eau avec une éponge et frottement local grâce au mortier terre adjacent



Après la pose d'un BTC, le surplus de mortier est enlevé





BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 2001. *XP P13-901 Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons : définitions - Spécifications - Méthodes d'essais - Conditions de réception*. La Plaine Saint Denis : AFNOR.
- AFNOR, 2008a. *Cloisons en maçonnerie de petits éléments. Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types. NF DTU n° 20.13 P1-1*. La Plaine Saint Denis : AFNOR.
- AFNOR, 2008b. *Cloisons en maçonnerie de petits éléments. Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux. NF DTU n° 20.13 P1-2*. La Plaine Saint Denis : AFNOR.
- AFNOR, 2008c. *Cloisons en maçonnerie de petits éléments. Partie 3 : Mémento. NF DTU n° 20.13 P3*. La Plaine Saint Denis : AFNOR.
- AFNOR, 2008d. *Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs. Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types. NF DTU n° 20.1 P1-1*. La Plaine Saint Denis : AFNOR.
- AFNOR, 2008e. *Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs. Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux. NF DTU n° 20.1 P1-2*. La Plaine Saint Denis : AFNOR.
- AFNOR, 2008f. *Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs. Partie 3 : Guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site. NF DTU n° 20.1 P3*. La Plaine Saint Denis : AFNOR.
- AFNOR, 2008g. *Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs. Partie 4 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales. NF DTU n° 20.1 P4*. La Plaine Saint Denis : AFNOR.
- ANGER, Romain, FONTAINE, Laetitia, 2009. *Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture*. Paris : Belin.
- ARESO, ARPE Normandie, AsTerre, ATOUTERRE, CAPEB, Collectif des terreux armoricains, FFB, Fédération des SCOP du BTP, Maisons paysannes de France, Réseau Écobâtir, TERA, 2018. *Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue - enduit en terre*. Disponible sur : < <https://www.asterre.org/les-guides-de-bonne-pratique/> >.

ART.TERRE Mayotte, MISSE, Arnaud, GASNIER, Hugo, LIETAR, Vincent et al.. 2018. *Dossier technique lié à l'ATEX de type A n°2588 : Ouvrages en maçonnerie de BTC Blocs de terre comprimée - parois et murs*. Disponible sur : < <https://craterre.hypotheses.org/3412> >.

BOUTINARD, Emmanuel (coord), MISSE, Arnaud, CHAMODOT, Mathilde, CRETE, Eugénie, COTTALORDA, Julien, VERLAQUE, Pierre-Emmanuel, SCHMITT, Bernard, LACOSTE, Laurent, 2018. *Dossier technique lié à l'ATEX de type A n°2533 : mur en maçonnerie de BTC non porteur en enveloppe extérieure et/ou en remplissage d'une ossature porteuse*. Guyane : DEAL Guyane. Disponible sur : < <https://craterre.hypotheses.org/4088> >.

CRATERre-EAG : GUILLAUD, Hubert ; JOFFROY, Thierry ; ODUL, Pascal, 1995. *Blocs de terre comprimée. Volume II : Manuel de conception et de construction*. Friedrich Vieweg & Sohn, 1995, 148 p. Disponible sur : < <https://craterre.hypotheses.org/281> >.

CSTB, 2014. Cahier 3750 - *Guide pour la présentation des éléments du dossier de demande d'Avis Technique relative à un procédé de cloison distributive ou de doublage de mur*. Paris : CSTB. Disponible sur : < <https://evaluation.cstb.fr/doc/groupe-specialise/cpt/cpt-3750.pdf> >.

HESPUL, 2015. *Isolation et humidité dans les parois*.

HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, CRATERre, 2006. *Traité de construction en terre*. Paris : Parenthèses.

Réseau Écobâtir, 2013. *Règles professionnelles, Enduits sur supports composés de terre crue*. Paris : Le Moniteur.

VISSAC, Aurélie, BOURGÈS, Ann, GANDREAU, David, ANGER, Romain, FONTAINE, Laetitia, 2017. *Argiles et biopolymères : les stabilisants naturels pour la construction en terre*. Villefontaine : CRATERre.

À paraître en 2021 :

AE&CC-ENSAG, CRATERre, CHAMODOT, Mathilde, CRÉTÉ, Eugénie, MISSE, Arnaud et al.,2021. *Dossier technique pour ATEX de type A : Cloison en maçonnerie de BTC Cycle Terre*. Disponible sur : < <https://craterre.hypotheses.org/4082> >.

AE&CC-ENSAG, CRATERre, CHAMODOT, Mathilde, CRÉTÉ, Eugénie, MISSE, Arnaud et al.,2021. *Dossier technique pour ATEX de type A : Remplissage d'ossature en façade support d'ITE sous bardage ventilé en maçonnerie de BTC Cycle Terre*. Disponible sur : < <https://craterre.hypotheses.org/4084> >.

AE&CC-ENSAG, CRATERre, CHAMODOT, Mathilde, CRÉTÉ, Eugénie, MISSE, Arnaud et al.,2021. *Dossier technique pour ATEX de type A : Parement en maçonnerie de BTC Cycle Terre*. Disponible sur : < <https://craterre.hypotheses.org/4086> >.

AUTEURS ET CONTRIBUTEURS

I/ BTC · Matières et matériaux

Auteurs :

- Mathilde Chamodot , CRAterre, chercheuse associée UGA-ENSAG-AE&CC,
- Eugénie Crété, Chercheuse, UGA-ENSAG-AE&CC,
- Arnaud Misse, Nama architecture, Maître de conférence, UGA-ENSAG-AE&CC.

Contributeurs :

- Alix Hubert, CRAterre, chercheuse associée UGA-ENSAG-AE&CC,
- Bakonirina Rakotomamonjy, CRAterre, chercheuse UGA-ENSAG-AE&CC»

Relecteurs :

- Sophie Bioul, amàco,
- Silvia Devescovi, Ville de Sevrans.

II/ BTC · Solutions de parois

Auteurs :

- Mathilde Chamodot , CRAterre, chercheuse associée UGA-ENSAG-AE&CC,
- Eugénie Crété, Chercheuse, UGA-ENSAG-AE&CC,
- Arnaud Misse, Nama architecture, Maître de conférence, UGA-ENSAG-AE&CC.

Contributeurs :

- Pierre Brie, LASA,
- Samuel Tochon-Danguy, LASA,
- Cécile Plumier, Vessière,
- Alix Hubert, CRAterre, chercheuse associée UGA-ENSAG-AE&CC,
- Bakonirina Rakotomamonjy, CRAterre, chercheuse UGA-ENSAG-AE&CC.

Relecteurs :

- Sophie Bioul, amàco,
- Silvia Devescovi, Ville de Sevrans.

III/ BTC · Mise en œuvre

Auteurs :

- Mathilde Chamodot , CRAterre, chercheuse associée UGA-ENSAG-AE&CC.

Contributeurs :

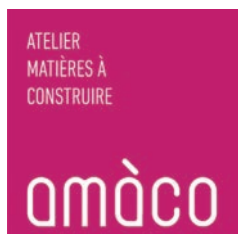
- Eugénie Crété, Chercheuse, UGA-ENSAG-AE&CC,
- Luis Arléo, chercheur, UGA-ENSAG-AE&CC,
- Arnaud Misse, Nama architecture, Maître de conférence, UGA-ENSAG-AE&CC,
- Majid Hajmirbaba, CRAterre, chercheur associé UGA-ENSAG-AE&CC,
- Alix Hubert, CRAterre, chercheuse associée UGA-ENSAG-AE&CC,
- Bakonirina Rakotomamonjy, CRAterre, chercheuse UGA-ENSAG-AE&CC
- Patrick Ribet, amàco

Relecteurs :

- Silvia Devescovi, Ville de Sevrans.

EDITION

Sophie Bioul, amàco.



FABRIQUER LA VILLE **BAS CARBONE** AVEC **CYCLE TERRE**

vol. **01**
MAI 2021

Le projet **CYCLE TERRE** est financé
par **Actions Innovatrices Urbaines** (FEDER),
par la **Région Île-de-France**,
par **in'li Groupe Action Logement**
et il est labellisé **Démonstrateur Industriel de la Ville Durable**
par le **ministère de l'écologie et du logement**.

www.cycleterre.eu

