



Introduction

Ce Guide des Blocs de Terre de Léém a pour but de fournir des informations fiables aux professionnels de la construction (architectes, ingénieurs, entrepreneurs) sur le thème de la maçonnerie en blocs de terre avec les matériaux de Léém. A ce titre, nous –les auteurs de la coopérative BC materials – avons choisi de "se tenir sur les épaules des géants" : les connaissances et les directives qui sont mentionnées dans les sections 1, 3, 4 et 5 proviennent d'ouvrages de référence de deux des réseaux de construction en terre les plus expérimentés : le réseau français et le réseau allemand. Le réseau français s'articule autour de l'institut de recherche universitaire CRAterre, et s'étend vers des organismes tels que Cycle-terre, Amaco, ENTPE, CSTB. Le réseau allemand s'articule autour du Dachverband Lehmbau, avec des experts tels que le Dr Horst Schröder, le Dr Christof Ziegert, et des réglementations nationales telles que les normes DIN et le cadre EPD.

Ce Guide des Blocs de Terre de Léém est donc une compilation des publications de recherches les plus récentes, des agréments techniques et des normes en Allemagne et en France les plus récentes, mis à jour avec des recherches supplémentaires et l'expérience de BC materials et Buildwise dans le contexte du Benelux. Nous avons essayé de montrer autant que possible à partir de quelle référence nous avons compilé certaines informations spécifiques, en mentionnant la référence dans la colonne latérale du texte, et en ajoutant la bibliographie complète dans la section 6. Nous sommes plus précis quant aux personnes à remercier pour chaque type de contribution dans la section "Remerciements" à la fin de ce guide.

Nous espérons avoir expliqué clairement que ce guide existe dans un esprit européen de partage de l'expertise en matière de construction en terre. Nous espérons que ce Guide des Blocs de Terre de Léém vous sera utile et qu'il contribuera à la croissance du secteur de la construction en terre dans le Benelux.

Sommaire

Introduction

3

1. Blocs de terre pour murs intérieurs

9

1.1 Qu'est-ce qu'un bloc de terre?

10

1.2 Le processus de production d'un bloc de Léém

11

1.2.1 Ressources secondaires et primaires

11

1.2.2 Préparation des matières premières

11

1.2.3 Le moulage ou pressage des blocs

12

1.2.4 Le séchage

12

1.2.5 L'emballage et le transport

13

1.3 Non cuit, est-ce assez solide?

14

1.4 Est-ce résistant à l'eau?

14

1.5 Pourquoi 2 blocs et 3 mortiers différents?

15

1.5.1 Typologies des murs

15

1.5.2 Le bon bloc à la bonne place : qu'en est-il des alternatives au marché?

18

1.5.3 Le bon bloc à la bonne place : comment choisir?

19

1.6 Le cadre normative et le contrôle de qualité

20

2. Propriétés & designations

23

2.1 Désignation des Blocs de Léém

24

2.2 Désignation ou propriétés physiques des types de Mortier de Léém

28

2.3 Propriétés physiques des maçonneries de Léém

29

2.3.1 Maçonnerie en Blocs Moulés de Léém

29

2.3.1 Maçonnerie en Blocs Compressés de Léém

29

2.3.1 Extra: Coefficient de dilatation linéaire thermique

30

2.3.2. Extra: Calcul de l'atténuation acoustique

30

| | |
|---|-----------|
| 3. Conseils de conception | 33 |
| 3.1 Généralités | 34 |
| 3.2 Domaine d'application | 34 |
| 3.3 Conditions hydriques | 36 |
| 3.3.1 Protection contre l'eau en partie courante du mur | 36 |
| 3.3.2 Protection contre l'humidité en pied de mur | 38 |
| 3.3.3 Protection des pièces humides | 39 |
| 3.3.4 Conception hygrothermique pour murs extérieurs | 40 |
| 3.4 Conditions sur les déformations | 42 |
| 3.4.1 Tassements verticaux, retraits horizontaux et tassements différentiels | 42 |
| 3.4.2 Joints structuraux | 43 |
| 3.4.3 Conditions sur les déformations de la structure | 45 |
| 3.4.4 Conditions sur la déformation des planchers et linteaux | 45 |
| 3.5 Elancement | 46 |
| 3.6 Contreventement | 47 |
| 3.7 Charges d'appui | 49 |
| 3.8 Linteaux | 49 |
| 3.9 Poutre de chaînage pour la maçonnerie porteuse | 50 |
| 3.10 Jonctions | 51 |
| 3.10.1 Jonctions entre murs porteurs | 51 |
| 3.10.2 Jonctions entre murs non-porteurs et structure porteuse : profil en U | 52 |
| 3.10.3 Jonctions entre murs non-porteurs et structure porteuse : nervure centrale | 53 |
| 3.10.4. Jonctions entre murs non-porteurs et structure porteuse : système d'ancrage | 53 |
| 3.10.5 Raccord avec menuiseries | 60 |
| 3.11 Angles | 61 |
| 3.12 Les parois acoustiques | 62 |
| 3.13 Etanchéité à l'air | 65 |

| | |
|--|-----------|
| 3.14 Paroi intérieure de murs creux | 65 |
| 3.14.1 Cas A : Mur de remplissage dans l'ossature structurelle environnante. | 65 |
| 3.14.2 Cas B : Doublage intérieur d'un mur de façade porteur extérieur. | 66 |
| 3.14.3 Cas C : La paroi porteuse intérieur isolée d'un mur extérieur | 67 |
| 3.14.4 Validation hygrometrique des cas | 67 |
| 3.14.5 Dimensionnement de la cavité d'air | 67 |
| 3.15 Fixation de charges lourdes | 68 |
| 3.16 Protection contre l'abrasion | 68 |
| 3.17 Rainures et percements dans les murs | 68 |

4. Conseils de mise en oeuvre 71

| | |
|---|-----------|
| 4.1 Préparation et conditions du chantier | 72 |
| 4.2 Règles de pose | 76 |
| 4.2.1 Joints de 10mm en Mortier de Léém | 76 |
| 4.2.2 Joints de 10mm avec Mortier Bâtard et Additif de Léém | 77 |
| 4.2.3 Joints fins de 1-3mm en Mortier Colle de Léém | 77 |
| 4.2.4 Vitesse de montage et de séchage | 77 |
| 4.3 Tolérances d'exécution | 80 |
| 4.4 Finitions et aspect du revêtement | 80 |

5. Détails de construction 83

| | |
|--|-----------|
| 5.1 Détails généraux pour tous types de mur | 84 |
| 5.2 Détails pour murs porteurs | 86 |
| 5.3 Détails pour murs non-porteurs | 87 |

6. Bibliographie 117

7. Remerciements et crédits 119

1. Blocs de terre pour murs intérieurs



Pendant des milliers d'années, l'humain a construit avec ce qu'il avait à portée de main et en abondance : la terre. En comprimant des blocs et en les transformant en murs, les humains ont pu créer un abri, un foyer chaleureux pour leur famille et leurs proches. Au fil du temps, et à la fin du XVIII^e siècle, nous avons découvert les avantages de l'énergie fossile et avons rapidement transformé l'argile non cuite en briques cuites. Cependant aujourd'hui, l'utilisation intensive des combustibles fossiles crée de nombreux dangers.

Nous pensons qu'en retournant à la terre crue et en l'améliorant grâce à des infrastructures de production et de la connaissance contemporaine, nous pouvons réduire l'énorme empreinte carbone du secteur de la construction, récupérer des matériaux localement abondants (considérés comme des déchets) et améliorer la qualité de vie des espaces intérieurs d'un grand nombre de personnes.

1.1 Qu'est-ce qu'un bloc de terre?

Les Blocs de Léém sont des matériaux de construction rectangulaires en terre crue qui sont fabriqués à partir de terres excavées, comprenant des argiles, des limons, des sables et des graviers. L'argile est le liant principal. Le processus de façonnage est décisif pour le type de bloc de terre de Léém :

- **Bloc Compressé de Léém** : la terre, à l'état humide, est compressée par une force mécanique, hydraulique ou par vibration dans un processus appelé vibrocompactage (habituellement effectué par des machines utilisées dans le monde des blocs de béton). Les blocs de terre sont ensuite durcis et séchés à l'air libre à des températures ambiantes.
- **Bloc Moulée de Léém** : la terre, à l'état plastique, est moulée dans un coffrage, puis démoulée, (habituellement effectué par des machines utilisées dans des briqueteries). Les blocs sont ensuite le plus souvent séchés dans des chambres de séchage en utilisant de la chaleur de récupération jusqu'à 80°C.

Les blocs de terre sont ensuite maçonnerés avec un mortier (colle) de terre de Léém ou un mortier batard avec Additif de Léém afin de devenir une maçonnerie de blocs de Léém à utiliser comme élément de construction.

Parfois, des ingrédients supplémentaires sont ajoutés aux blocs en terre crue afin d'obtenir certaines caractéristiques et performances. Lorsque ces ingrédients supplémentaires ne contribuent pas significativement à la résistance à l'eau des blocs de terre crue, on les appelle des additifs. Lorsqu'ils contribuent significativement à la résistance à l'eau des blocs en terre crue, on les appelle des stabilisateurs.

Actuellement, BC Materials propose le Bloc Moulé de Léém et le Bloc Compressé de Léém. Par conséquent, ce document se concentrera sur ces deux typologies.



Bloc Compressé de Léém



Bloc Moulé de Léém

1.2 Le processus de production d'un bloc de Léém

1.2.1 Ressources secondaires et primaires

Des ressources secondaires tel que les flux de terres excavées et/ou de déchets minéraux proviennent de chantiers de construction et de centres de stockage temporaire. Ces ressources sont exemptes de pollution conformément aux seuils légaux de l'OVAM Flandre et de Bruxelles Environnement. Ils font aussi l'objet d'un contrôle supplémentaire de la pollution, des PCB et de l'amiante par BC materials. Cela garantit que les ressources de Léém sont exemptes de PCB, PFC, amiante, plomb, métaux lourds, retardateurs de flamme, phtalates et isocyanates.

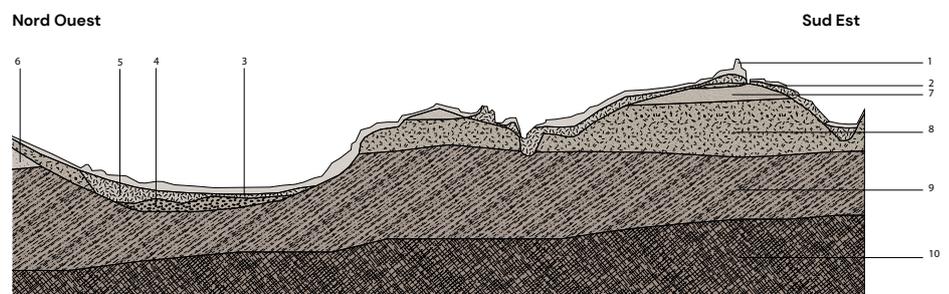
Pour certaines techniques de construction, des ressources primaires de carrière sont ajoutées dans les quantités minimales nécessaires, tel que des argiles et des sables spécifiques.

Quaternaire

1. Formations superficielles
2. Limons de pentes
3. Argiles alluviales
4. Sables et graviers alluvionnaires
5. Limons alluviaux

Tertiaire

6. Asschien (argiles et sables)
7. Lédien (sables et grès)
8. Bruxellien (sables et calcaires décalcifiés et grès)
9. Yprésien (sables argileux et argiles)
10. Landénien (sables, limons et argiles)



Coupe géologique de Bruxelles

1.2.2 Préparation des matières premières

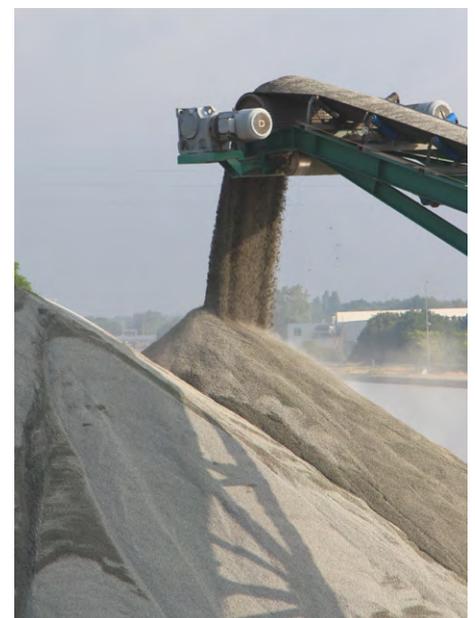
BC materials sèche, tamise, prémélange selon des recettes contrôlées, et exerce un contrôle de qualité. Ces quantités mélangées de Léém sont ensuite livrées sous forme de prémélanges de terre aux partenaires.



Prémélange



Chargement du prémélange de Léém



Prémélange chez partenaire de production



Mise en place des moules des blocs



Calibrage des blocs



Blocs après vibrocompactage

1.2.3 Le moulage ou pressage des blocs

Les prémélanges de Léém arrivent chez les partenaires de production dans un processus de « coworking industriel » : ils sont moulés ou compressés par des machines électriques pour prendre la forme rectangulaire des Blocs Moulés de Léém et Blocs Compressés de Léém.



Déplacement des blocs vers le séchage



Espace de séchage des blocs

1.2.4 Le séchage

Les Blocs Moulés de Léém sont séchés à l'air pendant 3 jours en utilisant la chaleur récupérée des fours de fabrication de blocs. Les Blocs Compressés de Léém sèchent et durcissent dans une chambre non-chauffée et non-ventilée pendant 10 jours.



Palettisation



Emballage des palettes



Déplacement vers le stockage

1.2.5 L'emballage et le transport

Les blocs de Léém sont palettisés, emballés et étiquetés dans un plastique recyclable, et prêts à partir pour le chantier.



Stockage



Chargement pour transport



Immobilisation des palettes pour le transport

1.3 Non cuit, est-ce assez solide?

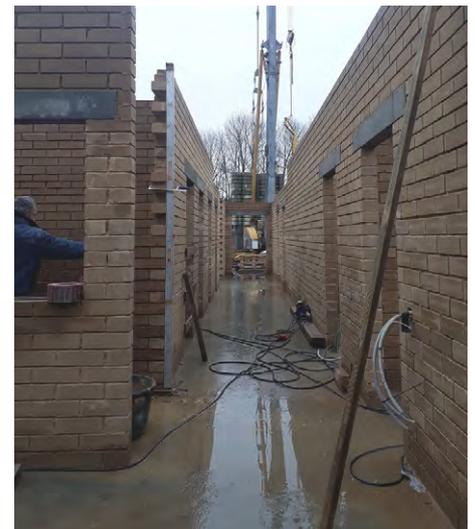
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue

Le Bloc Moulé de Léém utilise exclusivement de l'argile pour lier les limons, les sables et les graviers. La résistance à la compression à sec est d'au moins 5 Mpa. Étant donné que l'argile est le seul liant, ces blocs sont très sensibles à la perte de résistance lorsque la teneur en eau des blocs augmente. De plus, les forces de liaison de l'argile sont réversibles, ce qui signifie qu'elles peuvent être défaits par l'eau ; le bloc de Léém redevient alors de la terre. Avec une conception appropriée prenant en compte ces caractéristiques, les blocs de Léém peuvent être utilisés en maçonnerie porteuse intérieure de 13 mètres de haut [8] (p.5). **Donc oui, les blocs de Léém sont solides.**

Le Bloc Compressé de Léém est fait par une technique de production différente et contient un ingrédient supplémentaire – 3,85% (poids) de ciment – afin de rendre les blocs plus résistants à l'eau et encore plus solides : minimum 9 MPa. Étant donné que les blocs stabilisés sont plus solides que les blocs de Léém, ils peuvent être utilisés en maçonnerie porteuse d'au moins 13 mètres de hauteur, voire plus haut après des calculs structurels effectués par un ingénieur qualifié. **Le Bloc Compressé de Léém est résistant à l'eau.**



Maçonnerie porteuse en Blocs Compressés



Résistance à l'eau des Blocs Compressés

1.4 Est-ce résistant à l'eau?

La maçonnerie en Bloc Moulé ou Compressé de Léém peut être utilisée pour tous les murs intérieurs (y compris la face intérieure des murs extérieurs), dans les pièces sèches et humides comme des salles de bain ou des cuisines. En principe, une conception adéquate et une gestion de chantier appropriée protègent les murs de maçonnerie de Léém du contact direct avec l'eau, tel que la condensation récurrente, la pluie, les remontées capillaires, les éclaboussures d'eau, les fuites, etc.

La maçonnerie en Bloc Compressé de Léém prend également en charge certaines utilisations supplémentaires en raison de sa résistance à l'eau globalement améliorée :

- Utilisation extérieure protégée de la pluie
- Utilisation intérieure recevant occasionnellement de l'eau d'éclaboussure (telle que des plinthes recevant de l'eau de nettoyage)

1.5 Pourquoi 2 blocs et 3 mortiers différents?

La combinaison de 2 blocs et de 3 mortiers dans la gamme de produits de Léém permet de concevoir et d'exécuter toutes les typologies de maçonnerie intérieure (voir section 1.4.1) et de remplacer toutes les alternatives à haute émission carbone actuellement sur le marché (voir section 1.4.2).

La gamme Bloc Moulé de Léém ne contient ni d'additifs ni de stabilisateurs ; elle existe grâce aux terres excavées des chantiers. C'est notre gamme de blocs la plus écologique et circulaire, elle offre aussi l'esthétique de l'artisanat à travers sa texture et sa couleur.

La gamme de Bloc Compressé de Léém utilise 3,85% (poids) de ciment comme stabilisateur, elle est donc plus résistante à l'eau, a une meilleure performance acoustique, est plus résistante au feu et plus solide. Leur esthétique est plus industrielle par leur aspect et leur couleur.

Le Mortier de Léém est utilisé pour le maçonnage des joints de tous blocs de Léém avec une épaisseur de 10 mm.

Le Mortier Colle de Léém est utilisé pour le maçonnage des joints de tous les blocs de Léém avec une épaisseur de 1-3mm.

Un mortier batard (avec un liant chaux-ciment) avec Additif pour Mortier Batard de Léém est utilisé pour la maçonnerie des joints de Blocs Compressés de Léém avec une épaisseur de 10mm dans des circonstances exigeantes.



Maçonnerie Blocs Compressés



Maçonnerie Blocs Moulés

1.5.1 Typologies des murs

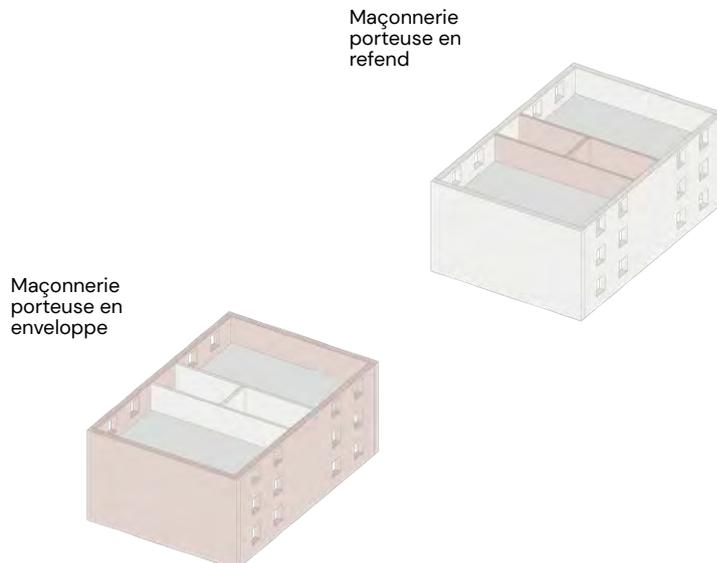
Nous classons dans le tableau ci-dessous les caractéristiques des murs ainsi que les typologies d'application des murs afin de clairement définir où les maçonneries en Bloc Moulé et Compressé de Léém avec différents types de mortier de Léém peuvent être utilisées. Voici quelques principes généraux :

- Les Blocs Moulés et Compressés de Léém sont destinés aux maçonneries protégées des intempéries et des remontées capillaires ; il n'y a donc pas de murs de façade extérieurs ni de murs souterrains.
- Les Blocs Moulés et Compressés de Léém peuvent être utilisés pour des applications porteuses ou non porteuses, dans l'enveloppe du bâtiment ou dans le plan intérieur.
- Les Blocs Compressés de Léém en maçonnerie porteuse nécessitent un mortier bâtard avec l'Additif Léém ou un Mortier Colle de Léém.
- Les Blocs Moulés de Léém ne peuvent être maçonnés qu'avec le Mortier de Léém ou le Mortier Colle de Léém (et donc pas avec un mortier batard).

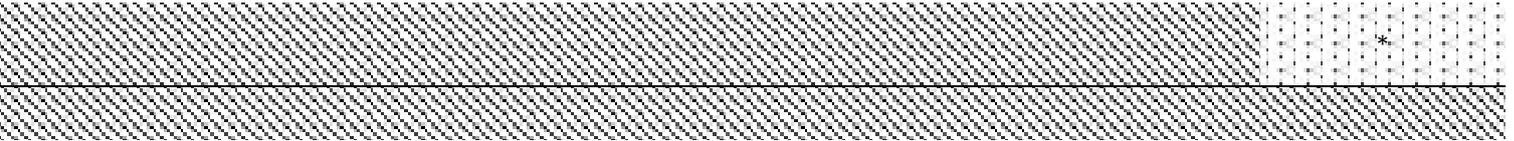
Typologies des murs avec Blocs de Léém

| | MURS PORTEURS | |
|--|--|--------------------|
| | Maçonnerie porteuse | |
| | Enveloppe | Refend |
| Caractéristiques | | |
| Apparent | ✓ | ✓ |
| Non-apparent | ✓ | ✓ |
| protégé des intempéries | ✓ (Mur extérieur isolé et paroi intérieure de murs creux) | ✓ |
| exposé aux intempéries | | |
| Souterrain | | |
| Hors-sol | ✓ | ✓ |
| Remplissage | | |
| Indépendant | ✓ | ✓ |
| Double | | |
| Double | ✓ | ✓ |
| Resistant au feu | ✓ | ✓ |
| Performance acoustique | ✓ | ✓ |
| Quel système de maçonnerie? | | |
| Mortier de Léém (10mm) | | Bloc Moulé de Léém |
| Mortier Colle de Léém (1-3mm) | | |
| Mortier batard avec additif de Léém (10mm) | | |

* : seulement pour les Blocs Compressés de Léém avec mortier bâtard avec Ac



MURS NON-PORTEURS

| Remplissage de l'ossature (non-)porteuse | | Cloisons | | Parement / Finitions |
|--|---------------------------|---------------|-----------------------|----------------------|
| Enveloppe | Refend | Distributives | Séparatives | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| ✓ (paroi intérieure de murs creux) | ✓ (Mur de remplissage) | ✓ | ✓ | ✓ |
|  | | | | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| | | | ✓ | |
| ✓ | ✓ | | ✓ | |
| ✓ | ✓ | | ✓ Mur Coupe Feu | |
| ✓ | ✓ | ✓ | ✓ Mur entre-unités | |

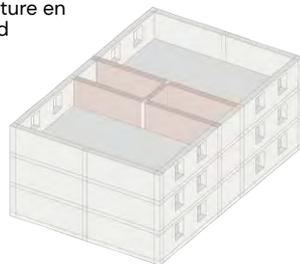
Bloc Moulé et Compressé de Léém

Bloc Moulé et Compressé de Léém

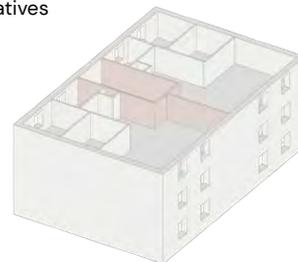
Bloc Compressé de Léém

ditif de Léém, et à évaluer par projet

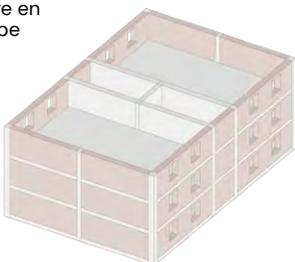
Remplissage de l'ossature en refend



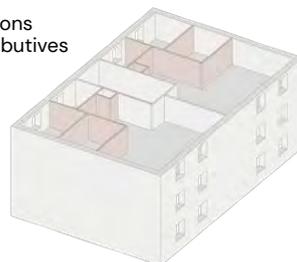
Cloisons séparatives



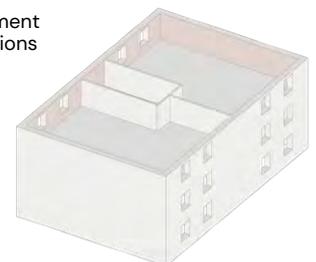
Remplissage de l'ossature en enveloppe



Cloisons distributives

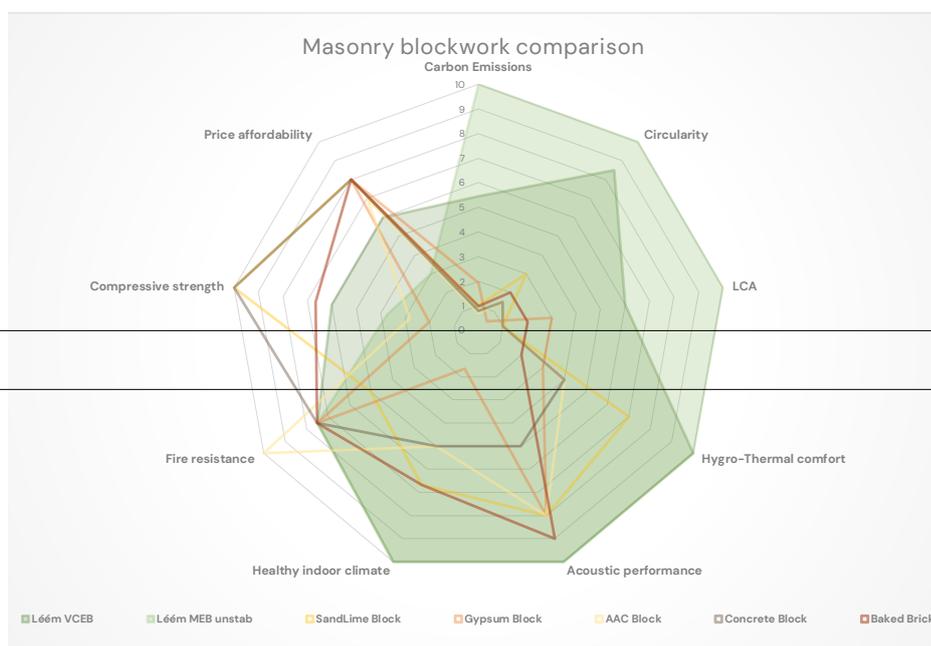


Parement / finitions



1.5.2 Le bon bloc à la bonne place : qu'en est-il des alternatives au marché?

Dans la conception et la construction de bâtiments, BC Materials suit la devise «le bon matériau au bon endroit». Notre proposition de la gamme de produits de Léém repose sur la conviction que de nombreux matériaux de construction à forte émission carbone peuvent être remplacés par des matériaux en terre crue. En effet, ils présentent des performances techniques et des avantages économiques adéquats, tout en apportant des avantages incomparables en termes de climat intérieur sain et d'impact environnemental. Comparons les gammes de Blocs Moulés et Compressés de Léém aux alternatives standard actuelles à forte émission carbone.



Comparaison des Blocs de Léém avec les alternatives actuelles du marché (par m2 de mur)

Toutes les données sont basées sur des données quantitatives de tiers et transposées proportionnellement sur une échelle de 0 à 1 – à l'exception de la circularité qui est une évaluation quantitative et qualitative basée sur des scénarios de Fin de Vie prenant en compte l'utilisation de ressources secondaires pour la production, la gestion des déchets, la réutilisabilité et la réversibilité.

Le diagramme radar montre les performances exceptionnelles des Blocs Moulés et Compressés du Léém en matière de circularité, d'impact environnemental, d'émissions de carbone, de confort hygrothermique, de performance acoustique et de résistance au feu, tout en affichant des performances moyennes en matière de résistance à la compression et d'accessibilité financière. Il convient de mentionner que le caractère abordable changera à l'avenir lorsque les coûts liés aux émissions de carbone, à la gestion des déchets et à l'impact sur l'environnement seront intégrés dans la tarification économique.

1.5.3 Le bon bloc à la bonne place : comment choisir?

Avec 2 types de blocs et 3 types de mortier, la gamme de Léém offre 5 systèmes de maçonnerie. Afin d'en choisir un, des considérations telles que le coût économique, la vitesse de construction, la gestion du chantier, ... sont nécessaires. Voici un résumé qui peut aider à choisir le système de maçonnerie à utiliser.

Voici quelques principes généraux :

- Les Blocs Moulés de Léém sont plus écologiques, plus chers et nécessitent une gestion de chantier plus importante (en ce qui concerne l'eau de pluie sur chantier, et la logistique de transport)
- Les Blocs Compressés de Léém sont plus performants, moins chers et nécessitent moins de gestion de chantier.

Comparaison entre les maçonneries de Léém

| | Blocs Moulés de Léém | | Blocs Compressés de Léém | | |
|--|---|---|---|--|--|
| | Mortier de Léém 10mm | Mortier Colle de Léém 1-3mm | Mortier de Léém 10mm | Mortier Colle de Léém 1-3mm | Mortier batard avec additif de Léém 10mm |
| Caractéristiques | | | | | |
| Stabilisation (wt.) | - | - | 3,85% des blocs | 3,85% des blocs | 3,85% + mortier batard |
| Fait des ressources locales | +++ | +++ | ++ | ++ | + |
| Fait des ressources secondaires | +++ | +++ | ++ | ++ | + |
| Régulation de l'humidité | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Inertie thermique | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ |
| Acoustique | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ |
| Résistance au feu | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ |
| Possibilités esthétiques | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ |
| Impact environnemental | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Émissions de carbone | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Conception | | | | | |
| Blocs/m2 | 59 - 79 | 67 - 94 | 24 | 26 | 24 |
| Mortier % de la maçonnerie (volume) | 16,7 - 22,5% | 5,7% - 8% | 16,7 - 22,5% | 3,0% | 9,12% |
| Prix/m2 du matériau | 63-84 € | 71 - 96 € | 31 € | 36 € | 33 € |
| Prix/m2 de la fixation | 60-80 € | 50 - 70 € | 40 - 60 € | 30 - 45 € | 40 - 60 € |
| Prix/m2 total | 123 - 164 € | 121 - 166 € | 71 - 91 € | 66 - 81 € | 73 - 93 € |
| Porteur | (oui) | (oui) | (oui) | oui | oui |
| Exécution | | | | | |
| Dommages prévus pour transport des blocs | < 5% | < 5% | < 2% | < 2% | < 2% |
| Perte attendue pour bloc/mortier | 4% / 10% | 4% / 10% | 4% / 10% | 4% / 4% | 4% / 10% |
| Vitesse de construction en m2/h/personne | | -20% | | -40% | |
| Nombre maximum d'assises par jour | 12 | 12 | 12-15 | 12-15 | 12-15 |
| Temps de séchage avant suite des travaux | 7 jours | 3 jours | 7 jours | 3 jours | 1 jour |
| Facilité de démontage | +++ | ++ | +++ | ++ | + |
| Facilité de gestion des déchets | +++ | ++ | ++ | ++ | + |
| Gestion de chantier | Protection contre l'eau en tête, pied et côtés de mur | Protection contre l'eau en tête, pied et côtés de mur | Protection contre l'eau en tête et côtés de mur | Protection contre l'eau en tête de mur | Protection contre l'eau en tête de mur |

1.6 Le cadre normative et le contrôle de qualité

[26] Agrément technique

Il n'y a actuellement aucune normes harmonisées européennes (European Harmonized Standards : EN) pour les blocs de terre, la maçonnerie en blocs de terre ou le mortier de maçonnerie de terre. Cependant, des normes pour les blocs de terre sont publiées en Allemagne et en France (DIN18945 et AFNOR XP P13-901) et une norme est publiée pour le mortier de maçonnerie de terre en Allemagne (DIN18946). Léém déclare les performances de ses Blocs Moulés et Compressés, et de son mortier (colle) sur ses fiches techniques selon les normes DIN et AFNOR.

Pour le calcul de la maçonnerie porteuse en blocs de terre, une norme a été publiée en Allemagne (DIN18940) qui calcule essentiellement la maçonnerie en blocs de terre dans la norme Eurocode 6 (EN1996-1-1 Conception des structures en maçonnerie) avec quelques déviations liées au spécificités des matériaux en terre.

Outre ces normes allemandes et françaises existantes, BC materials demandera une ATG [26] pour la maçonnerie intérieure (non) porteuse en Blocs de Léém.

Le contrôle de la qualité de la production des Blocs de Léém et du Mortier de Léém se fait selon les normes DIN18945, DIN18946 et les spécifications supplémentaires mentionnées dans une éventuelle ATG.

Ces normes, la certification tierce et le protocole normalisé de contrôle qualité garantissent la sécurité et l'assurabilité de la construction avec les systèmes de maçonnerie en Blocs Moulés et Compressés de Léém.



2.

Propriétés & designations

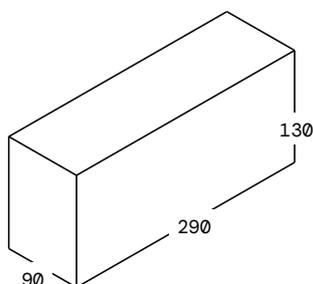


2.1 Designation des Blocs de Léém

Pour connaître les propriétés physiques complètes des blocs de Léém, nous vous renvoyons aux Fiches Techniques téléchargeables sur le site www.leem.works. Dans cette section, nous présenterons le système de classification générale des blocs de terre tel que proposé par la norme française XP P13-901 et la norme allemande DIN18945. Cette classification générale basée sur les propriétés physiques se traduit par une ligne de texte : la *désignation*. Voici celui pour tous Blocs de Léém:

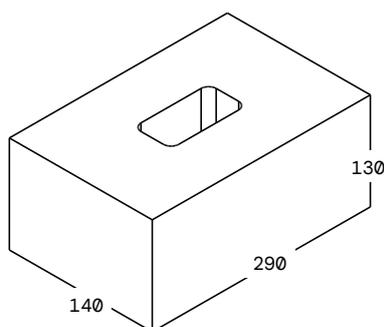
Bloc Compressé CEB_90 :

BTC- CL2 - RC 7 - Mv 2,0 - 90 × 290 × 130 - S 3,85% CEM III 42,5 - XP P 13-901



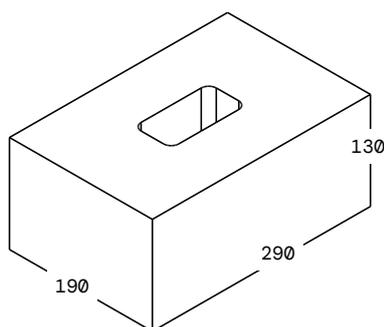
Bloc Compressé CEB_140 :

BTC- CL2 - RC 7 - Mv 1,8 - 140 × 290 × 130 - S 3,85% CEM III 42,5 - XP P 13-901



Bloc Compressé CEB_190 :

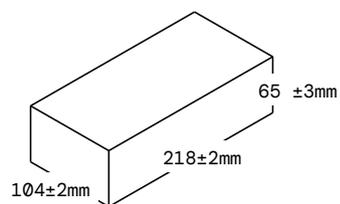
BTC- CL2 - RC 7 - Mv 1,8 - 190 × 290 × 130 - S 3,85% CEM III 42,5 - XP P 13-901



Bloc Moulé Brun MEB_b :

BTM – CL3 – RC 2 – Mv 1,8 – 6,5x10,5x21,8 – XP P 13-901

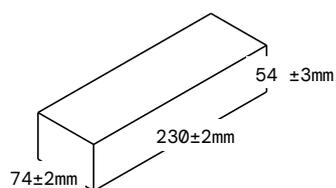
Lehmstein (LS) – tragend – DIN 18945 – f 2 – II – 1,8 – 6,5x10,5x21,8



Bloc Moulé Ocre MEB_o :

BTM – CL3 – RC 1 – Mv 1,8 – 5,7x7,8x23,8 – XP P 13-901

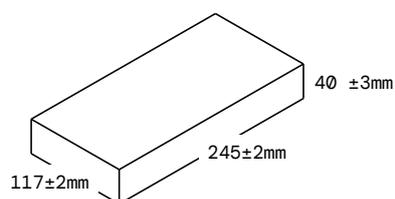
Lehmstein (LS) – nichttragend – DIN 18945 – f 1 – II – 1,8 – 5,7x7,8x23,80



Bloc Moulé Crème MEB_c :

BTM – CL3 – RC 1 – Mv 1,8 – 3,8x12,0x25,0 – XP P 13-901

Lehmstein (LS) – nichttragend – DIN 18945 – f 1 – II – 1,8 – 3,8x12,0x25,0



La désignation d'un bloc de terre selon les normes françaises et allemandes comprend les informations suivantes:

Mode de fabrication : elle renseigne sur la façonnage du bloc de terre

- Moulé (BTM – Bloc de Terre Moulée = f – Formgeschlagen Lehmstein)
- Compressé (BTC – Bloc de Terre Compressée = p – Formgepresste Lehmstein)
- Extrudé (BTE – Bloc de Terre Extrudée = s – Stranggepresste Lehmstein)

Classe d'application : elle indique dans quelles conditions le bloc peut être utilisé, sur la base de plusieurs tests d'humidité et de gel effectués sur les blocs de terre.

Alors que la norme française autorise au maximum la maçonnerie extérieure exposée (CL1), la norme allemande n'autorise au maximum que la maçonnerie extérieure enduite (AK Ia). Ceci est cohérent avec le fait que la norme française autorise la stabilisation, alors que la norme allemande ne l'autorise pas. Voici le résumé des codes de classe d'application désignés :

- CL1 : Maçonnerie extérieure non enduite soumise aux intempéries. Cette classe n'existe pas dans les normes allemandes.
- CL2 = AK Ia + AK Ib : Maçonnerie extérieure enduite et soumise aux intempéries. (La classe d'application allemande AK Ia est plus détaillée : Maçonnerie de remplissage extérieure et enduite dans une ossature bois)
- CL3 = AK II : Maçonnerie extérieure habillée et protégée contre les intempéries et maçonnerie intérieure.
- CL4 = AK III : Applications intérieures sèches, sans mortier (comme le remplissage de planchers, ou les murs de remplissage empilés à sec, ...)

Classe de résistance : elle donne une indication de la résistance à la compression des blocs. La norme française est plus simple car ses classes de résistance communiquent directement la valeur moyenne de la résistance à la compression (MPa) des blocs. La norme allemande est moins directe car elle fixe des seuils plus élevés pour la résistance moyenne à la compression (par exemple 3,8 MPa pour «Drukfestigkeitsklasse 3»), ce qui entraîne une correspondance non intuitive des classes de résistance entre les normes française et allemande.

- RCO/1/2/3/4/5/6 : blocs ayant une résistance moyenne de 0/1/2/3/4/5/6 MPa.
- Druckfestigkeitsklasse 2/3/4/5/6 : blocs ayant une résistance minimale de 2/3/4/5/6 MPa et une résistance moyenne de 2,5/3,8/5,0/6,3/7,5 MPa.

Classe de densité : cette classe donne une indication de la densité brute du bloc. La norme française arrondit vers le bas, alors que la norme allemande arrondit vers le haut, ce qui entraîne une correspondance non intuitive des classes de densité entre les normes françaises et allemandes.

- Mv1,4 – Mv2,1 : une densité comprise entre 1400 kg/m³ et 2199kg/m³, arrondie à la centaine de kg/m³ inférieure.
- Rohdichteklasse 0,5 – 2,2 : une densité comprise entre 501 kg/m³ et 2200 kg/m³, arrondie à la centaine ou 200 kg/m³ supérieure.

Dimensions : elles indiquent les dimensions du bloc de terre en cm.

Méthode de stabilisation : la norme française prévoit une stabilisation déclarée, tandis que la norme allemande ne prévoit pas de stabilisation. Dans la norme française, le % en poids de stabilisation dans un mélange total de 100% est indiqué, ainsi que le type de stabilisateur

Porteur ou non: Seule la norme allemande indique si un bloc peut être utilisé dans des applications (non) porteuses. Les classes nécessaires sont AK Ib ou II, Rohdichteklasse 1,4 minimum, Druckfestigkeitsklasse 2 minimum

Références des normes: XP P13-901 en France et DIN 18945 en Allemagne.

Le tableau ci-contre résume la méthode de désignation pour les normes française et allemande.

2.2 Désignation ou propriétés physiques des types de Mortier de Léém

Léém propose 3 types de mortiers de maçonnerie:

- Mortier de Terre de Léém (code produit EB-EM) : mortier de terre standard pour joints de 10 mm
- Mortier Colle de Terre de Léém (code produit EB-EAM) : mortier de terre pour joints de 2-3 mm avec un pouvoir adhésif plus élevé.
- Additif de Léém pour mortier bâtard (code produit EB-EA) : additif de terre à ajouter à un mortier bâtard M10 pour des joints de 10 mm dans des maçonneries de terre résistantes à l'eau.

Pour les propriétés physiques complètes du Mortier de Terre de Léém, du Mortier Adhésif de Terre de Léém et de l'Additif de Léém pour mortier bâtard, nous vous renvoyons aux Fiches Techniques téléchargeables sur le site www.leem.works.

Dans cette section, nous présenterons le système de classification générale des mortiers de terre tel que proposé par la norme allemande DIN18946. Cette classification générale basée sur les propriétés physiques se traduit par une ligne de texte : la *désignation*. Seul le mortier de terre Léém possède une désignation basée sur la norme DIN18946. Le mortier de terre adhésif Léém ainsi que l'additif Léém pour mortier bâtard n'ont pas de désignation, car ils n'entrent pas dans le champ d'application du marquage de la norme DIN18946.

Voici la désignation du mortier de terre de Léém (code produit EB-EM) selon la norme DIN 18946 :

Lehmmauermörtel (LMM) – DIN 18946 -O/2 (f) – M2,5 – 2,0

Ceci comprend les informations suivantes:

Type de produit : LMM = Lehmmauermörtel = Mortier de maçonnerie de terre

La norme de référence : DIN 18946.

Groupe granulométrique : Pour le groupe granulométrique O/2mm, entre 85 et 99% des particules du mortier ont une taille ≤ 2 mm, tandis qu'entre 95% et 100% ont une taille ≤ 4 mm. L'ajout éventuel de la lettre «f» indique la présence de fibres dans la recette du mortier de maçonnerie de terre.

Classe de résistance : elle donne une indication de la résistance à la compression du mortier, testée conformément à la norme DIN18946. La lettre M indique qu'il s'agit d'un mortier (de terre).

Classe de densité : elle donne une indication de la densité du mortier de maçonnerie de terre.

– Rohdichteklasse 0,9 – 2,2 : Les mortiers de maçonnerie de terre couverts par cette norme ont une densité comprise entre 901 kg/m³ et 2200 kg/m³, arrondie à la centaine ou 200 kg/m³ supérieure.

Le Mortier Colle de Terre de Léém (code produit EB-EAM) et le mortier bâtard avec Additif de Léém (code produit EB-EA) sont caractérisés conformément à la norme EN1015. Ils n'ont pas de désignation et leurs propriétés physiques peuvent être lues directement sur leurs Fiches Techniques respectives, téléchargeables sur leem.works.

2.3 Propriétés physiques des maçonneries de Léém

Différents systèmes de maçonnerie en blocs de terre de Léém sont proposés dans la section 1.4. Ils réapparaissent dans le tableau ci-dessous, dans différentes combinaisons de blocs de Léém et de mortiers de Léém, présentant certaines propriétés physiques spécifiques.

2.3.1 Maçonnerie en Blocs Moulés de Léém

Propriétés physiques de la maçonnerie

| Mortiers possibles: | Mortier de Léém (10mm) | Mortier Colle de Léém (2-3mm) |
|-------------------------------|--|--|
| Capacité thermique spécifique | 1000 J/kgK | 1000 J/kgK |
| Effusivité thermique | 13,86 m ² /s | 13,86 m ² /s |
| Diffusivité thermique | 0,23 Wh ^{0,5} /(m ² K) | 0,23 Wh ^{0,5} /(m ² K) |

2.3.1 Maçonnerie en Blocs Compressés de Léém

Propriétés physiques de la maçonnerie

| | Mortier de Léém (10mm) | Mortier Colle de Léém (2-3mm) | Mortier Bâtard avec Additif de Léém (10mm) | |
|--|---|---|---|---------------|
| Résistance à la compression | 3 N/mm ² | 3 N/mm ² | 4,6 N/mm ² | EN1052-1 |
| E-modulus statique | | TBC Q4 2023 | | EN1052-1 |
| Résistance à la flexion | ⊥ 0,25 N/mm ² 0,04 N/mm ² | ⊥ 0,38 N/mm ² 0,15 N/mm ² | ⊥ 0,35 N/mm ² 0,16 N/mm ² | EN1052-2 |
| Résist. initiale au cisaillement | 0,04 N/mm ² | 0,12 N/mm ² | 0,22 N/mm ² | EN1052-3 |
| Résist. à la rupture de joints | | 0,17 N/mm ² | | EN1052-5 |
| Isolement aux bruits aériens (ép. 14 cm sans enduit) | | 54,3(-1,6; -4,9)dB | | EN ISO 717-1 |
| Résistance au feu (ép. 14 cm sans enduit) | | (R)EI 180 | | NBN EN 1363-1 |
| Capacité thermique spécifique | 1000 J/kgK | 1000 J/kgK | 1000 J/kgK | |
| Effusivité thermique | 15,79 m ² /s | 15,79 m ² /s | 15,79 m ² /s | |
| Diffusivité thermique | 0,25 Wh ^{0,5} /(m ² K) | 0,25 Wh ^{0,5} /(m ² K) | 0,25 Wh ^{0,5} /(m ² K) | |

[9] Earth Masonry : Design and Construction Guidelines

2.3.1 Extra: Coefficient de dilatation linéaire thermique

Le coefficient de dilatation linéaire thermique est une propriété matérielle qui indique dans quelle mesure un matériau se dilate lorsqu'il est chauffé. Il peut être utilisé pour calculer la déformation thermique.

Le coefficient de dilatation linéaire d'une maçonnerie de terre crue vaut environ 0.006 mm/mK (à titre de comparaison : pour le béton il vaut 0.01 mm/mK) [9] (p.72)

2.3.2. Extra: Calcul de l'atténuation acoustique

[1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[2] ATEx A 2957 Murs porteurs

Pour les valeurs testées et les valeurs de calcul concernant l'isolation acoustique des typologies de mur principaux avec des blocs de Léém, voir la section 3.12.

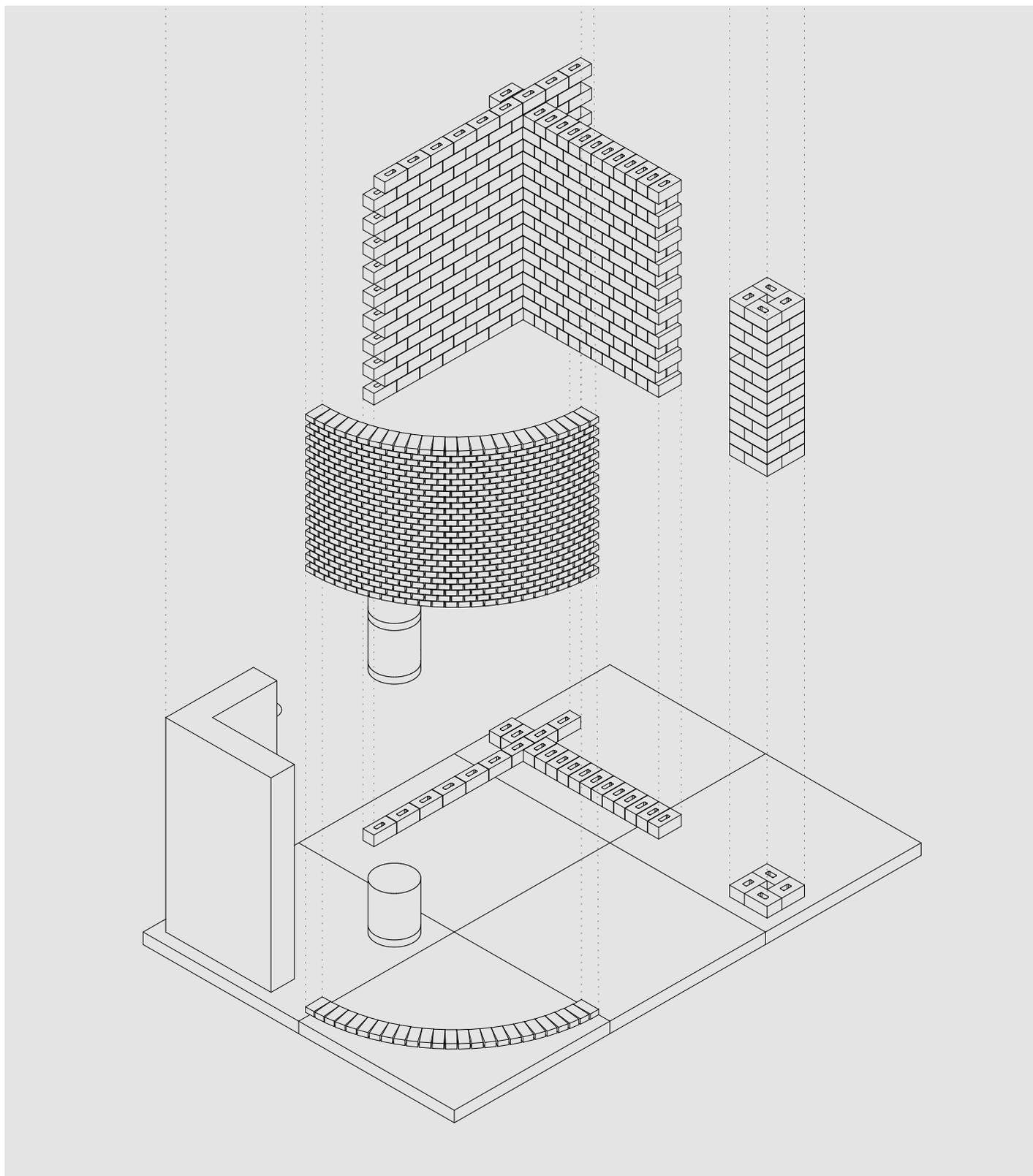
Pour les autres typologies de mur, le concepteur peut utiliser le logiciel Insul pour estimer l'isolation aux bruits aériens conformément à la norme EN ISO 12354-1, en utilisant la densité et le module de Young (voir les fiches techniques).

Pour des estimations approximatives des valeurs de calcul sans logiciel, il convient de retenir que la condition d'un enduit sur au moins une face de la paroi maçonnée doit être respectée. Cette condition permet d'appliquer la « loi de masse » en obstruant les éventuelles « fuites acoustiques ». [2] (p.43) « Loi de masse » est une loi à laquelle obéit la valeur d'isolement acoustique d'une paroi en fonction de sa masse surfacique : l'énergie transmise est inversement proportionnelle au carré de la masse. Il résulte de cette loi, dite aussi loi de Berger, que l'indice d'affaiblissement acoustique brut d'une paroi augmente de 6 dB par doublement de la masse ou, pour un matériau homogène, par doublement de l'épaisseur" [1] (p.52)



3.

Conseils de conception

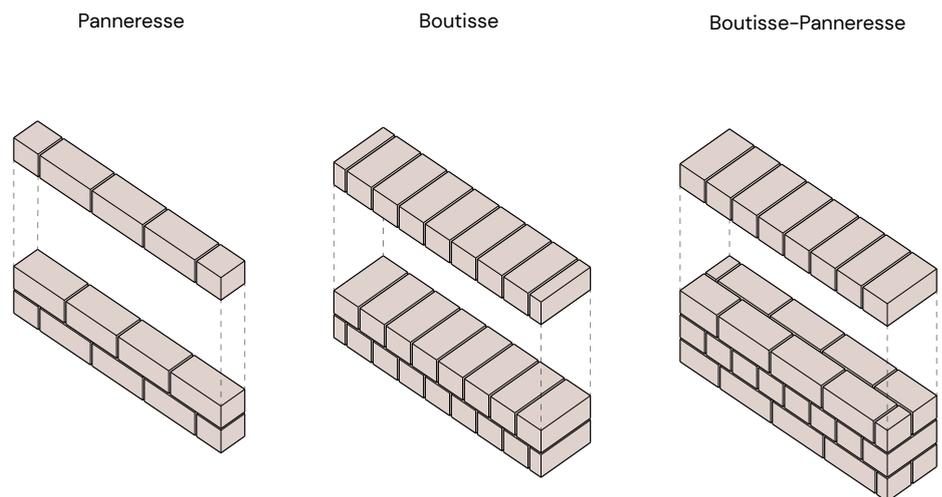


3.1 Généralités

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[7] Cycle Terre, Guide

Avant les travaux de chantier, la maçonnerie de Léém nécessite une prise de conscience de ses propriétés de terre crue uniques au cours de la phase de conception détaillée. Voici les principes les plus importants :

- La protection contre l'excès d'humidité et l'exposition prolongée à l'humidité doit être prise en compte
- Les blocs de Léém ont une bonne résistance à la compression mais une mauvaise résistance à la traction. Il faut donc éviter les efforts de traction dans les structure
- Il faut rechercher une bonne répartition des charges au sein du mur et éviter les charges concentrées ou les charges excentrées
- Les complexités constructives sont aisément sources de pathologies. La sobriété du plan, de la volumétrie, des façades, des compositions de parois, des ouvertures et des détails techniques permet de diminuer les coûts (économiques et environnementaux) tout en réduisant les risques de dégradations. [7] (p.78)



Trois types d'appareillages de pose non-exhaustives pour les blocs

3.2 Domaine d'application

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[3] ATEx A 2991 Parement intérieur
[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[6] NIT 271 - Exécution des maçonneries
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue

Les typologies d'éléments de construction dans lesquels la maçonnerie en blocs de terre peut être utilisée sont indiquées dans la Section 1.5. Les domaines d'application sont indiqués ci-dessous. Ces domaines d'application diffèrent pour les Blocs Moulés de Léém et les Blocs Compressés de Léém, car les Blocs Moulés ne sont pas stabilisés alors que les Blocs Compressés sont stabilisés avec 3,85% (poids) de ciment. Si une utilisation des gammes des Blocs Moulés et Compressés de Léém entre dans les domaines d'application ci-dessous, toutes les directives mentionnées dans cette publication peuvent être directement appliquées. Si une équipe de projet envisage une utilisation des gammes Blocs Moulés et Compressés de Léém en dehors de ces domaines d'application, des détails et des calculs sur mesure doivent être réalisés et validés par l'équipe de projet.

Les Blocs Moulés et Compressés de Léém avec Mortier de Léém peuvent être utilisés dans les limites des domaines cumulatifs suivants :

- Murs de classe d'exposition MX1 (environnement sec)

- Bâtiments de classe climat intérieur I, II : humidité limitée et ventilation adéquate [6] (p.44), [3] (p.4) [4] (p.4)
- En tant qu'élément porteur dans les structures jusqu'à 13m de haut [8] (p.5) (hauteur entre le niveau fini extérieur et le niveau fini du dernier étage accueillant des personnes).
- En tant qu'élément porteur dans les zones sismiques 0 et 1 selon [8] (p.14), et non porteur dans toutes les zones sismiques

La gamme Bloc Compressé de Léém avec Mortier Colle de Léém ou mortier batard avec Additif de Léém peut être utilisée dans les limites des domaines cumulatifs suivants :

- Murs de classe d'exposition MX2.1 (Humidité sans cycles de gel/dégel) et parfois MX3.1
- Bâtiments de classe climat intérieur I,II,III. [6] (p.44), [2] (p.16/90), [3] (p.31)
- En tant qu'élément porteur dans les structures d'une hauteur maximale de 13 m, (hauteur entre le niveau fini extérieur et le niveau fini du plancher du dernier étage accueillant des personnes) [8] (p.5). Les limites quant à la hauteur d'un bâtiment sont max R+3 et max 3 niveaux superposés de murs en Blocs Compressés.
- En tant qu'élément porteur dans les zones sismiques 0, 1, et dans les zones 2 seulement si le bâtiment a un risque faible ou très faible de charge sismique [2] (p.16/90), et [6] (p.44), et en tant qu'élément non porteur dans toutes les zones sismiques

Les situations spéciales suivantes sont exclues du domaine d'emploi des blocs de Léém:

- Ouvrages enterrés et semi-enterrés
- Façades situées en front de mer
- Bâtiments situés en climat de montagne (altitude > 900m).

En Europe, la maçonnerie porteuse en matériaux standard, tels que le béton ou l'argile cuite, nécessite des détails et des calculs appropriés conformément à l'Eurocode 6. Pour la maçonnerie porteuse en Blocs Moulés et Compressés de Léém, nous proposons la norme DIN18940 comme norme de calcul, qui suit généralement les principes de l'Eurocode 6 avec quelques considérations supplémentaires, compte tenu de la nature spécifique de la maçonnerie en blocs

| Classes de climat intérieur et types de bâtiments concernés | | Exemples de bâtiment |
|---|---|--|
| Classe I | Bâtiments où la production d'humidité est faible à nulle en permanence | Entrepôts de marchandises sèches, églises, salles d'exposition, garages, ateliers |
| Classe II | Bâtiments bien ventilés, à production d'humidité limitée par m ³ | Habitations ventilées, écoles, magasins, bureaux non climatisés, salles de sport et halls polyvalents |
| Classe III | Bâtiments moyennement ventilés, à production d'humidité plus importante au m ³ | Habitations non ventilées, hôpitaux, homes, salons de consommation, restaurants, salles des fêtes, théâtres, bâtiments faiblement climatisés (HR ≤ 60 %) |
| Classe IV | Bâtiments à production d'humidité élevée | Bâtiments fortement climatisés (HR > 60 %), locaux d'hydrothérapie, piscines couvertes, locaux industriels humides tels que blanchisseries, imprimeries, brasseries, usines à papier, etc. |

(*) Les bâtiments en surpression ou dont le taux d'humidité est très variable (discothèques, par exemple) exigent une étude hygrothermique particulière.

Bâtiments courants (*) et classes de climat intérieur associées [6] p.44

| Classe | Microcondition de la maçonnerie | Exemples |
|--------|---|--|
| MX1 | Environnement sec | Intérieur des bâtiments à fonction d'habitation normale et de bureaux, y compris la paroi intérieure de murs creux ne risquant pas de s'humidifier. Maçonnerie extérieure enduite, non exposée à une pluie battante modérée ou sévère et isolée de l'humidité de matériaux ou maçonneries adjacents. |
| MX2 | Exposition à l'humidité ou au mouillage | Maçonnerie intérieure exposée à d'importants niveaux de vapeur d'eau, comme dans une laverie. Mur extérieur en maçonnerie couvert par un avant-toit surplombant ou un chaperon le protégeant de la pluie. Maçonnerie en zone hors gel dans un sol non agressif et bien drainé. |
| MAX2.1 | Exposition à l'humidité, mais pas à des cycles de gel/dégel ni à des sources externes de sulfates ou de produits chimiques agressifs. | Maçonnerie non exposée au gel ni à des produits chimiques agressifs (maçonnerie enterrée à plus de 80 cm de profondeur, par exemple). |
| MX2.2 | Exposition à une humidité sévère, mais pas à des cycles de gel/dégel ni à des sources externes de sulfates ou de produits chimiques agressifs. | |
| MX3 | Exposition à l'humidité et à des cycles de gel/dégel | |
| MX3.1 | Exposition à l'humidité ou au mouillage et à des cycles de gel/dégel, mais pas à des sources externes importantes de sulfates ou de produits chimiques agressifs. | Maçonnerie de la classe MX2.1 exposée à des cycles de gel/dégel. Mur de façade insuffisamment protégé mais non soumis à des pluies battantes, mur en élévation avec lame d'air, mur en élévation sans lame d'air avec protection suffisante. |

Classes d'exposition pertinentes des maçonneries selon Eurocode 6 EN 1996-2 [6] p.51

3.3 Conditions hydriques

- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[7] Cycle Terre, Guide

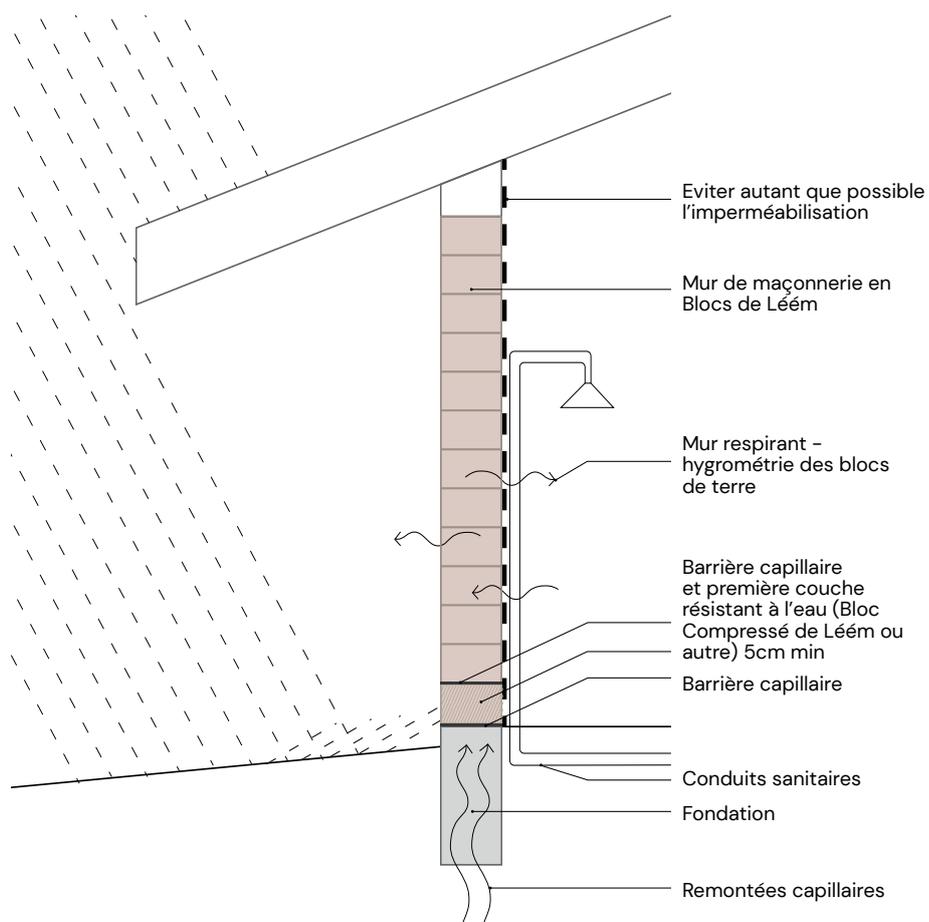
La Section 3.1 présente les principes généraux de la conception pour la maçonnerie en blocs de terre. Cette conception nécessite un contrôle spécial et important de l'humidité. La Section 3.2 indique que la maçonnerie en blocs de terre est destinée aux murs de classe d'exposition MX1 ou MX2.1 ou MX3.1, donc aux murs intérieurs hors sol dans un environnement sec ou humide. Dans ce chapitre, ces principes de contrôle de l'humidité sont abordés plus en détail.

3.3.1 Protection contre l'eau en partie courante du mur

Il faut « minimiser les apports d'eau et maximiser les évaporations », comme « l'arrosage » peut mener à une érosion de surface et l'accumulation d'eau à l'intérieur du mur peut détériorer ses propriétés mécaniques. Certains points méritent une attention particulière :

- La jonction entre une surface horizontale (ou inclinée) et un mur en blocs de terre (jonctions mur/plancher, mur/surface de travail, balcon, plans de toiture) est susceptible de générer un écoulement et/ou une stagnation de l'eau [1] (p.34). L'eau présente sur cette surface (eau de pluie, eau de lavage) peut entrer en contact avec le mur (ruissèlement), ce qui risque d'éroder la surface du mur et de le fragiliser. En prévention de ce risque, il est recommandé de protéger les murs en contact avec une surface horizontale ou inclinée susceptible de recevoir de l'eau. La hauteur des protections (plinthes) doit être adaptée au contexte spécifique, mais ne doit pas être inférieure à 5 cm. [1] (p.34)
- Aux niveaux d'inondation prévus : la maçonnerie en blocs de terre ne peut être utilisée qu'au-dessus des niveaux d'inondation.
- A la protection des murs contre les intempéries (non valable pour les murs intérieurs)
- A ne pas bloquer l'évaporation en surface (ex. éviter l'application d'enduits imperméables, pare-pluies imperméables ...) [1] (p.18). Il faut préserver le « potentiel de séchage » du mur pour éviter « les risques de condensation interne ». Pour plus de détails sur l'imperméabilisation de la surface des murs de la salle de bains, voir la section 3.3.3.
- Au drainage et autres tuyaux sanitaires : les conduits ne peuvent être intégrés que dans des murs de maçonnerie en blocs de Léém non porteurs. Il faut prendre les précautions nécessaires pour rendre les éventuelles fuites apparentes, faciles

- à réparer et limiter les dégâts du mur en Blocs de Léém [9] (p.87)
- Toujours éviter les « projection d'eau régulières et abondantes »
 - Prévoir aussi une barrière d'étanchéité à l'eau en tête de mur [7] (p.77)



Protection de l'eau pour un mur de maçonnerie en Blocs de Léém

3.3.2 Protection contre l'humidité en pied de mur

[3] ATEx A 2991 Parement intérieur

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

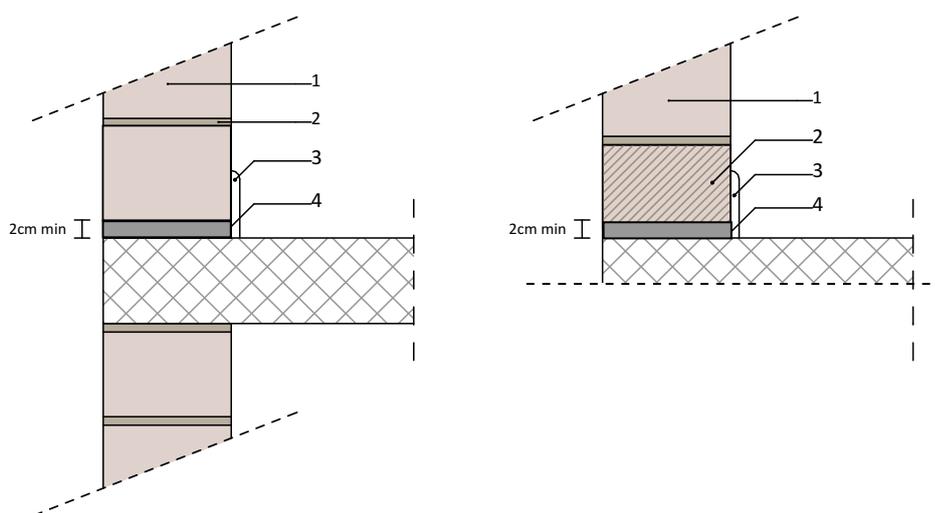
Il s'agit principalement de la gestion des remontées capillaires au raccord avec un plancher intermédiaire ou avec le sol, pour lesquels nous retrouvons les mêmes principes. Nous verrons donc les différents éléments nécessaires à ces deux situations afin d'obtenir des « bonnes bottes ».

Un soubassement du mur en maçonnerie en Blocs Moulés de Léém en contact avec le sol doit être réalisée avec un matériau résistant à l'eau. Une membrane anticapillaire devra être mis en place sur le dessus de ce soubassement, elle doit être au minimum 5 cm au-dessus du niveau de finition du sol adjacent et au minimum 20 cm au-dessus du niveau fini du sol extérieur. Cette première couche de matériau résistant à l'eau peut être un lit de mortier de ciment et un rang de maçonnerie de la gamme Bloc Compressé de Léém. Dans les deux cas, une membrane anticapillaire ou un mortier imperméable doit être placé sur cette semelle. (voir Section 5)

Un soubassement de mur en Blocs Compressés de Léém en contact avec le sol ou à un niveau supérieur peut être exécutée en Blocs Compressés de Léém sur un lit de mortier de ciment. [4] (p.27)

Toute la maçonnerie en Blocs de Léém doit être située au-dessus des niveaux d'inondation.

Toutes les semelles de mur maçonnés en Blocs Moulés et Compressés doivent être protégées de l'humidité, notamment lorsque des chapes sont coulées ou projetées, pendant la construction en installant une couche d'imperméabilisation d'au moins 2 cm au-dessus du niveau fini de la chape (cf schéma ci-dessus). [4] (p.28) et [3] (p.16)



Soubassement du mur en étage

1. Mur de maçonnerie en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier de Léém
3. Plinthe
4. Protection capillaire - mortier hydrofuge

Soubassement en contact avec le sol

1. Mur de maçonnerie en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém ou autre)
3. Plinthe
4. Protection capillaire par mortier hydrofuge



Mise en place de la membrane d'étanchéité

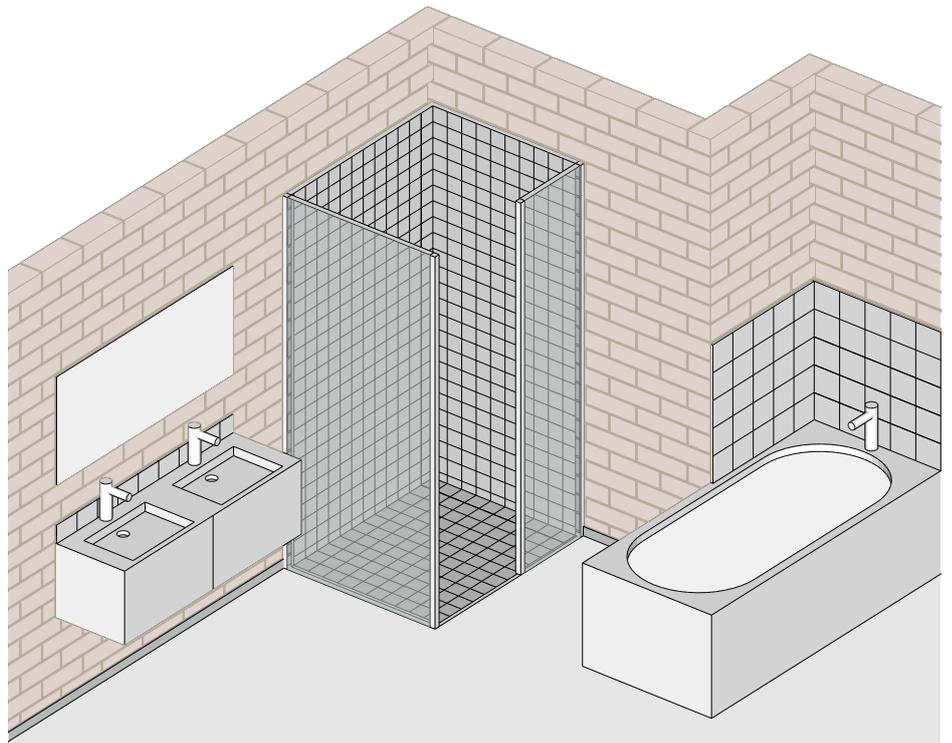


Membrane d'étanchéité entre maçonnerie béton et Blocs Compressés de Léém

3.3.3 Protection des pièces humides

Les murs en Blocs Moulés et Compressés de Léém ne peuvent pas être exposés à des projections d'eau régulières de type ruissellement. Toutefois, ils peuvent être localement recouverts par des couches imperméables à la vapeur d'eau ou à l'eau pour les espaces exposés aux projections directes. Cette situation constitue une zone de « confinement » des blocs de terre. (voir Section 5.1) Deux stratégies de contrôle sont possibles : la zone de « confinement » en question fait l'objet d'une étude hygrothermique dynamique 2D comme pour les ponts thermiques où les 4 dispositions suivantes sont respectées simultanément :

- Comme représenté ci-dessous, les Blocs de Léém sont protégés de l'exposition directe de l'eau, notamment au niveau des points d'eau (paroi de douche, baignoire, crédence...) par la mise en œuvre d'un doublage traditionnel par exemple Kerdi (voir p. ex. NIT 277).



Protection des Blocs de Léém de l'exposition directe à l'eau

- Pour bénéficier des qualités de régulation hygrométrique de la terre, 20% minimum de la surface des Blocs de Léém doit demeurer non imperméabilisée.
- Si un mur en maçonnerie de Léém est situé à la jonction entre deux salles d'eau, il est également nécessaire de laisser au moins 20% de la surface du mur en Blocs Compressés non imperméabilisé, de chaque côté.
- Dans tous les cas, un mur en maçonnerie de Léém ne doit pas être imperméabilisé du côté où la vapeur d'eau sort (le côté du mur qui est exposé à l'environnement le moins humide), afin de permettre la migration de la vapeur d'eau. [2] (p.29/90)

Pour imperméabiliser les murs en Blocs de Léém pour la douche et la salle de bain, une colle à carrelage à la chaux avec un treillis peut être utilisé pour aplanir la surface afin de recevoir un système d'imperméabilisation liquide ou une membrane traditionnelle (tel que Kerdi, Webersys, ...) sur laquelle des carreaux de salle de bain standard peuvent être posés. Il est conseillé d'utiliser la gamme Bloc Compressé de Léém pour les murs de la salle de bain, car leur stabilisation augmente leur résistance à l'eau par rapport à la gamme Bloc Moulé Léém non stabilisée qui est plus sensible à l'eau.

3.3.4 Conception hygrothermique pour murs extérieurs

La maçonnerie en blocs de Léém utilisée dans les murs extérieurs (isolés) doit tenir compte de la possibilité de condensation.

Des expériences pratiques avec des bâtiments résidentiels dans des conditions normales d'utilisation ont montré que les matériaux de construction en terre crue (état sec) possèdent un niveau de capillarité suffisant qui permet de répartir correctement le condensat se formant sur les surfaces de ces éléments de construction. La pénétration de l'humidité peut donc être évitée dans la mesure où les exigences minimales d'isolation thermique sont suivies. Les conditions nécessaires à la formation de moisissures sont ainsi éliminées. [...] Dans des conditions défavorables (principalement en hiver), la pression de saturation de la vapeur d'eau peut également être atteinte à l'intérieur de l'élément de construction en terre, provoquant ainsi le passage de la vapeur à la phase liquide. Ici, les expériences pratiques de la construction en terre ont également montré que le condensat calculé (par exemple, déterminé en utilisant la méthode de Glaser dans un logiciel comme WUFI) peut être distribué par capillarité sans endommager l'élément de construction en terre. » [10] (p. 407)

Pour éviter la condensation à l'intérieur du mur multicouches, il faut s'assurer que ces couches aient :

- Une résistance thermique R croissante de l'intérieur vers l'extérieur
- Une résistance à la diffusion de la vapeur d'eau décroissante de l'intérieur vers l'extérieur [10] (p. 407)

Plus précisément, Buildwise a validé les détails du cas C en Section 3.14 et Section 5.2.1 pour la maçonnerie en blocs de terre dans les applications pour les murs creux intérieurs et dans les applications de murs extérieurs isolés. Ceux-ci suivent également la règle générale de l'augmentation de la résistance thermique et de la diminution de la diffusion de la vapeur d'eau.

Une isolation perméable à la vapeur d'eau est recommandée afin de tirer parti des avantages hygrothermiques des bâtiments en terre crue. Il s'agit par exemple de nattes, de couvertures ou de remplissages en roseaux, paille, chanvre, lin, chanvre de tilleul, laine de bois, herbe, laine de roche, ...

La condensation de la vapeur d'eau sur ou à l'intérieur des surfaces intérieures des éléments de construction se produit lorsque la température de l'air intérieur ou du matériau de construction tombe en dessous du point de rosée. Le point de rosée est la température de l'air lorsque l'on atteint une saturation à 100% en vapeur

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[10] Sustainable Building with Earth

d'eau. Dans les méthodes de construction conventionnelles, les points de rosée peuvent être atteints lors de l'utilisation d'écrans pare-vapeur car ceux-ci sont difficiles à mettre en œuvre de façon tout à fait étanche. Ils engendrent donc un risque de condensation élevé aux endroits avec des défauts d'étanchéité.



Prototype suivant la conception hygrothermique pour un mur extérieur

3.4 Conditions sur les déformations

3.4.1 Tassements verticaux, retraits horizontaux et tassements différentiels

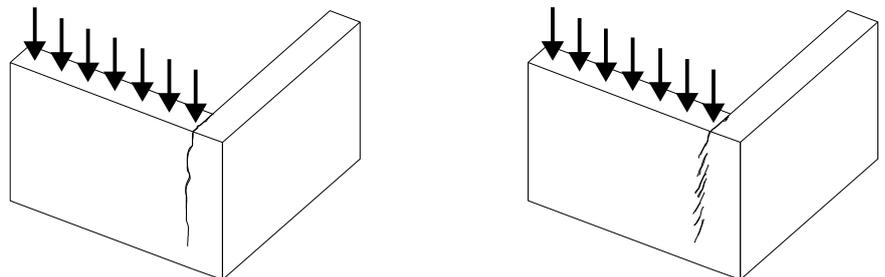
- [2] ATEx A 2957 Murs porteurs
- [3] ATEx A 2991 Parement intérieur
- [7] Cycle Terre, Guide
- [9] Earth Masonry : Design and Construction Guidelines
- [10] Sustainable Building with Earth

Le tassement vertical de la maçonnerie de Léém lors du séchage est de l'ordre de 3mm/m (valeurs après 2-3 semaines de séchage) lors de l'utilisation de joints de mortier de 10 mm. Si l'on utilise des joints de mortier-colle de 2 à 3 mm, le tassement vertical sera au moins 3 fois moins important. Il faut prévoir des joints de tassement dans le cas de charges non-uniformes sur la maçonnerie. Dans les deux cas, le tassement vertical au séchage est réduit si le mortier sèche pendant la construction du mur. [9] (p.72), [7] (p.126)

Le retrait horizontal de la maçonnerie de Léém est de l'ordre de 0,6mm/m lors de l'utilisation de joints de mortier de 10 mm. A nouveau, si l'on utilise des joints de mortier-colle de 2 à 3 mm, le tassement vertical sera au moins 3 fois moins important. [3] (p.16)

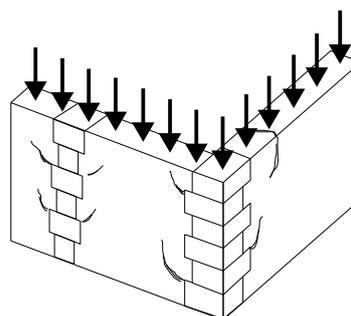
Les tassements différentiels qui sont la conséquence de charges différentielles sur le mur, dans le mur ou sous le mur doivent être évités. [10] (p.313)

Ci-dessous un exemple de tassement différentiel dû aux chargements différentiels ou des moments différents de charge au sommet du mur [2] (p.33)



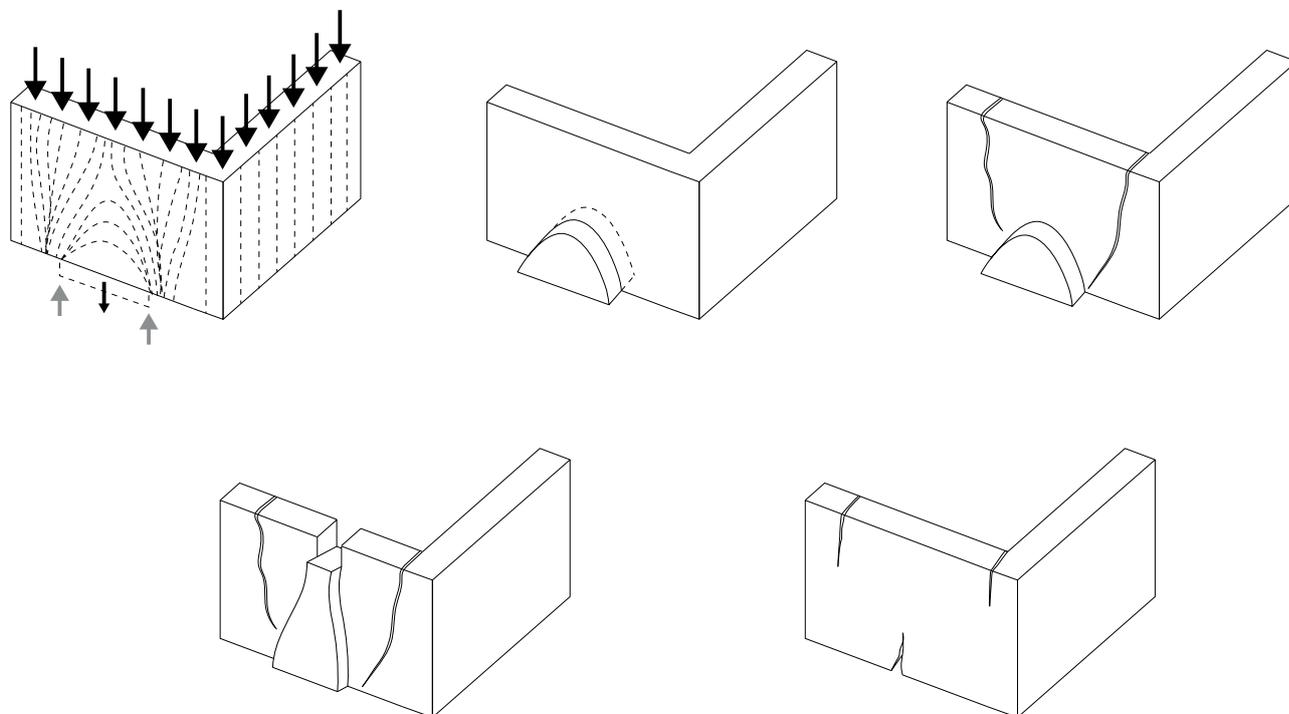
Tassement différentiel dû à des chargements différentiels [2] p.33

Ci-dessous un exemple tassement différentiel dû à la différence de résistance dans le mur : blocs de terre et éléments de maçonnerie en argile, pierre naturelle ou autre. Ce phénomène peut être évité en utilisant continuellement un matériau par couche horizontale. Il faut donc proscrire les chaînages verticaux, qui sont beaucoup plus rigides que les murs en terre crue. [2] (p.32)



Tassement différentiel dû à des différences de résistance [2] p.32

Ci-dessous un exemple de chargement différentiel dû à des fondations non-homogènes. [2] (p.34)



Tassement différentiel dû à des fondations non-homogènes [2] p.34

3.4.2 Joints structuraux

a. Joints de retrait-dilatation

Les joints de retrait-dilatations sont utilisés pour tout type de murs en maçonnerie en terre crue lorsque la longueur du mur est atteinte. [4] (p.27) La distance entre les joints de dilatation de la maçonnerie en blocs de terre dépend :

- Du retrait horizontal lors du séchage de la maçonnerie (voir Section 3.4.1)
- De la dilatation linéaire thermique (voir Section 2.3.1)
- De la dilatation hydrique (voir Section 2.3.1)

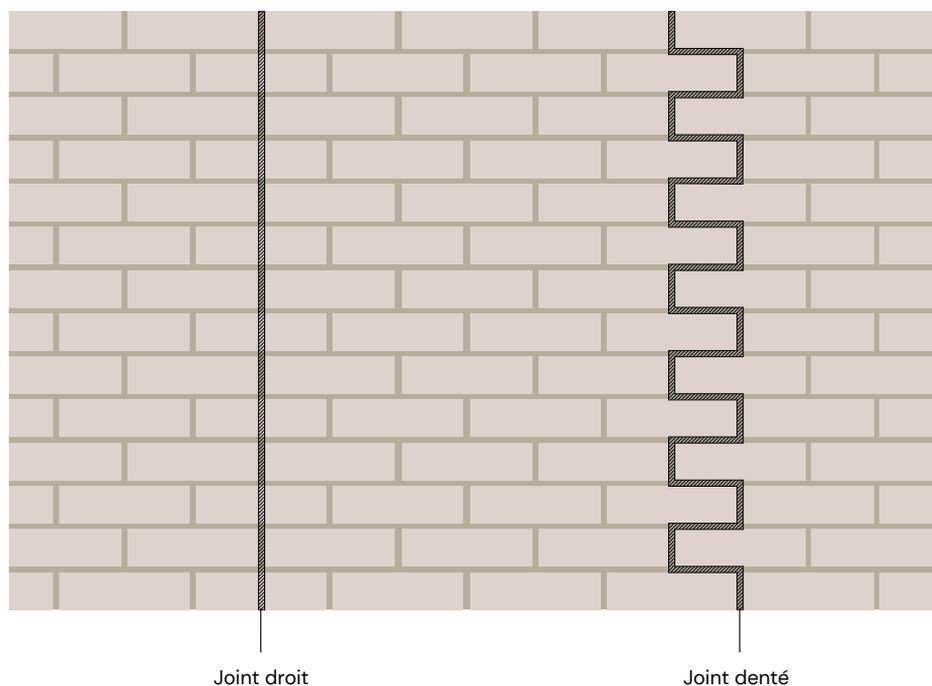
En raison des valeurs de ces paramètres mentionnées à la Section 2.3, la distance maximale entre les joints de dilatation peut être la même que pour la maçonnerie d'argile cuite non porteuse, à savoir 12 m. [6] (p.106) (Toutefois, les considérations d'élançement conformément à la Section 3.5 définiront également la longueur possible d'un mur...).

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 creux ou rempli à l'aide d'une laine minérale non hydrophile de masse volumique inférieure à 30 kg/m³ ou d'un Elastic kit élastomère. [7] (p.137)

Ce joint peut être rectiligne ou denté pour suivre le décalage des blocs d'un rang à l'autre. Le joint de retrait peut être calfeutré par un Elastic kit adapté. Il peut être utilisé comme de Elastic kit de calfeutrage et complément d'étanchéité adaptés

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[3] ATEx A 2991 Parement intérieur
[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[6] NIT 271 - Exécution des maçonneries
[7] Cycle Terre, Guide

aux supports de type mortier de maçonnerie conventionnelle. [3] (p.24-25) (voir Section 5.1)



Joint de maçonnerie droit ou dentée [3] p.24

Des ancrages spéciaux peuvent être placés dans les lits de mortier de part et d'autre des joints de dilatation, ce qui permet un mouvement horizontal latéral mais empêche un mouvement horizontal transversal. Voir (voir Section 3.10.4)

b. Joints de tassement

Les joints de tassement sont des espaces laissés intentionnellement vides entre deux parties adjacentes d'une structure ou d'un élément de construction pour permettre les mouvements causés par le tassement. Nous trouvons les emplacements suivants pour les joints de tassement :

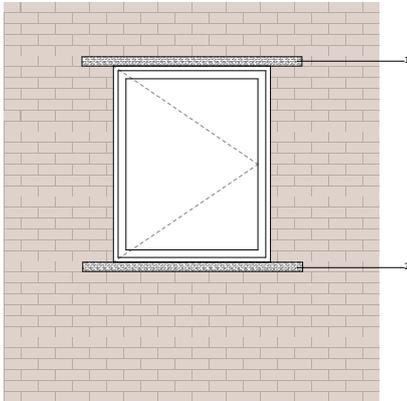
Sous la fenêtre autour de l'allège de la fenêtre il y a 2 possibilités :

- Soit l'appui de baie se prolonge de part et d'autre de la baie d'au moins 20 cm. Dans ce cas, la jonction peut être réalisée par harpage.
- Soit l'appui de baie ne se prolonge pas. Afin d'éviter le cisaillement de l'allège, la solution de joints de tassement entre l'allège et le mur devra alors être choisie. Le joint de tassement sera traité de la même manière que le joint de dilatation

Pour le linteau:

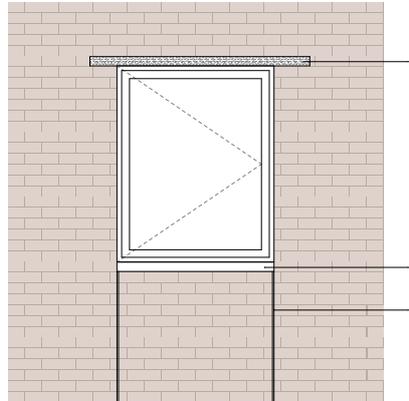
- Soit le linteau se prolonge de part et d'autre de la baie d'au moins 20 cm. Dans ce cas, la jonction peut être réalisée par harpage.
- Soit le linteau est réalisé par console de support en métal. Dans ce cas, des mesures doivent être prises afin d'éviter l'apparition de fissures au niveau des angles supérieurs du cadre. Par exemple : joints de fractionnement, insertion de renforcement métallique type Murfor de Plaka ou équivalent dans la maçonnerie située au-dessus de la console. [3] (p.27)

Insertion de baies avec prolongation des appuis et linteaux [3] p.27



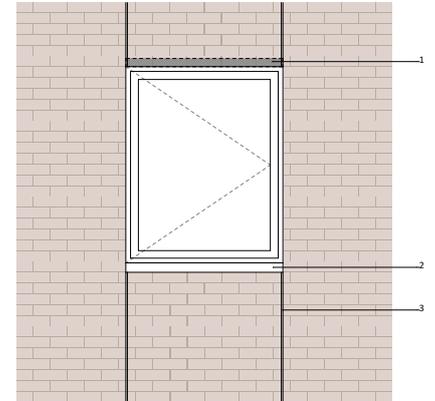
1. Linteau avec longueur d'appui de minimum 20cm de part et d'autre de l'ouverture
2. Appui avec prolongation de la longueur d'appuis de minimum 20cm de part et d'autre de l'ouverture

Insertion de baies avec prolongation du linteau et joints de fractionnement [3] p.27



1. Linteau avec longueur d'appui de minimum 20cm de part et d'autre de l'ouverture
2. Appui sans prolongation de la longueur d'appui
3. Joints de fractionnement

Insertion de baies avec joints de fractionnement toute hauteur [3] p.27



1. Linteau type console
2. Appui sans prolongation de la longueur d'appui
3. Joints de fractionnement

3.4.3 Conditions sur les déformations de la structure

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

Lorsque les murs en maçonnerie Léém sont utilisés comme murs de remplissage dans une structure porteuse en béton ou en bois, les déformations horizontales et verticales de cette structure doivent être prises en compte. Des dérogations à ces lignes directrices sont possibles sur la base de dispositions spéciales définies par le bureau d'étude structurel du projet. Les indications visant à isoler le mur en maçonnerie de Léém des déformations de la structure primaire sont valables pour tous les murs non porteurs (murs de remplissage, murs de séparation, ...).

Flèche des poutres : la compatibilité des déformations verticales de l'ossature avec l'utilisation des panneaux de remplissage en Blocs Moulés ou en Blocs Compressés de Léém est assurée en limitant les flèches des poutres structurales à 1/500ème de leurs portées, dans la limite de 10 mm. Une ou plusieurs bandes résilientes sont intégrées à l'interface entre l'ossature principale et la maçonnerie, en tête et/ou en pied de mur, pour une épaisseur totale de 10 mm.

Déformation dans le plan du poteau : les limitations des déformations dans le plan des poteaux de l'ossature verticale en liaison directe avec la maçonnerie de Léém sont limitées à $H/300$ à l'Etat Limite Ultime (ELU), avec H la hauteur de l'étage, dans la limite de 5mm. Les ancrages entre le mur de remplissage de Léém et le poteau porteur doivent permettre un mouvement vertical. [4] (p.65)

Déformation hors-plan du poteau : Les limitations des déformations hors plans des poteaux de l'ossature verticale en liaison directe avec la maçonnerie en Blocs Compressés sont limités à $H/500$ à l'ELU, avec H la hauteur d'étage. [4] (p.65)

3.4.4 Conditions sur la déformation des planchers et linteaux

[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue

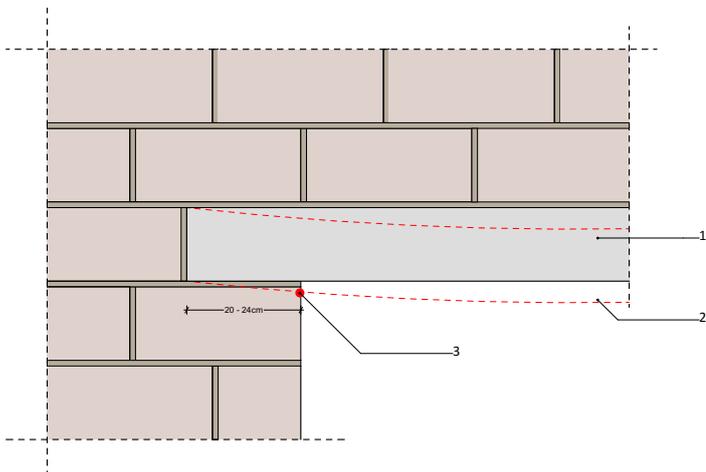
La déformation des appuis du support des linteaux, planchers et dalles peut entraîner des fissures locales de tassement différentiel dans la maçonnerie de Léém, visibles dans les joints de mortier, ou dans l'éventuel enduit. Ainsi, les solutions visent :

Soit à réduire les causes de la tendance au soulèvement, par exemple : augmenter la masse du mur supérieur (mur poids), réduire la portée du plancher...

Soit à réduire les conséquences des effets de la tendance au soulèvement, par exemple :

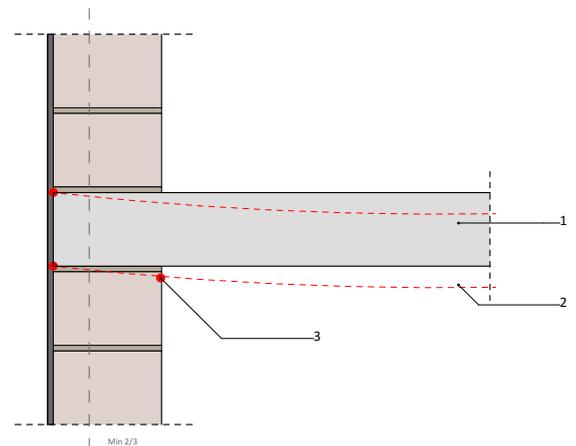
- Toujours mettre en œuvre la rive porteuse du plancher sur les murs de Léém via une couche de mortier de montage à la chaux d'une épaisseur 15 à 20 mm (voir Section 5.4)
- Si la portée des dalles superposées $l \geq 6,0$ m, limitez les moments de flexion dus à l'angle de rotation de la dalle par des mesures structurales, par exemple des bandes de centrage. Dans le cas de dalles à portée à deux axes, la plus courte des deux portées doit être utilisée pour l . [8] (p.14)
- Pour un plancher / dalle : la surface d'appui minimale de 14 cm dans le mur est d'au moins $2/3$ de l'épaisseur du mur.
- Pour la déformation des linteaux (voir Section 3.8) : déformation de moins de $1/500$ de la portée

Déformation d'un linteau



1. Linteau en bois, béton ou maçonnerie en Blocs de Léém avec des consoles métalliques
2. Déformation $L < l/500$
3. Rotation de l'appui suite aux déformations

Déformation d'une dalle



1. Dalle en bois ou en béton
2. Déformation $L < l/500$
3. Rotation de l'appui suite aux déformations et fissures possibles dans l'enduit de finition

3.5 Elancement

[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

Le rapport d'élancement est la proportion entre la hauteur et l'épaisseur (élancement vertical), la longueur et l'épaisseur (élancement horizontal) ou la diagonale et l'épaisseur (élancement diagonal) de certains panneaux de mur en maçonnerie. Pour la maçonnerie porteuse de Léém, les rapports d'élancement maximum peuvent être calculés selon la norme DIN18940. [8] (p.14+19) Pour les maçonneries non porteuses de Léém, on considère que ces murs sont tenus en tête et sur les côtés, par la conception des angles de murs, des ancrages ou des contreforts.

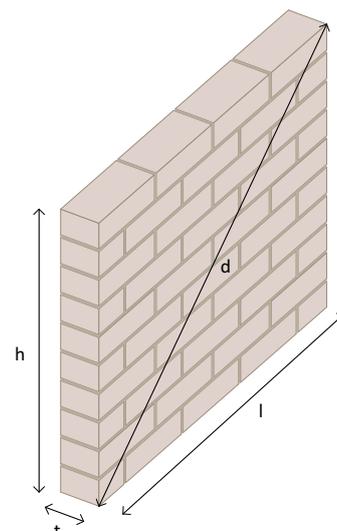
Dans ce cas, le taux d'élancement maximal autorisé suit la formule suivante :

- Pour une épaisseur $\leq 10,5$ cm :
 - L'élancement vertical : $h/t \leq 27$
 - L'élancement horizontal : $26 \times (t + 1,5) + 1,5 \geq l \leq 8m$

- L'élancement diagonal : $d/t \leq 40$.
- Pour une épaisseur ≥ 14 cm :
 - L'élancement vertical : $h/t \leq 20$
 - L'élancement horizontal : $26 \times (t + 1,5) + 1,5 \geq l \leq 8m$
 - L'élancement diagonal : $d/t \leq 40$

[4] (p.25)

BC materials vous propose ses services pour calculer les possibilités d'élancement dans votre projet.

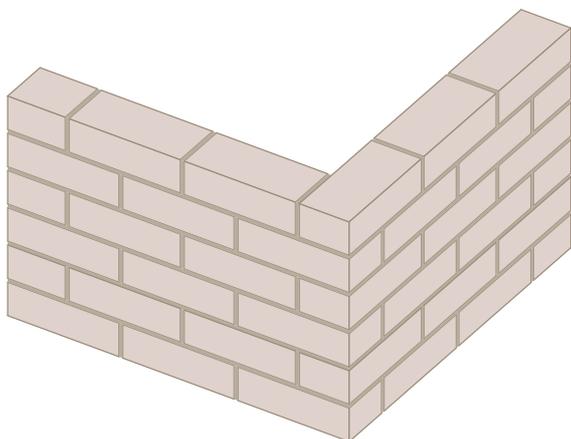


3.6 Contreventement

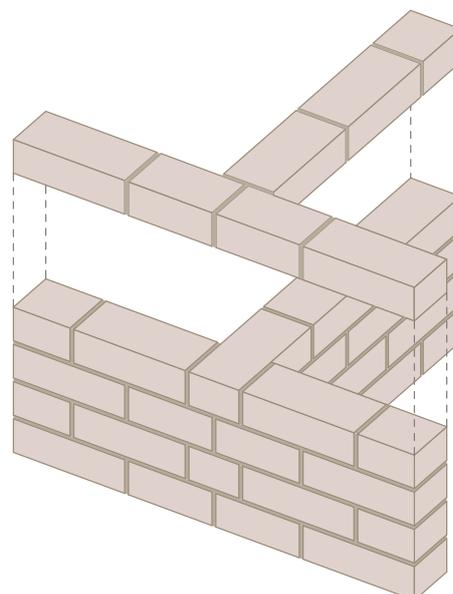
[5] ATEx A 2911 Cloisons
 [9] Earth Masonry : Design and Construction Guidelines

Comme pour la construction utilisant d'autres matériaux, les murs porteurs en terre nécessitent des éléments de construction rigides (murs transversaux et plafonds/dalles) afin de pouvoir absorber et transférer les charges horizontales (vent, séismes). Les murs transversaux de contreventement doivent être construits en même temps que les murs extérieurs porteurs. Si les murs transversaux de contreventement doivent être construits selon une technique différente ou à un moment ultérieur, une connexion structurelle appropriée entre les murs transversaux et les murs extérieurs porteurs doit être garantie. Dans la maçonnerie de Léém, une technique d'assemblage en dents de scie peut être utilisée pour connecter les murs transversaux tant que les mêmes matériaux de maçonnerie de Léém sont utilisés (schémas ci-dessous). [9] (p.310).

Dans une structure en béton ou en bois, le renforcement des murs de remplissage en blocs de Léém est assuré par un ancrage approprié dans les éléments structurels. (voir Section 3.10.4)



Principe d'appareillage des angles en L [5] p.19



Principe d'appareillage des angles en T [5] p.19



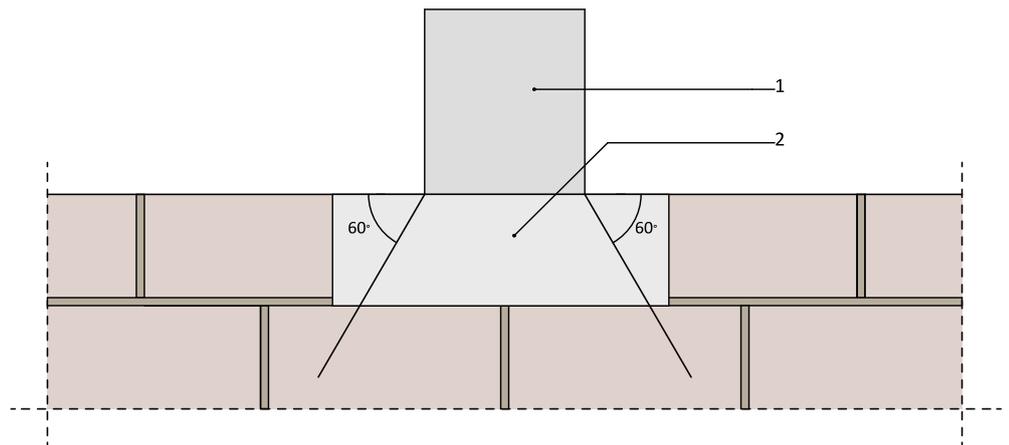
3.7 Charges d'appui

- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse
en terre crue

Pour des charges isolées appuyées sur un mur en maçonnerie de Léém, l'appui est d'une longueur minimale de 9cm [8] (p.10). La stratégie pour éviter la fissuration de la maçonnerie à l'endroit de charges ponctuelles et autour est de :

- Limiter la contrainte aux appuis à 0.6MPa. Un ingénieur structurel peut s'écarter de cette limitation par le calcul.
- Garder la résultante de la charge appliquée dans le tiers centrale du mur (pour éviter la génération de forces de traction dans le mur)
- Se servir éventuellement de pièces de répartition pour diminuer la contrainte aux appuis [1] (p.37)

Pour ce dernier point, il y a la possibilité de mettre en place un asselet qui permet de mieux répartir la charge ponctuelle d'une poutre appuyée sur le mur. La largeur de cet asselet correspond à la largeur d'appui minimale et d'une longueur additionnelle de chaque côté calculée sur la base d'un écartement de 60° jusqu'à la face inférieure de l'élément ou de la poutre de répartition.



1. Poutre
2. Asselet (poutre de répartition)

Dimension minimale des éléments de maçonnerie ou d'une poutre de répartition sous charge centrée [6] p.87

3.8 Linteaux

- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[7] Cycle Terre, Guide
[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse
en terre crue
[9] Earth Masonry : Design and
Construction Guidelines
[10] Sustainable Building with Earth

Les linteaux au-dessus des portes et des fenêtres doivent être soutenus par des surfaces d'appui d'une longueur minimale de 24 cm ([8] (p.10) [10] (p.310)) pour les maçonneries non porteuses et de 20 cm pour les maçonneries porteuses. Pour calculer la dimension des surfaces d'appui, y compris les linteaux, une bonne approximation consiste à prendre en compte l'ensemble des charges contenues dans le triangle, selon un angle de 60°, au-dessus de l'ouverture. La pression qu'elles exercent ne doit pas dépasser la résistance des blocs. [1] (p.40)

Lorsque les calculs nécessitent des surfaces d'appui plus longues, la flèche du linteau doit être limitée à 1/500 (longueur de la portée divisée par 500).

[10] (p.310), voir également la Section 3.4.2 et Section 3.4.4.

Les éléments qui reprennent bien les efforts en flexion feront de bons linteaux, comme les poutres de bois, de métal ou de béton armé. [7] (p.78) Toutefois, compte tenu de la dilatation linéaire thermique et hygrométrique, les matériaux utilisés pour les linteaux sont de préférence le bois, et le béton préfabriqué ou coulé sur site. Lors de l'utilisation de linteaux en bois, il est important que ceux-ci aient une teneur en humidité correcte. [9] (p.90)

Des consoles métalliques telles que Korbo, peuvent être utilisées pour les linteaux si elles sont utilisées avec des ancrages et armature de mortier appropriés.

Il faut faire attention aux joints de tassement structurels autour de certains modèles de linteaux, comme indiqué dans Section 3.4.4.

Voir les détails dans Section 3.4.4.

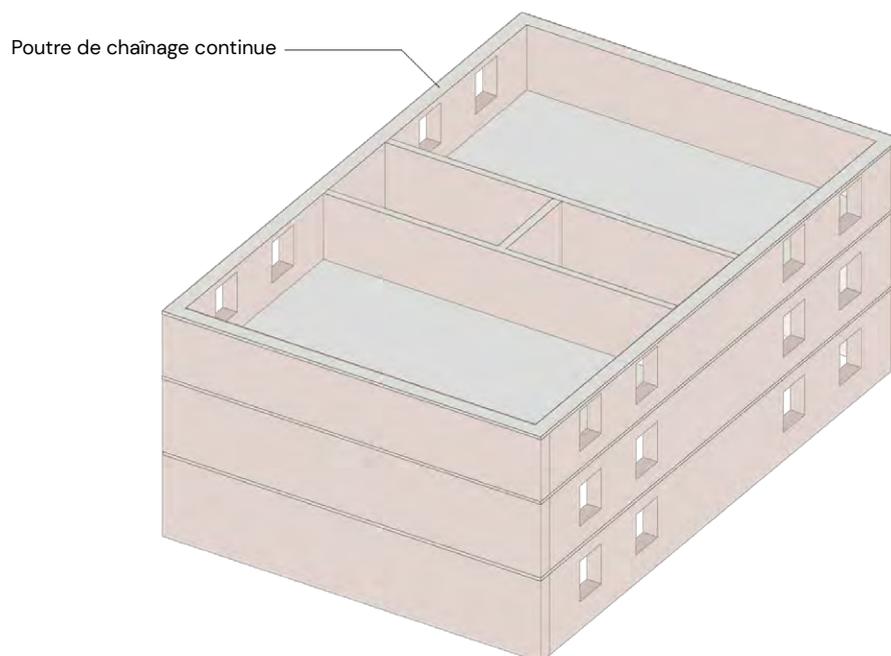
3.9 Poutre de chaînage pour la maçonnerie porteuse

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs

[8] DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue

Les murs porteurs en maçonnerie Léém sont toujours chaînés ou reliés horizontalement de manière continue et fermée [2] (p.52) à chaque étage. Ces chaînages peuvent être réalisés en bois, en éléments en U préfabriqués puis remplis de béton sur le chantier. Des chaînages en béton coulé sur site sont seulement possible sur les Blocs Compressés de Léém. Une membrane d'étanchéité doit être installée entre le béton coulé et les Blocs Compressés de Léém afin d'éviter que l'humidité n'endommage les Blocs.

Les ancrages en béton armé doivent contenir au moins deux barres d'armature d'une section totale d'au moins 140 mm². Les connexions doivent être réalisées conformément à la norme EN 1992-1-1 et, si possible, en quinconce. En plus de toutes les fonctions d'un ancrage, les poutres de chaînage doivent pouvoir supporter une flexion perpendiculaire à l'axe du mur dans la mesure du nécessaire. Pour les poutres de chaînage en béton armé, il faut prévoir au moins quatre barres d'armature et des armatures transversales correspondantes. [8] (p.10) D'autres directives de conception pour les poutres de chaînage horizontal sur la maçonnerie porteuse de Léém peuvent être consultées dans la norme DIN18940.



Poutre de chaînage continue dans une maçonnerie porteuse en Blocs de Léém

Rappel : les chaînages verticaux juxtaposés à la maçonnerie porteuse Léém ne sont pas autorisés, à cause des tassements différentiels ! [8] (p.10)

Détails techniques voir Section 5.4

3.10 Jonctions

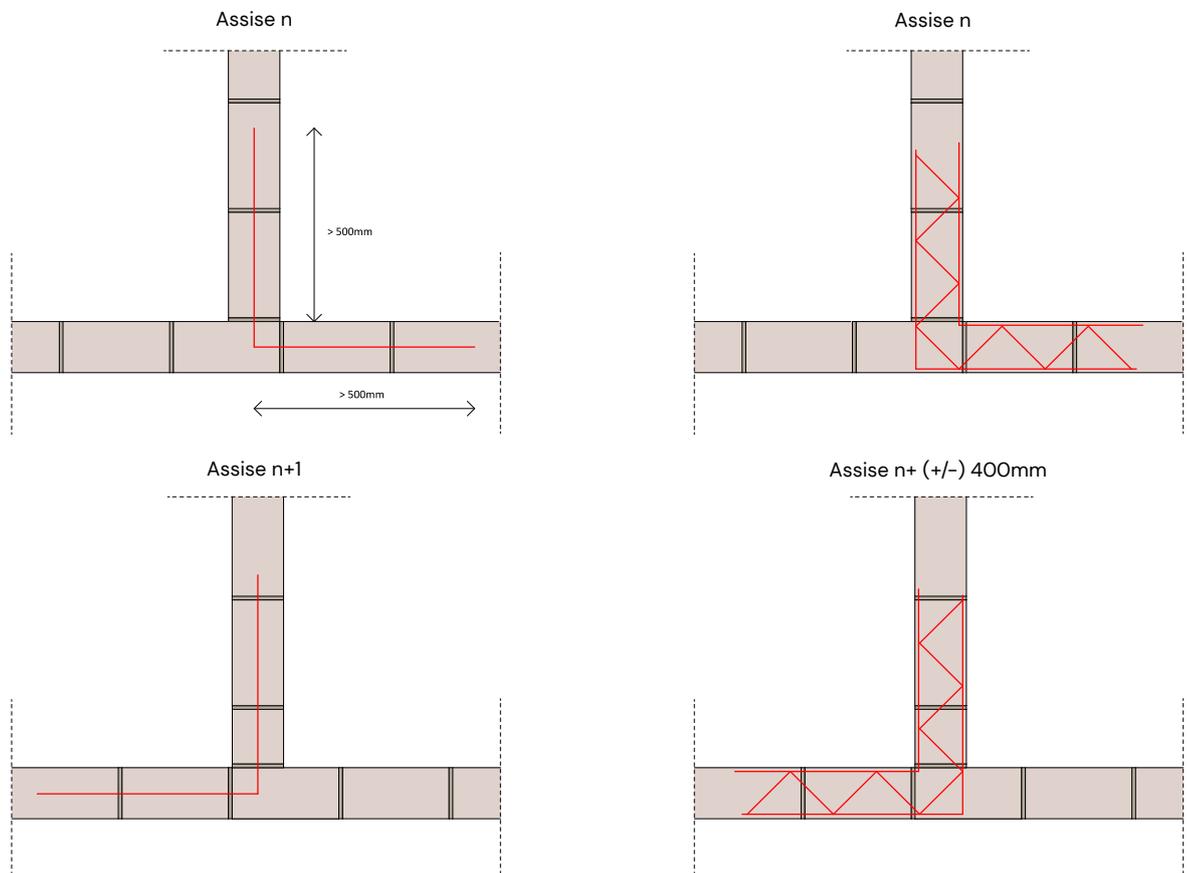
3.10.1 Jonctions entre murs porteurs

[6] NIT 271 - Exécution des maçonneries
[10] Sustainable Building with Earth
[23] Traité de construction en terre

«Les plafonds et les murs transversaux doivent être suffisamment ancrés dans les murs porteurs et dans les murs d'enceinte afin de résister aux contraintes de traction.»

- Dans les murs en terre qui ne sont renforcés que d'un côté, des tiges de liaison doivent être installés à la hauteur du plafond et à chaque tiers de la hauteur du mur. Ces tiges doivent être reliées aux murs transversaux à une profondeur minimale de 1,5 m
- Des treillis en plastique renforcé peuvent être utilisés comme matériau d'ancrage résistant à la traction. De tels treillis sont couramment utilisés dans l'ingénierie des fondations, par exemple pour stabiliser les talus (ce que l'on appelle les géogrilles). [10] (p.311)
- Des barres d'armatures horizontales dans les joints de mortier (comme celles de Murfor) peuvent être utilisés comme matériaux d'attache résistants à la traction. Celles-ci doivent être galvanisés ou en inox. [23] (p.260)
- L'harpage peut être réalisé dans des murs porteurs maçonnés de Léém [6] (p.89)

Détails techniques voir Section 5.1.3

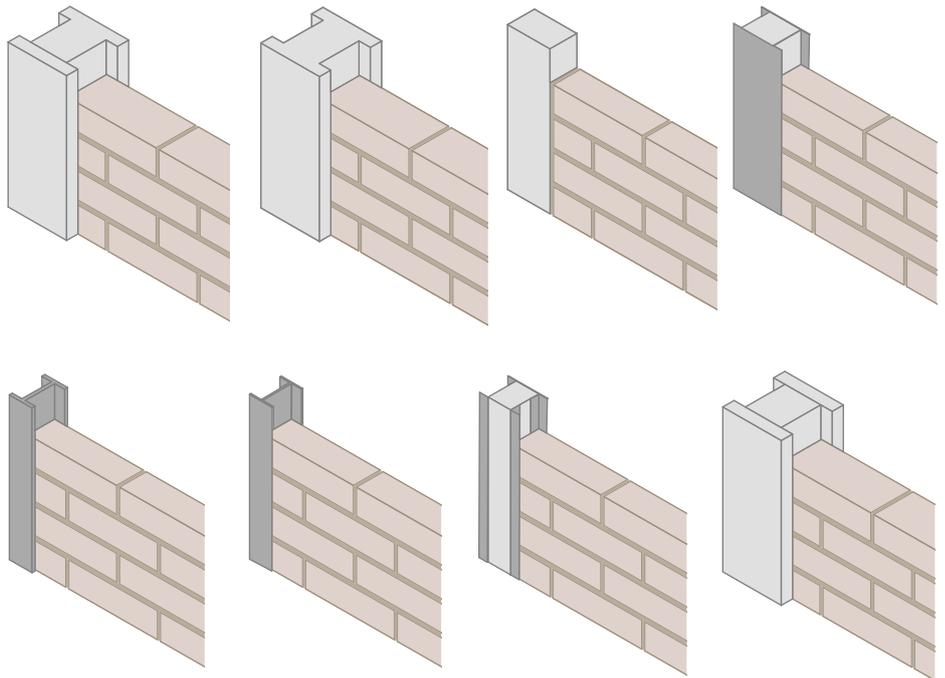


Exemples de jonctions en T au moyen d'armatures [6] p.90

3.10.2 Jonctions entre murs non-porteurs et structure porteuse : profil en U

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[7] Cycle Terre, Guide

La jonction entre des murs non-porteurs et la structure porteuse se fait avec des fixations par profil en U de raidisseurs. Ils doivent être disposés à chaque extrémité de la cloison et dans le cas où la longueur de la paroi dépasse celle autorisée. (voir Section 3.5)



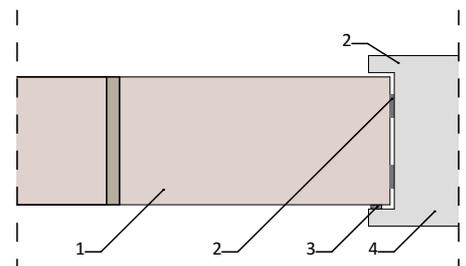
Exemples de liaisons linéaires avec profil en gorge, feuillure ou assemblage [4] p.133

Ce système linéaire avec un profil en U du poteau est recommandé lorsque des performances acoustiques élevées de la façade sont attendues [4] (p.33-35). Ce profil en U peut être obtenu notamment par le profil en gorge du poteau et/ou la fixation par feuillure et puis l'assemblage.

« 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. » [7] (p.132-134)

Détails techniques voir Section 5.1

1. Bloc Moulé ou Comprimé de Léém
2. Bande de joint mousse précomprimée si une exigence acoustique est recherchée
3. Joint Elastic kit si une exigence acoustique est recherchée
4. Raidisseur



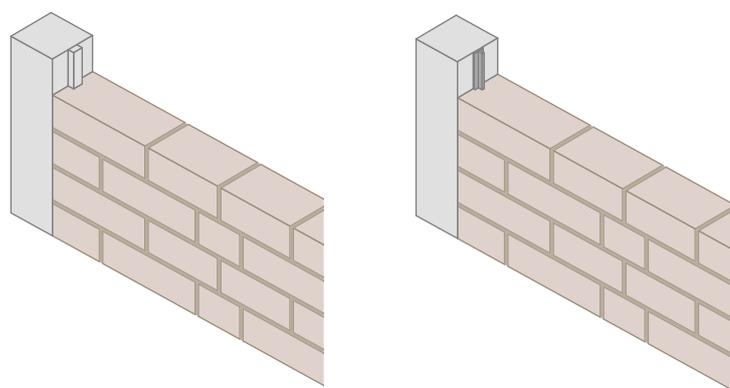
Détail de feuillure [7] p.133

3.10.3 Jonctions entre murs non-porteurs et structure porteuse : nervure centrale

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[7] Cycle Terre, Guide

Dans le cas de maçonneries d'épaisseur supérieure ou égale à 13 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 Blocs Compressés sur le chantier. [7] (p.133-134)

Détails techniques voir Section 5.1



Exemples de liaisons linéaires avec nervure centrale [4] p.135

3.10.4. Jonctions entre murs non-porteurs et structure porteuse : système d'ancrage

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
[3] ATEx A 2991 Parement intérieur
[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage
[6] NIT 271 - Exécution des maçonneries
[7] Cycle Terre, Guide

Les ancrages dans les murs maçonnés en Blocs de Léém sont utilisés afin d'empêcher tout mouvement dans une certaine direction, tout en permettant un mouvement simultané dans une autre dimension. En tant que tels, ils contribuent à l'intégrité structurelle d'un bâtiment en contrôlant les mouvements qui sont autorisés (par exemple, les dilatations linéaires hygrothermiques différentielles, ...) et ceux qui sont empêchés (par exemple, le flambement des murs, ...). Les ancrages métalliques sont nécessaires dans plusieurs situations :

- Ils sont parfois utilisés pour lier deux parties d'un mur entre elles dans le cas d'un joint de désolidarisation (voir Section 3.4.2)
- Ils sont utilisés pour assurer la fixation latérale d'une cloison ou d'un mur de remplissage à un élément raidisseur, que ce soit un poteau, un mur, une huisserie, ou encore pour ancrer un mur de parement dans un mur porteur
- Ils sont utilisés pour fixer un mur de revêtement à un mur de support.

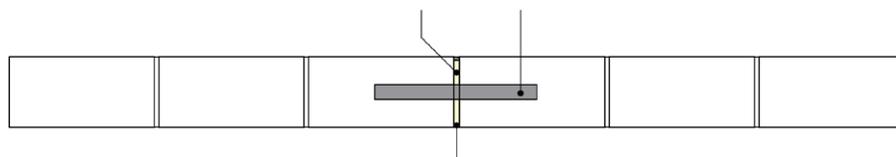
Il existe différents types d'attaches adaptés à différents usages. Les mouvements autorisés, respectivement empêchés, ainsi que les charges à reprendre et les caractéristiques des éléments de construction, influencent le choix du type d'ancrage. En règle générale, les ancrages doivent être fabriquées avec des matériaux non corrosifs et doivent toujours être fixées dans les joints de mortier, jamais directement dans les Blocs de Léém. [2] (p.33)

a. Ancrage à coulisse entre des murs

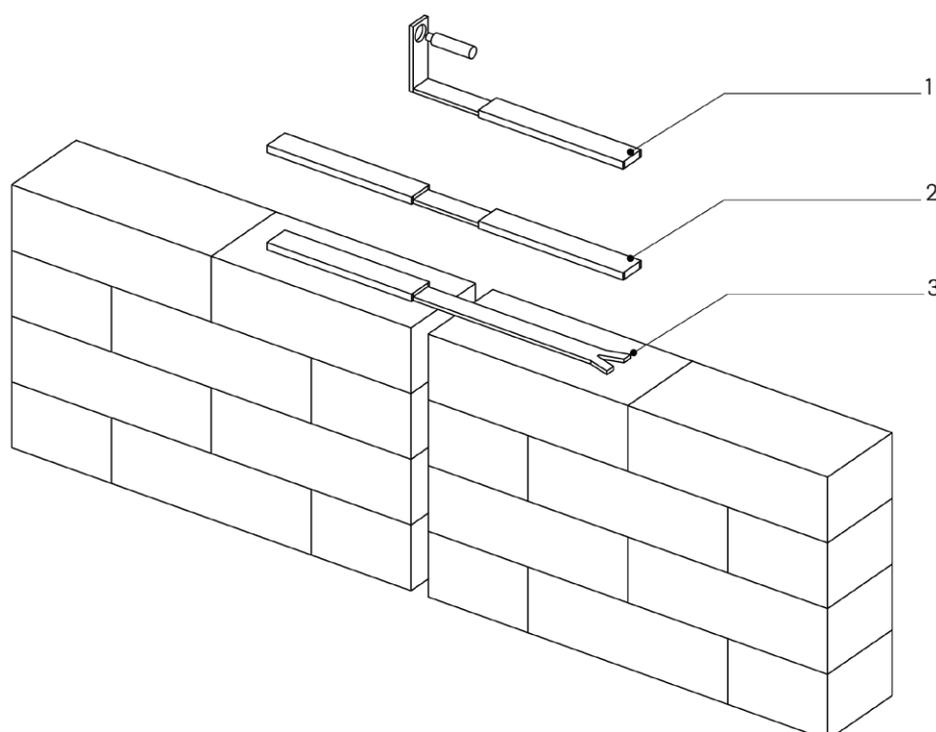
Pour une explication des joints de dilatation, voir la section 3.4.2. Les ancrages à coulisse sont utilisés pour empêcher les mouvements latéraux et permettre les mouvements longitudinaux dans les joints de dilatation entre deux murs non porteurs en maçonnerie de Léém. Les versions en T des ancrages à coulisse peuvent être utilisées sur les jonctions en T entre des murs non porteurs en maçonnerie Léém.

Dans les murs porteurs en maçonnerie Léém, les ancrages glissants peuvent également être utilisés, mais ils doivent empêcher les mouvements latéraux et longitudinaux.

(Détails techniques voir section 5.1)



Exécution d'un joint de mouvement ne permettant pas de mouvement transversal [6] p.105



1. Type asymétrique à fixation et glissière
2. Type symétrique à glissière
3. Type asymétrique à extrémité fendue et glissière

Exemples d'attaches de maintien [6] p.26



Exemple d'ancrage de dilatation dans une maçonnerie en béton cellulaire [6] p.105

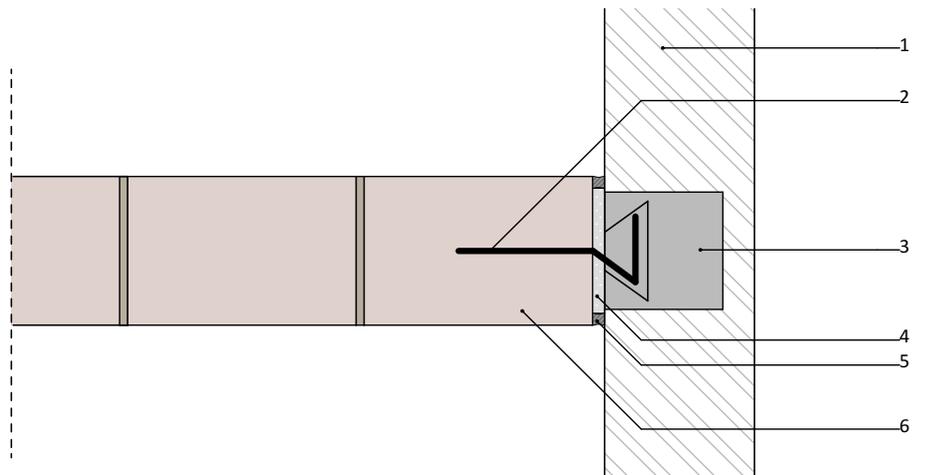
b. Ancrage de cisaillement mobile entre mur et structure

Dans le cas d'une fixation latérale d'un mur Léém à un raidisseur :

- Les attaches sont identiques à celles utilisées en maçonnerie classique (voir aussi NIT 271) 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. Ils ont une capacité supérieure à l'effort de cisaillement retenu pour le dimensionnement. [4] (p.13)
- Elles sont scellées au fur et à mesure du montage dans les joints horizontaux de la maçonnerie Léém.
- 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.
- Elles doivent également pouvoir absorber un mouvement différentiel entre raidisseur et maçonnerie de Léém, pour cela elles doivent présenter des dispositions permettant un jeu vertical millimétrique/infra centimétrique : trou oblong, coulisse, etc. [7] (p.136)
- Différents types d'attaches [4] (p.13):
 - Attaches en acier non corrodable de type SPB 125 ou SPV 125 ou SP21 ou SP28 de Ancon ou équivalent disposées dans l'épaisseur des joints horizontaux du remplissage
 - Attaches avec manchon de décollement type PPV ou PPB ou PP21 de Ancon



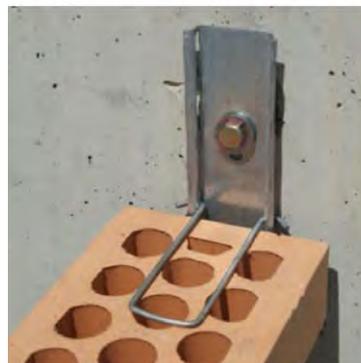
Attache SPB et SP28 de Ancon [4] p.13



1. Maçonnerie en briques
2. Attache de liaison ponctuelle répartie sur la hauteur
3. Raidisseur
4. Isolant en laine de roche
5. Joint Elastic kit
6. Maçonnerie en Blocs Compressés ou Moulés de Léém

Liaison entre un mur en Blocs de Léém et un mur en briques de terre cuite [2] p.34

Ankrobrick (Plaka) :

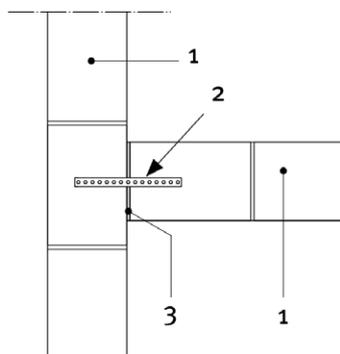


Exemples d'ancrages à coulisse [2] p.34

Attache PP21 avec Rail Omega (Ancon) :

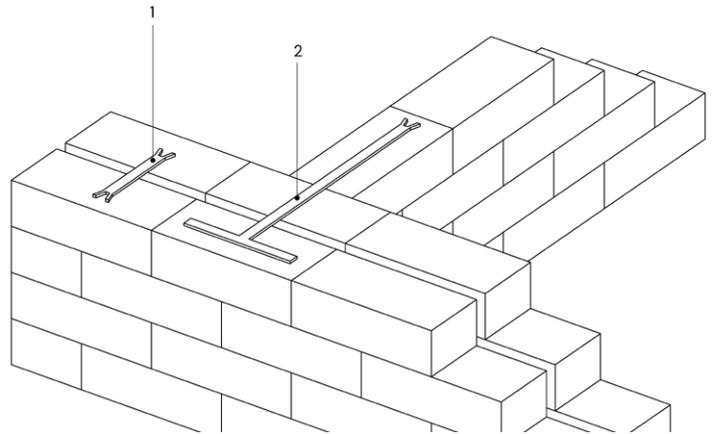


c. Ancrage de cisaillement fixe



1. Maçonnerie porteuse
2. Attache de cisaillement
3. Joint résistance au feu en cas d'exigence incendie (par exemple, mortier, laine minérale, matériau incombustible de classe A2-S3-do ou mieux, point de fusion $\geq 1000^{\circ}\text{C}$)

Exemples de jonctions au moyen de pattes de liaison (attaches de cisaillement) [6] p.26



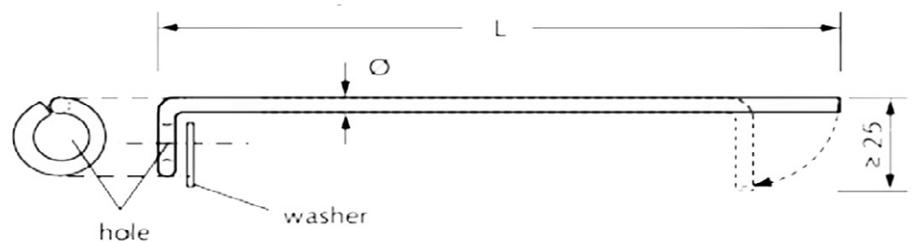
1. Type symétrique à extrémités fendues
2. Type asymétrique en T

Exemples d'attaches de cisaillement [6] p.26

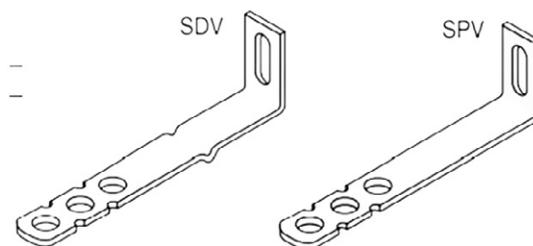
d. Attache de mur de parement intérieur dans un mur porteur

Les attaches sont choisies en fonctions des déformations différentielles prévisibles et de la largeur de la cavité (voir tableau ci-dessous). Les ancrs suivantes sont conformes à la norme EN845-1 et ont été testées sur la résistance à l'arrachement conformément à la norme EN 846-5. Toutefois, des ancrs équivalentes peuvent être choisies si elles sont déclarées et testées de manière équivalente.

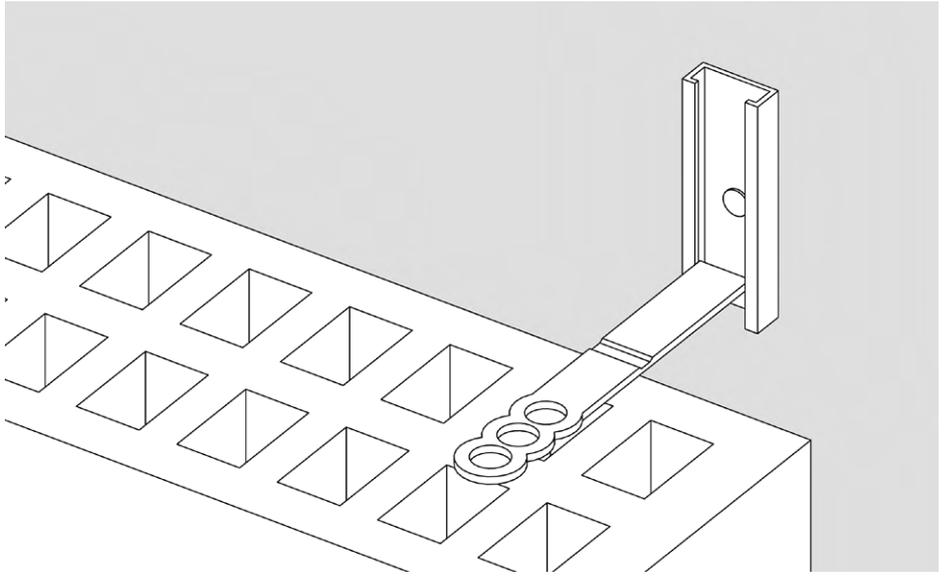
- LSA-L de Halfen
- SPV (ou SDV), SP21/28 (ou SD21/28) ou TFMT de Ancon [3] (p.9)



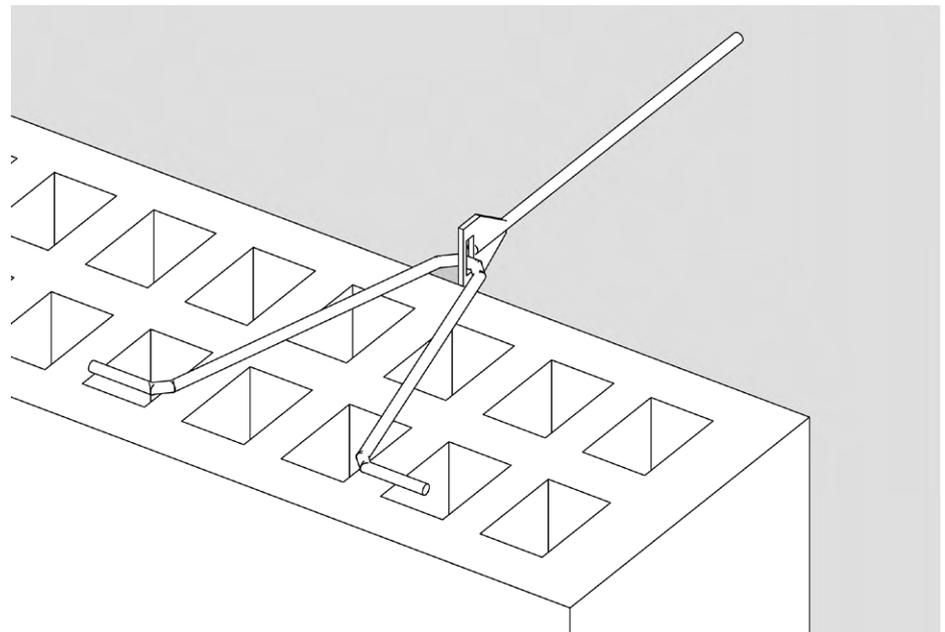
Attache de liaison pour maçonnerie LSA-L-HALFEN [3] p.10



Attache de liaison pour maçonnerie SDV et SPV de Ancon [3] p.10



Attache de liaison pour maçonnerie TFMT de Ancon [3] p.10



Attache de liaison pour maçonnerie AMR de Ancon [3] p.10

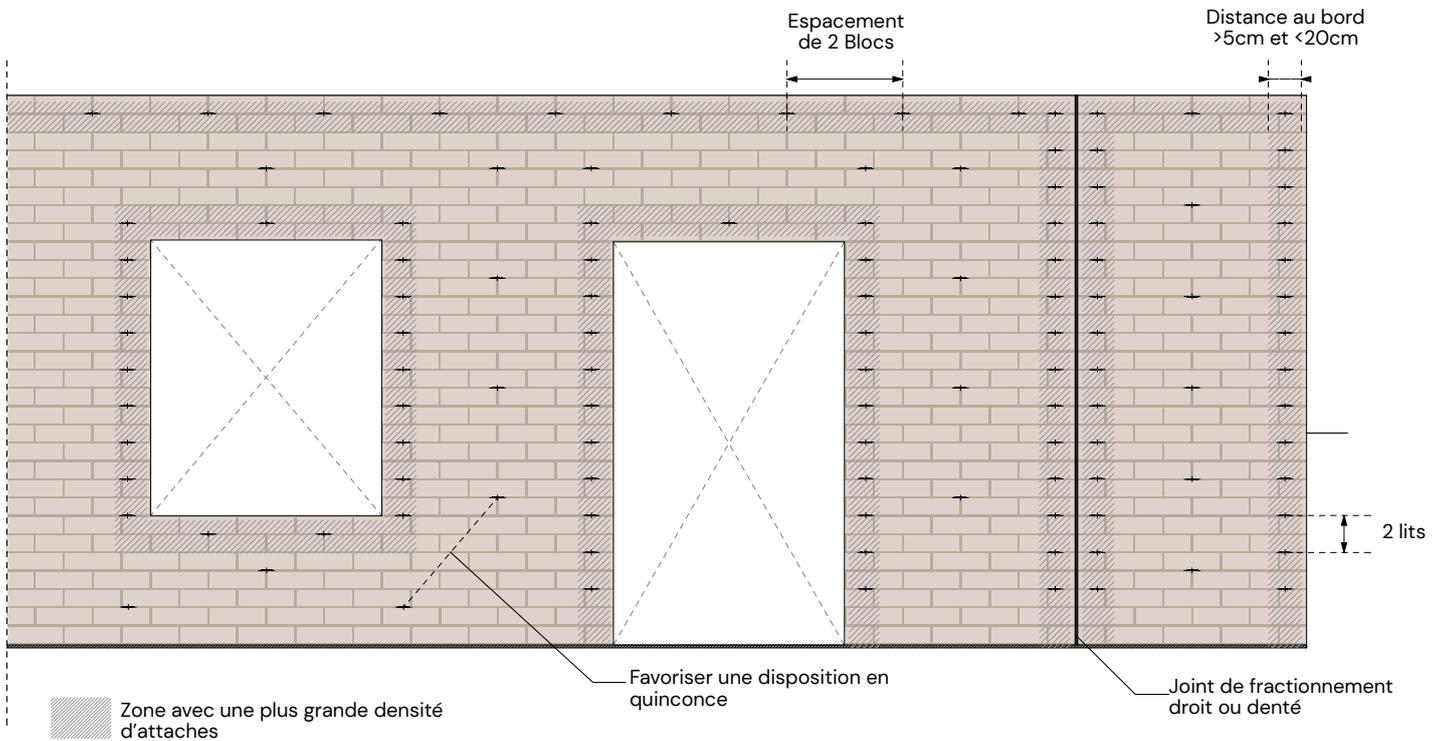
Les aspects suivants doivent être pris en compte :

– Le nombre d’attaches nécessaire dépend de l’hygrométrie (2-4 attaches/m², plus de détails dans [3] (p. 18))

| Classe de climat et type de bâtiment | Halfen LSA-L | SDV of SD28 van Ancon |
|--------------------------------------|--------------|-----------------------|
| Classe I | 3 | 2 |
| Classe II | 4 | 3 |

Nombres d’attaches / m² en fonction du modèle et de l’humidité du local [3] p.18

– Le nombre d’attaches est plus important au niveau des points singuliers (tête de mur, bords libres) : une attache tous les deux lits de BTC (verticalement) et d’une attache un bloc de Léém sur deux (horizontalement). Ces attaches doivent être à une distance du bord de la maçonnerie comprise entre 5 et 20cm. Ces attaches doivent être réparties uniformément sur la surface, en tenant compte des dimensions des panneaux isolants le cas échéant. [3] (p. 21)



Nombres d’attaches proche des endroits sensibles [3] p.21

– Distance entre extrémité de l’attache et la face visible du mur de parement:

| Modèles d’attaches | Blocs Moulés de Léém | | | Blocs Compressés de Léém | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|
| | 74mm | 104mm | 117mm | 90mm | 140mm | 190mm |
| LSA-L de Halfen | 30mm | 45mm | 50mm | 37mm | 65mm | 105mm |
| SD / P de Ancon | 20mm | 40mm | 50mm | 30mm | 60mm | 120mm |

Distance entre extrémité de l’attache et la face visible du mur de parement [3] p.35

- Le modèle d'attache doit aussi être déterminé en fonction des déformations prévisibles du mur support à l'ELS (Tableau 6 [3] (p. 18))

Détails techniques voir Section 5.2.2

3.10.5 Raccord avec menuiseries

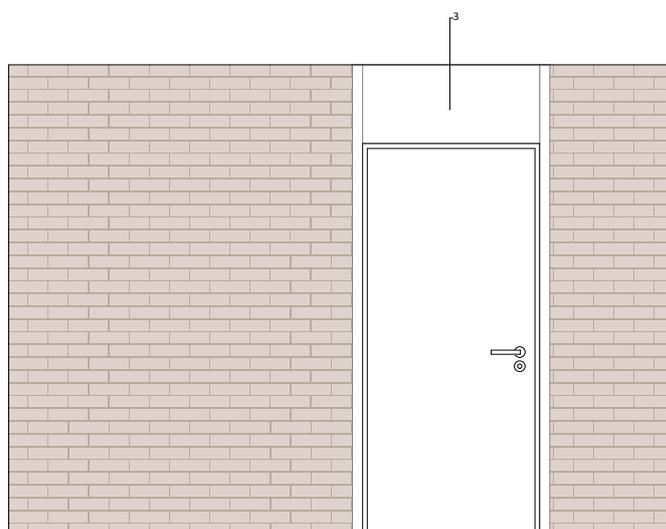
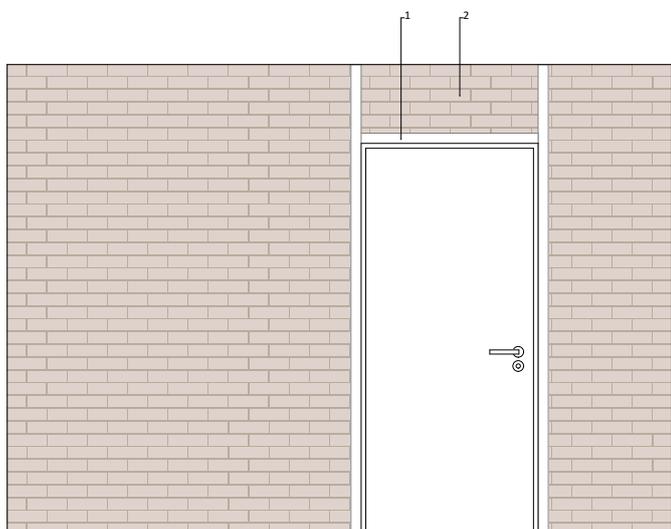
- [1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
- [2] ATEx A 2957 Murs porteurs
- [3] ATEx A 2991 Parement intérieur
- [7] Cycle Terre, Guide

Les cadres de fenêtres ou de portes subissent des contraintes dynamiques dues aux actions d'ouverture et de fermeture, ainsi qu'au vent et à d'autres charges horizontales. Afin d'éviter les fissures ou les arrachements dues à ces contraintes, les options suivantes doivent être appliquées :

- Un précadre de fenêtre ou de porte est rendu solidaire au mur par encastrement (fixation) ou par scellement (fixation et mortier). Dans les deux cas, les pattes de fixation sont insérées dans le mortier utilisé pour poser les blocs. Cette option de précadre est à privilégier dans le cas de murs porteurs. Le matériau de l'ossature peut être de l'acier, du bois, de l'aluminium. Lors du choix du scellement du précadre, le scellement doit être compatible avec l'entretien, les réparations et le remplacement éventuel de la charpente, sans endommager la structure du mur maçonné de Léém. [2] (p.55)
- Un doublage continu et solide de la fenêtre ou de la porte est réalisé en matériaux résistants à ces contraintes (pierre naturelle, briques cuites...).
- Une insertion ponctuelle de matériaux résistants à ces contraintes (pierres naturelles, briques cuites, petits morceaux de bois) sont encastrés dans le mur en maçonnerie de Léém». [1] (p.42)

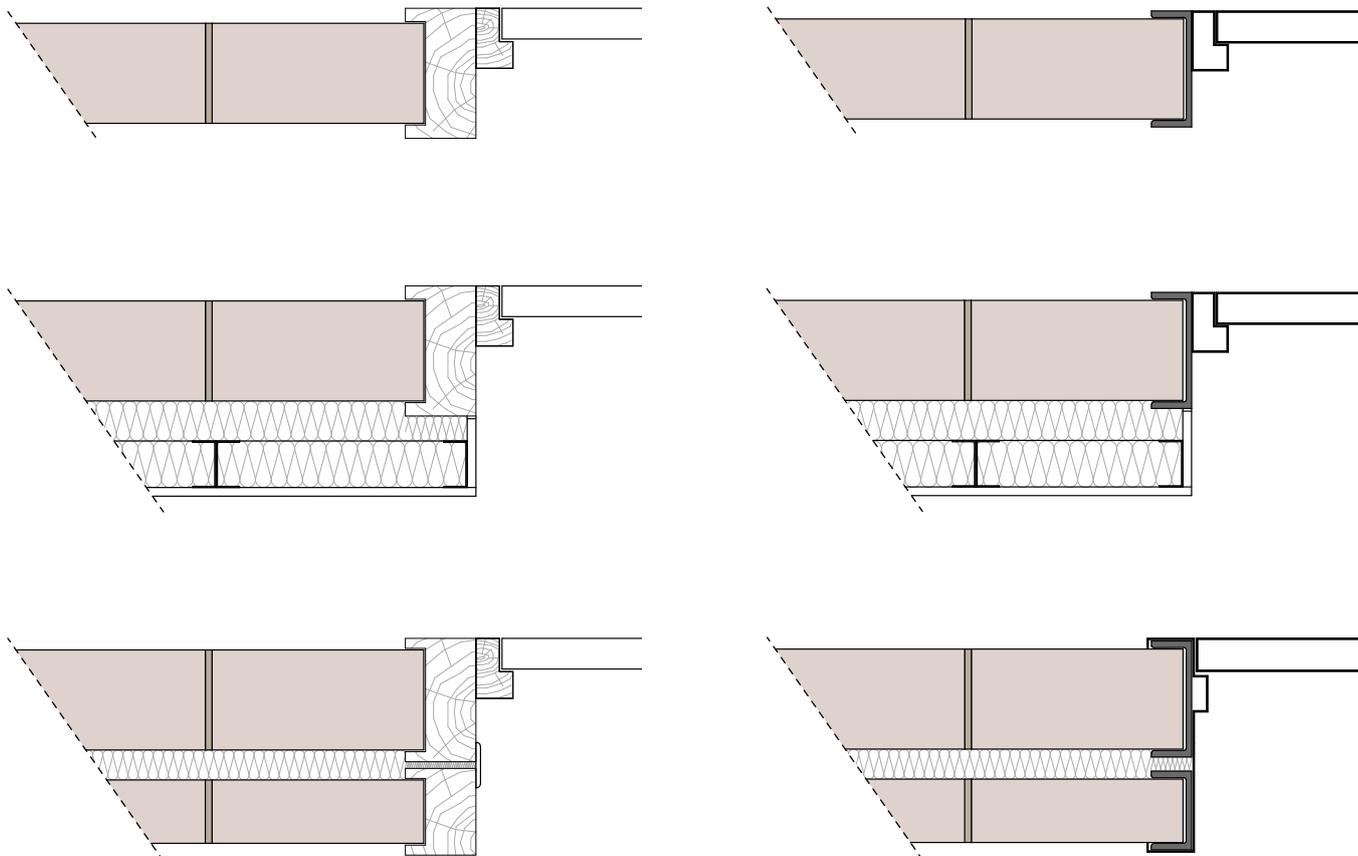
Lors du choix d'un système de précadre, l'encadrement de la fenêtre ou de la porte peut être utilisé comme raidisseur :

- Le cadre va jusqu'en haut du mur et est fixé en bas et en haut de celui-ci
- Le cadre et la jonction entre le mur et le cadre doivent répondre aux critères d'un raidisseur (voir Section 3.10 et Section 5)
- En tant que raidisseurs, les montants de l'encadrement de la porte doivent être dimensionnés de la même manière que les raidisseurs et avoir un profil en U en section afin de recevoir les blocs de maçonnerie. [7] (p.146) (voir Section 3.10.2)
- Dans le cas spécifique d'une maçonnerie de remplissage, les ouvertures doivent être encadrées par des éléments d'ossature (poteaux, linteau, chevêtres) et la menuiserie doit être ancrée dans ces éléments (détails techniques voir Section 5.2.2).



1. Linteau fixé aux raidisseurs
2. Imposte en Bloc Moulé ou Comprimé de Léém
3. Imposte incluse dans le lot menuiserie avec le bloc porte

Exemples où le cadre de porte joue le rôle de raidisseur [7] p.146



Exemples de jonctions avec un cadre de porte jouant le rôle de raidisseur [5] p.30

3.11 Angles

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

[5] ATEx A 2911 Cloisons

Pour les murs en général, les angles doivent être réalisés par harpage des assises successives, afin d'assurer la continuité de l'appareillage. Il faut s'assurer que les déformations prévisibles de la maçonnerie de part et d'autre de l'angle sont similaires (notamment le tassement de la maçonnerie, lié à sa hauteur et au rythme de mise en œuvre) [4] (p.35).

Dans le cas de murs doubles, les angles doivent être réalisés de manière à ce que l'isolation soit continue (section 3.12).

Dans le cas d'une maçonnerie de remplissage, les angles peuvent également être traités en intégrant et en ancrant correctement un raidisseur (voir Section 3.10.4)

3.12 Les parois acoustiques

[4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

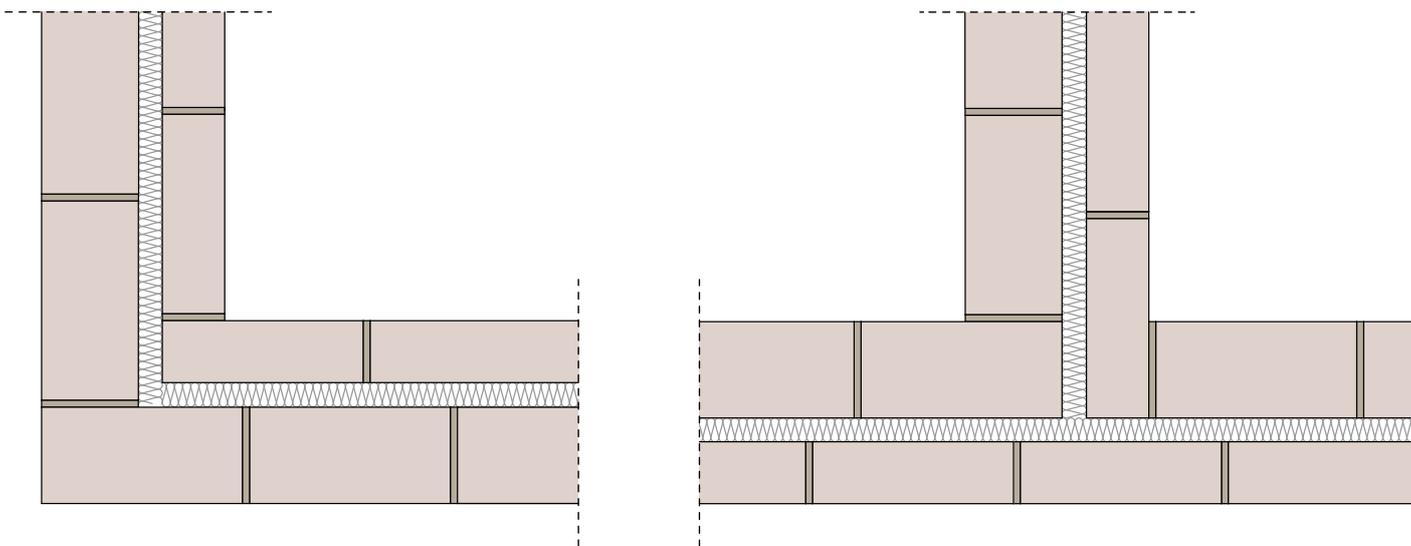
[5] ATEx A 2911 Cloisons

[6] NIT 271 - Exécution des maçonneries

[7] Cycle Terre, Guide

Les murs acoustiques visent à atténuer la transmission des bruits aériens et des bruits d'impact, par le choix des matériaux et des détails. Les dispositions générales suivantes doivent être intégrées pour obtenir une atténuation du bruit par les murs acoustiques :

- Soit continuer l'isolation au niveau des angles [7] (p.84-85)



Exemples en plan des angles en L et en T pour la continuité de l'isolant dans une cloison double [5] p. 25

- L'application d'un enduit de Léém permet d'améliorer cette atténuation, puisqu'il empêche les fuites acoustiques à travers les joints de mortier en les recouvrant d'enduit [4] (p.27)
- Poursuivre l'interruption acoustique sur les faces désolidarisées des murs en maçonnerie de Léém (au niveau des dalles et fondations, plafonds, raidisseurs, poteaux et poutres de structure primaire, ...) par l'utilisation de bandes résilientes, de joints en mousse, de Elastic kits, de tasseaux, d'angles et autres systèmes de chevauchement, etc. [4] (p.27), [6] (p.47-48)

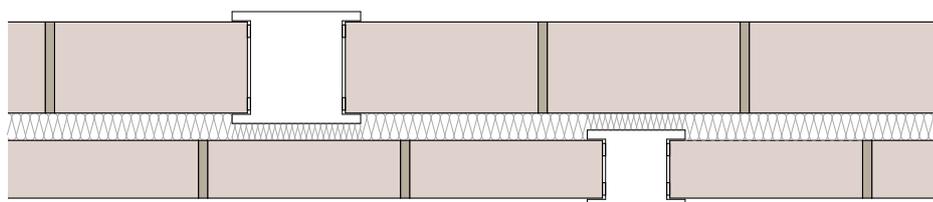
Des dispositions spécifiques doivent être intégrées dans le cas de cloisons doublées ou doubles (détails techniques voir Section 5.3.3).

- Cloison doublée : bloc + isolant + plaque de plâtre. Il est important de porter une attention à la désolidarisation de l'ossature du doublage de la cloison de blocs pour éviter les ponts acoustiques ! (Pour plus d'informations sur l'ossature métallique et la fixation des plaques de plâtre voir [5] (p.9))
- Cloison double : bloc (min 9.5cm) + vide (éventuellement rempli par un isolant) + bloc (9.5cm). Il faut faire attention à la continuité de l'isolant aux angles! [7] (p.84-85).

Dans ces configurations il faut :

- De préférence deux parois d'épaisseurs différentes avec un vide de minimum 4cm entre ces parois. Ce vide est soit rempli entièrement avec un isolant souple, soit partiellement avec un isolant rigide (laisser un vide de min. 2cm) [6] (p.47-48)

- Utiliser un isolant perméable à la vapeur d'eau (isolant avec un Sd plus faible que le Sd des Blocs Compressés de Léém : pour un mur d'épaisseur 9.5cm à Sd = 0.95m ; pour un mur d'épaisseur 15cm à Sd = 1.5m) ; on utilise souvent des laines minérales [5] (p.9)
- Désolidariser les raidisseurs dans une paroi double pour assurer la performance acoustique [7] (p.84-85) et [5] (p.19)



Exemple de raidisseurs décalés pour une cloison double pour laquelle une performance acoustique est demandée [5] p. 20

Sur la base de tests en laboratoire effectués par Buildwise et de calculs effectués par Buildwise à l'aide du logiciel Insul (voir section 2.3.2), les valeurs suivantes sont attendues lors de l'utilisation des blocs de Léém :

| Type de cloison | Rw (C; Ctr) en dB | | |
|---|---------------------|-------|-----------------------|
| Cloison simple de 9 cm d'épaisseur | 50 dB | | valeur calculé |
| Cloison simple de 10,5 cm d'épaisseur | 52 dB | | valeur calculé |
| Cloison simple de 14 cm d'épaisseur | 54.3 (-1.6;-4.9) dB | | testé par ISO 10140-2 |
| Cloison simple de 14 cm d'épaisseur avec enduit | 54.4(-1.8;-4.9) dB | | testé par ISO 10140-2 |
| Cloison simple de 19 cm d'épaisseur | 57.7 dB | | valeur calculé |
| Cloison simple de 23 cm d'épaisseur | 60.2 dB | | valeur calculé |
| Cloison simple de 29 cm d'épaisseur | 63.2 dB | | valeur calculé |
| Cloison double 9 - 2cm de laine - 9 désolidarisation structurelle, avec et sans ancrages (non-acoustiques) | 61 dB | 73dB | valeur calculé |
| Cloison double 14 - 2cm de laine - 9 désolidarisation structurelle, avec et sans ancrages (non-acoustiques) | 64 dB | 76 dB | valeur calculé |

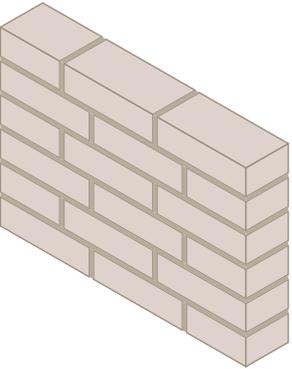
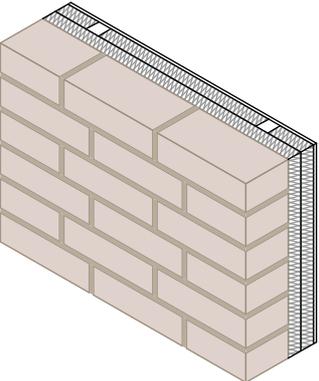
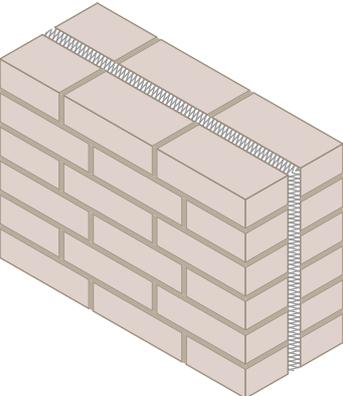
| Variante | Composition de la paroi | Schémas |
|------------------------|--|--|
| Cloison simple | <ul style="list-style-type: none"> - Mur maçonné de 7,5cm d'épaisseur minimum en Blocs Moulés de Léém et de 9cm en Blocs Compressés de Léém avec Mortier de Léém |  <p data-bbox="916 891 1453 920">Exemple de cloison simple de 9cm d'épaisseur</p> |
| Cloison doublée | <ul style="list-style-type: none"> - Mur maçonné de 7,5cm d'épaisseur minimum en Blocs Moulés de Léém et de 9cm en Blocs Compressés de Léém avec Mortier de Léém - Isolant acoustique d'épaisseur variable selon les exigences acoustiques et thermiques - Ossature désolidarisée de la paroi en Blocs de Léém - Parement en plaques de plâtre |  <p data-bbox="874 1368 1497 1424">Exemple de cloison doublée avec maçonnerie de 9cm d'épaisseur</p> |
| Cloison double | <ul style="list-style-type: none"> - Mur maçonné de 7,5cm d'épaisseur minimum en Blocs Moulés de Léém et de 9cm en Blocs Compressés de Léém avec Mortier de Léém - Isolant acoustique d'épaisseur variable selon les exigences acoustiques et thermiques |  <p data-bbox="916 1899 1453 1928">Exemple de cloison doublée 9-9cm d'épaisseur</p> |

Tableau récapitulatif des variantes visées [7] p.162

3.13 Etanchéité à l'air

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs
 [7] Cycle Terre, Guide
 [10] Sustainable Building with Earth
 [22] NIT 284 Les enduits intérieurs
 [25] NIT 255 Etanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air des murs en maçonnerie de Léém peut être assurée par les dispositions suivantes :

- Un enduit de terre de minimum 10mm, comme conseillé par Buildwise dans le NIT 284, garantit l'étanchéité à l'air des surfaces et des angles des murs maçonnés Léém [22] (p.53), [10] (p.415-416). [7] (p.79). Les fuites d'air à travers les joints de mortier sont couvertes par l'enduit. Cet enduit peut être appliqué à la fois sur la face exposée d'un mur en maçonnerie de Léém (comme enduit de finition), ou sur la face non exposée du mur laissant le mur en maçonnerie exposé (par exemple, entre l'isolation et le mur en maçonnerie de Léém)
- Les joints de dilatation entre les murs maçonnés Léém, ou les joints entre les murs maçonnés Léém et d'autres matériaux (tels que les cadres de fenêtres ou de portes, les raidisseurs et/ou les structures primaires), doivent être traités avec soin : soit par l'utilisation d'un joint Elastic kit afin d'assurer une étanchéité à l'air [2] (p.43), soit par l'utilisation d'autres mesures telles que décrites dans [25].

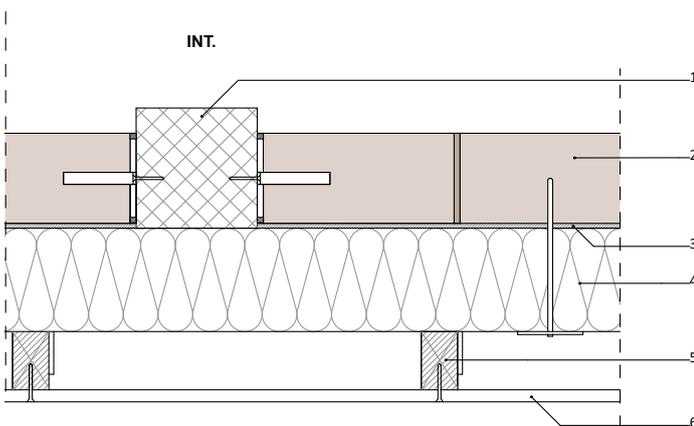
3.14 Paroi intérieure de murs creux

[3] ATEx A 2991 Parement intérieur
 [4] ATEx A 2990 Maçonnerie de remplissage

Différents types de construction de murs sont possibles. Nous les énumérons ci-dessous dans différents cas seulement comme principes. La collection complète des détails de construction peut être trouvée dans la section 5.3.1.

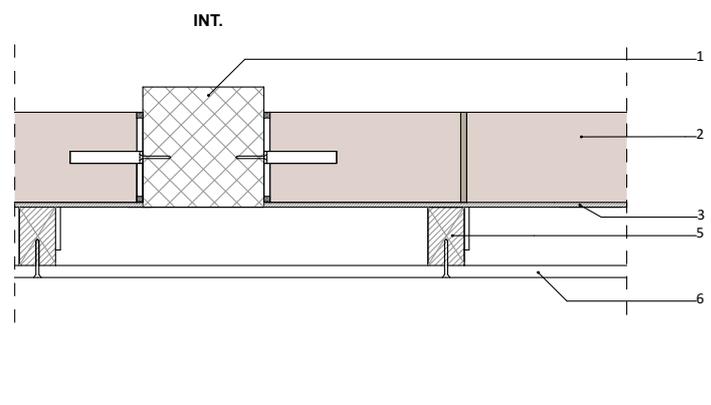
3.14.1 Cas A : Mur de remplissage dans l'ossature structurelle environnante.

Cas A : Mur de remplissage maçonné de Léém dans l'ossature structurelle environnante. La façade extérieure sera composée d'un bardage fixé à une ossature secondaire et d'une cavité d'air ventilée sous le bardage. Cette ossature est constituée de chevrons en bois ou de montants métalliques fixés à l'ossature structurelle. (L'épaisseur minimale du mur en maçonnerie de Léém : 15cm) [4] (p.5+14) (Les Blocs Moulés de Léém ne peuvent être utilisés dans cette



Vue en plan - cas avec isolation thermique en extérieur [4] p.6

1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Enduit sur les Blocs Moulés ou Compressés de Léém
4. Isolation
5. Structure secondaire du parement extérieur + lame d'air ventilée
6. Parement extérieur

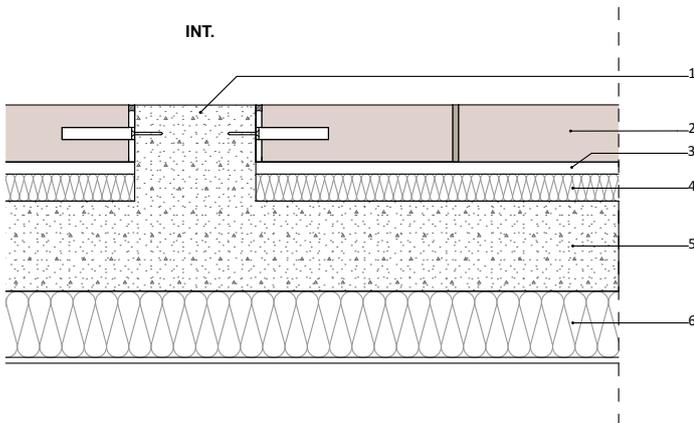


Vue en plan - cas sans isolation thermique en extérieur [4] p.6

1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Enduit sur les Blocs Moulés ou Compressés de Léém
5. Structure secondaire du parement extérieur + lame d'air ventilée
6. Parement extérieur

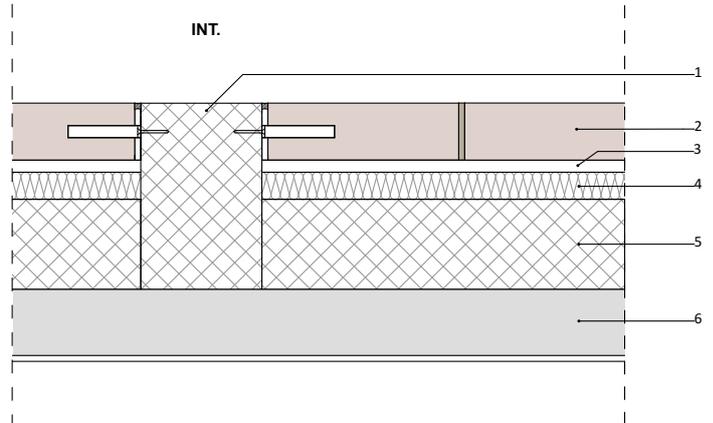
3.14.2 Cas B : Doublage intérieur d'un mur de façade porteur extérieur.

Cas B : Le mur maçonné de Léém ne sert que de doublage intérieur d'un mur de façade porteur extérieur. Ce mur de façade peut être un mur entièrement en béton, en ossature bois ou en maçonnerie, ou un mur hybride béton/ossature bois. Une lame d'air d'au moins 1 cm doit être mise en place entre le mur de doublage maçonné de Léém et le mur de façade extérieur (ce dernier peut être ventilé : voir p.23+5). L'épaisseur minimale du mur en maçonnerie de Léém est de 9 cm [4] (p.5+14), [3] (p.5)



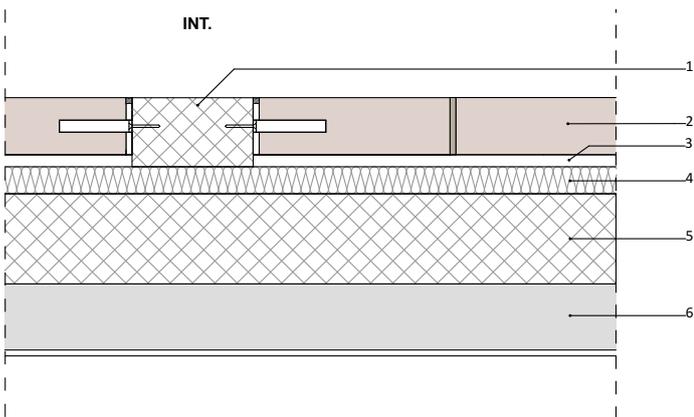
Vue en plan - exemple avec ossature béton et ITE en panneaux enduits [4] p.7

1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Lame d'air
4. Isolation
5. Mur béton armé
6. Isolation + enduit adapté au support



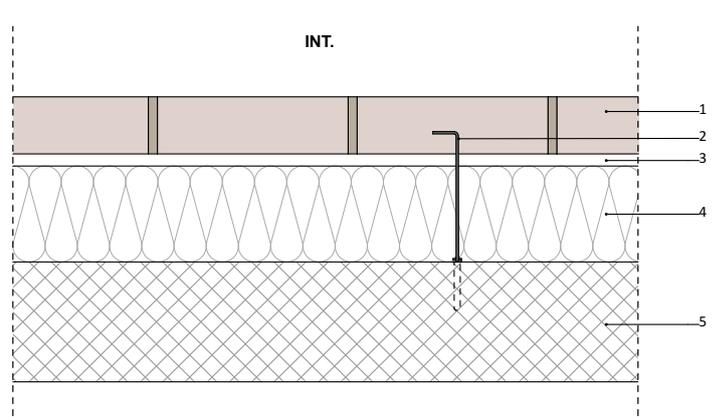
Vue en plan - schéma de principe avec poteau d'ossature principale en maintien du parement [4] p.7

1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Lame d'air ventilée ou non
4. Isolation si nécessaire
5. Mur de remplissage / d'enveloppe maçonnerie ou bois - support du parement extérieur
6. Parement extérieur



Vue en plan - schéma de principe avec poteau d'ossature secondaire en maintien du parement [4] p.7

1. Poteau d'ossature béton armé ou bois dissocié du mur d'enveloppe
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Lame d'air ventilée ou non
4. Isolation si nécessaire
5. Mur d'enveloppe maçonnerie ou bois - support du parement extérieur
6. Parement extérieur

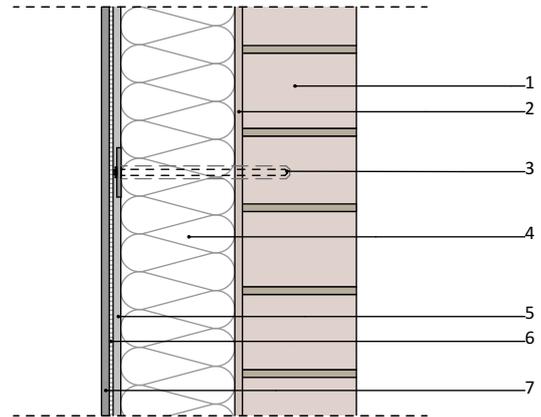
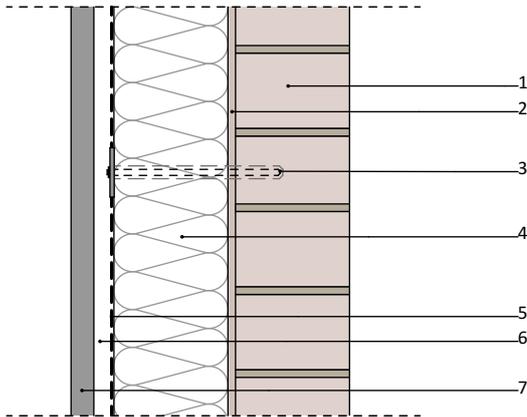


Vue en plan - schémas de principe du parement maçonné en Blocs de Léém

1. Parement en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache de liaison métallique
3. Lame d'air
4. Isolant thermique intérieur
5. Mur support, éventuellement doublé d'un isolant thermique extérieur

3.14.3 Cas C : La paroi porteuse intérieur isolée d'un mur extérieur

Cas C : Le mur maçonné de Léém constitue la paroi porteuse intérieur isolée d'un mur extérieur, avec l'option d'une cavité. L'épaisseur minimale du mur maçonné de Léém est de 13 cm.



Vue en coupe - Mur en maçonnerie de Léém vérifié par Buildwise pour ses performances hygrométriques

1. Mur de maçonnerie en Blocs de Léém Moulés ou Compressés (14 à 29 cm)
2. Enduit de Terre de Léém ou Mortier Colle pour l'étanchéité au vent
3. Cheville avec rosace pour fixation d'isolant
4. Isolant compatible avec l'enduit extérieur (15cm)
5. Pare-pluie étanche ouvert à la vapeur
6. Lamelle d'air
7. Revêtement extérieur

Vue en coupe - Mur en maçonnerie de Léém vérifié par Buildwise pour ses performances hygrométriques dans un système de construction ETICS

1. Mur de maçonnerie en Blocs de Léém Moulés ou Compressés (14 à 29 cm)
2. Enduit de Terre de Léém ou Mortier Colle pour l'étanchéité au vent
3. Cheville avec rosace pour fixation d'isolant
4. Isolant compatible avec l'enduit extérieur (15cm)
5. Mortier d'armature
6. Armature
7. Primer, enduit de finition et peinture de finition

3.14.4 Validation hygrométrique des cas

De façon générale, la Section 4.3.4 fournit des informations sur la conception hygrométrique de ces murs. Il suffit ici de répéter qu'actuellement BC Materials et Buildwise ont validé les cas A avec insulation et les cas C par des calculs hygrométriques. Ces calculs ont confirmé la règle plus générale selon laquelle, de l'intérieur vers l'extérieur, les valeurs de Résistance au Transfert de Chaleur R des couches de construction doivent augmenter et les facteurs de Résistance à la Diffusion de la Vapeur d'eau μ doivent diminuer.

3.14.5 Dimensionnement de la cavité d'air

Le dimensionnement de la cavité d'air (pour deux types de conditions) doit être conçu de la façon suivante :

- Conditions normales : l'épaisseur minimale de la cavité d'air = 1cm. Cette lame d'air peut être ventilée afin d'augmenter la surface d'échange entre l'air ambiant et la maçonnerie en Blocs Compressés. Cela permet ainsi d'améliorer l'inertie et la régulation de l'humidité de la pièce. Cependant, la ventilation de la lame d'air est défavorable d'un point de vue acoustique
- Pièce à forte humidité (MX2.1) et mur support/pare-vapeur avec $S_d > 20 \text{ m}$: l'épaisseur minimale de la lame d'air = 2cm + ventilation recommandée de la lame d'air [3] (p.19)

(Détails techniques voir Section 5.3.1)

3.15 Fixation de charges lourdes

[3] ATEX A 2991 Parement intérieur

[4] ATEX A 2990 Maçonnerie de remplissage

Voici quelques indications quant à la fixation de charges dans un mur de maçonnerie de Léém :

- 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 comprise entre 30 et 100 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.
- La fixation d'éléments structurel dans la maçonnerie n'est pas autorisée ! [4] (p.47) et [3] (p.31)

3.16 Protection contre l'abrasion

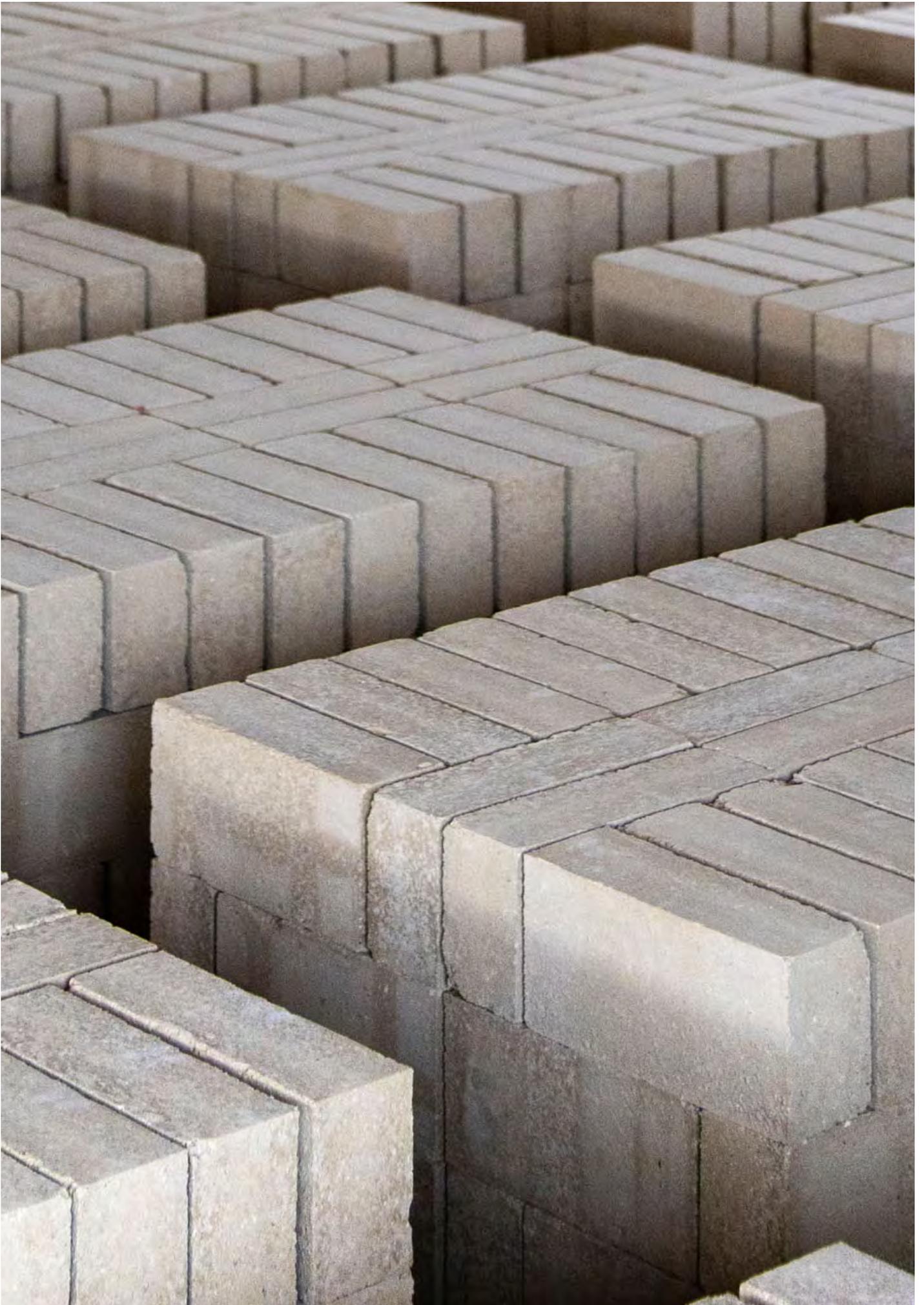
[4] ATEX A 2990 Maçonnerie de remplissage

La partie courante de la maçonnerie ne nécessite dans la majorité des cas pas de protection particulière, étant donné qu'elle est généralement peu sollicitée à l'abrasion et peu sensible aux chocs durs. Dans les zones où le risque d'abrasion est particulièrement élevé, une protection mécanique ou l'application d'une finition de surface sur tout ou une partie de la maçonnerie permet de renforcer la résistance du mur. [4] (p.23) Pour les différents types de finitions référez-vous à la Section 4.3.

3.17 Rainures et percements dans les murs

[7] Cycle Terre, Guide

Les ouvertures et les pénétrations dans les murs sont autorisées s'il n'y a pas d'exigences en matière de résistance au feu et dans la mesure où leur surface est limitée à 200cm² et leur largeur à 10cm. La largeur totale des ouvertures et des pénétrations doit être inférieure à un dixième de la largeur du mur. [7] (p.150-151)



4.

Conseils de mise en oeuvre



4.1 Préparation et conditions du chantier

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 réhumidifier 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, bâche, etc.).

Stockage des blocs et mortier: Il convient de protéger les matériaux de Léém 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 Blocs de Léém 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.

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. Les Blocs Moulés de Léém doivent être protégées de la pluie, des fuites ou de l'eau stagnante en tête de mur, en pied de mur et sur les murs latéraux (voir tableau au section 1.5.3 ainsi que la section 4.2).

Validation d'aspect et mur prototype: Dans le cas de maçonneries en Bloc Compressés de Léém 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.

Préparation du mortier: voir tableau à la page suivante

Préparation des différentes Mortier de Léém

| | Mortier de Léém 10 mm | Mortier Colle de Léém 1-3mm | Mortier Batard avec Additif de Léém 10mm |
|----------------------------|---|---|---|
| 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 de l'eau dans les proportions indiquées dans les fiches produits. | Mélanger l'additif sec avec mortier batard M10. Puis mélanger avec de l'eau dans les proportions indiquées dans les fiches produits. |
| 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 pour 30 minutes et puis remélanger. | Le malaxage peut être réalisé avec des malaxeurs spécifiquement pour mortier colle. 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 pour 30 minutes et puis remélanger. | 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. 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. Quand des fibres sont ajoutés au mortier, le mortier reste utilisable pendant 2 jours. | Une fois mélangé et reposé, le mortier doit être mis en œuvre. | 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. |



Dosage du Mortier et de l'eau pour le mélange



Mélange du Mortier



Application du Mortier Colle de Léém



Application du Mortier de Léém



Protection des Blocs Compressés de Léém sur chantier

4.2 Règles de pose

[3] ATEx A 2991 Parement intérieur

La maçonnerie en blocs de Léém est très similaire à la maçonnerie conventionnelle. Un maçon expérimenté sera donc en mesure de s'en charger. Cependant, il y a des points d'attention spécifiquement pour la gamme de Léém que le maçon doit prendre en compte. Il s'agit principalement des enjeux liés à la gestion de l'humidité dans la maçonnerie, et à la pose du bloc dans le lit de mortier.

Voici quelques indications à suivre :

- Avant de les poser, les blocs en terre crue doivent être mouillés, pour garantir une bonne adhésion avec le mortier. Les Blocs Compressés de Léém seront plongés dans l'eau et immédiatement retirés. Par Contre, les blocs Moulés de Léém seront légèrement humidifiés sur la face recevant le mortier à l'aide d'une éponge ou d'une brosse large, type brosse à badigeon. La surface de pose sera légèrement mouillée en utilisant la même technique. [3] (p.34)
- Le maçon peut frapper ou marteler les Blocs de Léém à l'aide d'un marteau en caoutchouc. (Une massette, d'un marteau ou même du manche de la truelle est à proscrire, sous peine de provoquer des éclats du parement et des arêtes, ou même de fissurer les Blocs de Léém, voire de déstabiliser les maçonneries précédemment mises en œuvre.) [3] (p.34)
- La coupe des blocs se fait à sec, avec aspiration de poussière. Les Blocs compressés de Léém peuvent être coupés à l'humide, où l'ajout d'eau peut être contrôlé.
- Une fois que le bloc a été placé, il ne peut plus être soulevé pour enfoncer du mortier supplémentaire. Il est préférable de soulever le bloc, d'enlever l'ancien mortier, d'appliquer un nouveau mortier et de replacer le bloc.
- Le mortier pour joints verticaux doit être appliqué sur le bloc avant la pose.
- Il est interdit d'utiliser des blocs de dimension inférieure au ¼ bloc. [2] (p.35/90)
- La superposition des joints verticaux est interdite, sauf exception et dans ce cas sur maximum 3 assises successives
- La réalisation d'un plan de calepinage est recommandée [7] (p.126)
- Maçonner les Blocs de Léém en cas de gel est déconseillé
- Toujours bâcher les murs pendant la mis-en-œuvre. Pour les Blocs Compressés de Léém, il faut bâcher le tête de mur. Pour les Blocs Moulés de Léém il faut bâcher le tête de mur et les faces de mur.
- Pour améliorer l'adhérence de l'enduit, il est également recommandé de creuser un canal de 1 cm de profondeur dans les joints humides.» [10] (p. 326)
- Il est absolument interdit d'ajouter de l'huile de mortier, du savon ou tout autre additif au mortier de Léém.

4.2.1 Joints de 10mm en Mortier de Léém

[1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre

[2] ATEx A 2957 Murs porteurs

[7] Cycle Terre, Guide

[10] Sustainable Building with Earth

Le Mortier de Léém est un mortier sans additif ou stabilisation, pour des joints de 10mm. Moins le joint de mortier est humide, plus le retrait est faible mais plus l'adhérence risque d'être affaiblie par un séchage trop rapide (suction). Il est important de suivre les instructions données sur la fiche technique du Mortier.

Les joints peuvent être mis en œuvre de plusieurs manières : [1] (p.15-17)

- Sans rejointoiement : les blocs sont posés à bain soufflant ou refluant de mortier, avec des joints pleins
- Avec rejointoiement direct : le mortier débordant est gratté ; directement, le lissage et le serrage sont effectués au fer à joint. Cette technique n'est possible que pour les blocs compressés de Léém.
- Avec rejointoiement après séchage : les joints sont, au fur et à mesure du montage de la maçonnerie, laissés en retrait lors de la pose, par exemple par

grattage ; puis après que le mortier a suffisamment durci ou qu'il est totalement sec, les joints sont remplis de mortier ; le lissage et le serrage sont exécutés à l'aide d'un fer à joints.

Le rejointoiement peut être fait en joints demi-ronde, joints triangle, joints lisse et, pour de la maçonnerie intérieure, joints creux.

4.2.2 Joints de 10mm avec Mortier Bâtard et Additif de Léém

Un mortier bâtard M10 (tel que Diamur 265B M10) est mélangé sur chantier avec 25 % d'Additif de Léém. Ce mortier bâtard modifié est utilisé sur les chantiers présentant des exigences élevées en matière de résistance à l'eau, des caractéristiques mécaniques exceptionnelles ou des besoins spécifiques en matière de séchage. Les joints réalisés avec ce mortier de terre bâtarde durcissent plus rapidement que les joints réalisés avec le mortier Léém.

Section 4.2.1 s'applique intégralement

4.2.3 Joints fins de 1-3mm en Mortier Colle de Léém

Le Mortier Colle de Léém est utilisé pour coller les blocs comprimés Léém dans des joints de 1 à 3 mm. Utiliser les outils adéquats tels que la boîte applicateur de mortier colle disponible dans la gamme d'accessoires de maçonnerie de Léém, ou les truelles de mortier colle génériques.

Ce mortier est utilisé uniquement avec les blocs comprimés de Léém et sur les chantiers présentant des exigences élevées en matière de vitesse d'exécution et des caractéristiques mécaniques exceptionnelles.

4.2.4 Vitesse de montage et de séchage

Lors de l'utilisation du mortier de terre (stabilisée) de Léém, il est important de noter que le mortier de terre (stabilisée) a besoin de plus de temps pour durcir que le mortier de chaux ou de ciment.

Voici quelques indications concernant la cadence de montage ainsi que les délais de mise en charge [2] (p.37/90):

- Le temps de séchage dépend des conditions climatiques, du type de bloc et du mortier choisi.
- Un mur en blocs de Léém frais ne doit pas être chargé par un plancher non étayé ou par un mur supérieur, avant d'avoir atteint une résistance suffisante pour supporter la charge sans dommage (Nous considérons que la résistance «conventionnelle», correspondant à 80% de la résistance maximale, est atteinte dans des circonstances normales de 18-25°C et 40%-60% RH après 28 jours pour la maçonnerie en Blocs Moulés de Léém et après 14 jours pour la maçonnerie en Blocs Comprimés de Léém.)
- Un mur en blocs de Léém frais ne doit pas être enduit avant que le retrait de séchage ne se soit produit. En règle générale, il faut compter 3 semaines pour que le tassement s'est produit afin d'éviter la formation de fissures dans le plâtre.
- Un mur en blocs de Léém doit être réalisé par la pose successive d'un nombre de rangs d'assises maximal empilés par jour, de sorte à éviter tous risques de désolidarisations des rangs inférieurs : 12 rang/jours pour des petits blocs ; maximum 10 x épaisseur du mur (en général entre 95 et 150cm/jour)
- Lorsque la hauteur d'un mur dépasse 4,5 m de haut, il est demandé de réaliser de préférence les élévations de maçonnerie en deux étapes séparées d'une période de deux semaines. En cas de temps chaud et sec, ce délai peut être réduit à une semaine. Cette précaution de mise en œuvre vise à limiter le phénomène de

[2] ATEX A 2957 Murs porteurs
[3] ATEX A 2991 Parement intérieur



Le Bloc Compressé est mouillé pour une meilleure adhésion au mortier



Mise en oeuvre du Mortier Colle de Léém



Mise en oeuvre du Mortier Colle de Léém



Mise en place du Bloc Compressé

Comparaison entre les maçonneries de Léém

| | Blocs Moulés de Léém | | Blocs Compressés de Léém | | |
|--|---|---|---|--|--|
| | Mortier de Léém 10mm | Mortier Colle de Léém 1-3mm | Mortier de Léém 10mm | Mortier Colle de Léém 1-3mm | Mortier batard avec additif de Léém 10mm |
| Dommages prévus pour transport des blocs | 5% | 5% | 2% | 2% | 2% |
| Perte attendue en bloc/mortier | 6% / 10% | 4% / 10% | 4% / 10% | 4% / 4% | 4% / 10% |
| Vitesse de construction en m ² /h/p | | -20% | | -40% | |
| Nombre maximum d'assises par jour | 12 | 12 | 12-15 | 12-15 | 12-15 |
| Temps de séchage avant suite des travaux | 7 jours | 3 jours | 7 jours | 3 jours | 1 jour |
| Facilité de démontage | +++ | ++ | +++ | ++ | + |
| Facilité de gestion des déchets | +++ | ++ | ++ | ++ | + |
| Gestion de chantier | Protection contre l'eau en tête, pied et côtés de mur | Protection contre l'eau en tête, pied et côtés de mur | Protection contre l'eau en tête et côtés de mur | Protection contre l'eau en tête de mur | Protection contre l'eau en tête de mur |

Exécution

4.3 Tolérances d'exécution

[5] ATEx A 2911 Cloisons
[6] NIT 271 - Exécution des
maçonneries

Les tolérances dimensionnelles des ouvrages en blocs de Léém, écarts d'implantation (alignement vertical), aplomb (verticalité), planéité (rectitude) et épaisseur seront celles qui sont appliquées aux cloisons en maçonnerie de petits éléments. [5] (p.36) Elles sont résumées dans le tableau de la NIT 271 qui se trouve dans [6] p.116 .

4.4 Finitions et aspect du revêtement

[1] Guide des bonnes pratiques:
Briques de terre
[9] Earth Masonry : Design and
Construction Guidelines

On distingue différents types de parements en blocs de Léém :

- Le parement ordinaire : Il s'agit d'un mur de parement destiné à être enduit ou doublé
- Le parement soigné : Il s'agit d'un mur de parement destiné à rester apparent. Concernant le parement soigné, l'aspect de la maçonnerie en terre peut être considéré sous quatre aspects principaux : la couleur, la texture, les joints de mortier et les finitions appliquées. [9] (p.61)

Afin de contrôler l'esthétique de ce parement, il convient de tenir compte des points suivants:

- L'appareillage des blocs, avec une attention particulière portée sur la répartition régulière des joints et blocs, 1/2 bloc (moitié de bloc) ou 3/4 de bloc
- La finition des joints. [1] (p.16-17)
- Les blocs de terre à mettre en oeuvre doivent être mélangés à partir d'au moins 10 palettes différentes, afin d'éviter les différences de couleur et d'aspect d'une partie du mur.

La maçonnerie en Blocs Moulés de Léém peut être époncée, ce qui permet d'unifier la couleur et la texture des blocs et du mortier. La maçonnerie des Blocs Compressés de Léém peut également être époncée, mais cela ne fera que nettoyer la maçonnerie.

Des huiles ou cires peuvent être appliqués au mur et faire office de finition. Leurs impacts sur la maçonnerie sont les suivants :

- Augmentation de la dureté et donc de la durabilité de la surface du mur
- Amélioration de la résistance à l'eau
- Accentuation de la couleur naturelle des minéraux
- Réduction de la perméabilité de surface et donc de la capacité de régulation hydrique [9] (p.65) Mieux vaut donc opter pour une application locale de ces produits.

L'application d'un fixateur ou d'une peinture permet d'éviter que des poussières ou grains fins ne se détachent du mur. Il conviendra alors d'employer des solutions non filmogènes et perméables à la vapeur d'eau [3] (p.36), en préférence Peinture d'Argile de Léém, Fixatif de Léém, ou des solutions basé sur sodium silicate, ...

Concernant le parement ordinaire, il est également possible d'appliquer un enduit perméable à la vapeur d'eau (enduits perspirants), de préférence des enduits d'argile de Léém, mais les enduits à la chaux ouverts à la vapeur sont également admissibles.



Mise en oeuvre des joints de mortier

5.

Détails de construction

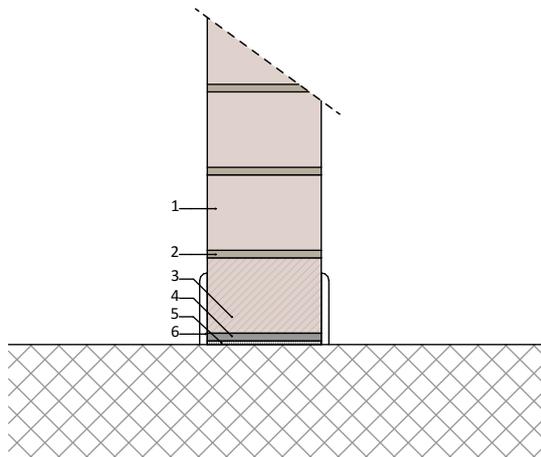


Tous les détails de construction de cette section sont regroupés en fonction des typologies de murs telles qu'introduites dans la section 1.5.1 :

- porteurs : mur extérieur ou mur intérieur
- non porteurs : maçonnerie de remplissage en enveloppe, maçonnerie de remplissage en refend, cloison distributif, cloison séparatif, mur de parement intérieur.

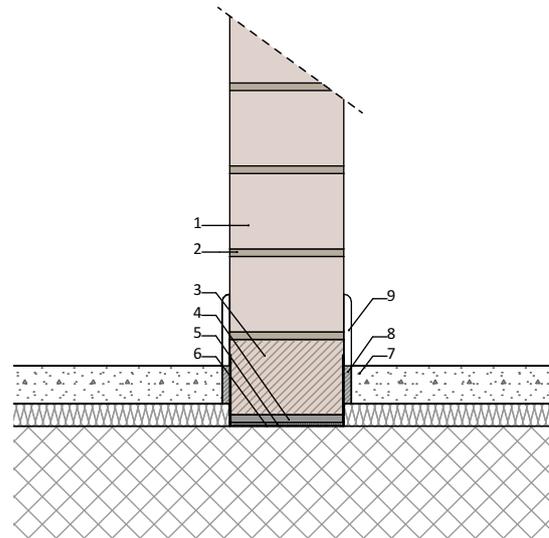
5.1 Détails généraux pour tous types de mur

5.1.1 Protection des pieds de murs



Coupe de la jonction sur sol fini
- 1/10e [5] p. 27

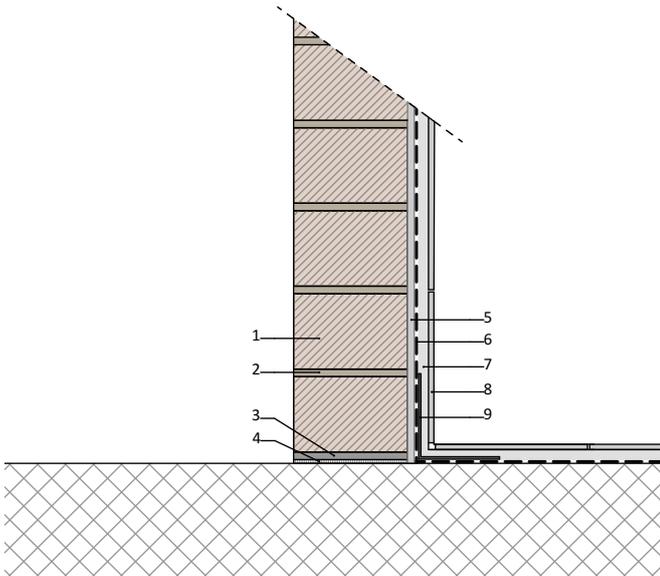
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire ...)
4. Mortier sable-ciment (ép. min 2cm)
5. optionel : Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
6. Plinthe



Coupe de la jonction avec chape flottante
- 1/10e [5] p.28

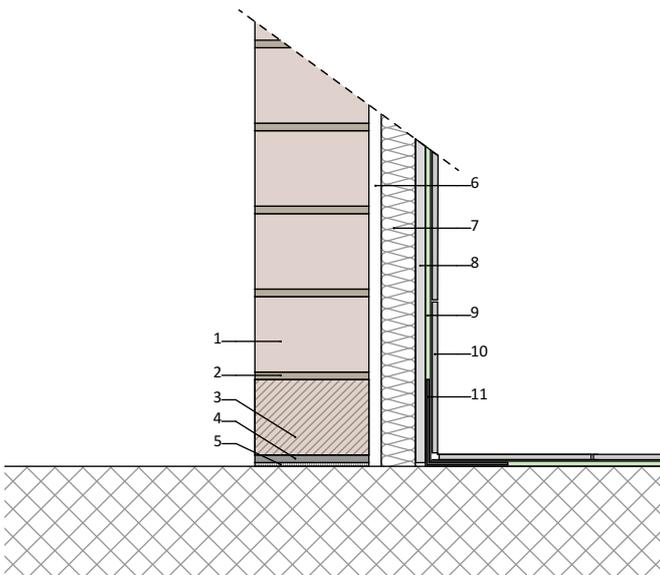
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire ...)
4. Mortier sable-ciment (ép. min 2cm)
5. Bande de désolidarisation optionel (ép. 5-10mm)
6. Barrière d'étanchéité dépassant au min 2cm au-dessus du sol fini
7. Chape flottante réalisée après la cloison
8. Calfeutrement périphérique
9. Plinthe

5.1.2 Protection des murs dans des pièces humides



Détail en coupe du pied de mur dans les pièces humides - 1/10e

1. Bloc Comprimé de Léém (résistant à l'eau)
2. Mortier bâtard avec Additif de Léém
3. Mortier sable-ciment (ép. min 2cm)
4. Bande de désolidarisation optionel (ép 5-10mm)
5. Enduit chaux trass
6. Toile Kerdi collée sur l'enduit
7. Mortier colle à carrelage
8. Carrelage
9. Bande de renfort étanche



Détail en coupe du pied de mur et du doublage dans les pièces humides - 1/10e [5] p.31

1. Bloc Moulé ou Comprimé de Léém
2. Mortier (Colle) de Léém, mortier bâtard avec Additif de Léém
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Comprimé de Léém, bloc silico-calcaire...)
4. Mortier sable-ciment (ép. min 2cm)
5. Bande de désolidarisation optionel (ép 5-10mm)
6. Lame d'air
7. Ossature de doublage désolidarisées de la maçonnerie et isolant si nécessaire
8. Parement en plaques de plâtre hydrofugées
9. Primaire et résine en deux passes
10. Colle à carrelage et carrelage
11. Bande de renfort étanche

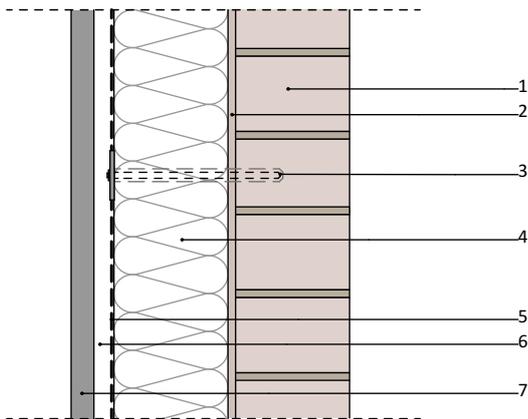
5.2 Détails pour murs porteurs

5.2.1 Mur extérieur

a. Composition de principe, validé hygrométriquement par Buildwise

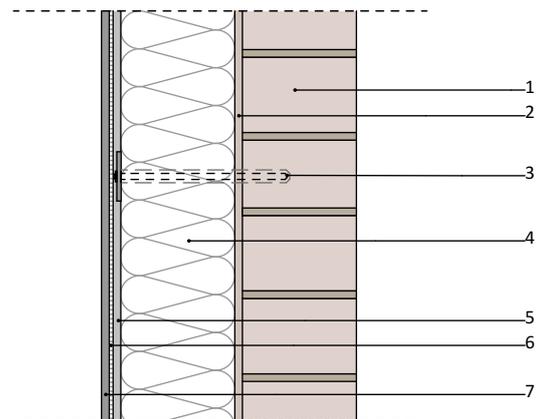
Détails illustrant la composition de principe des murs en envelope. Ces détails ont été validés par Buildwise via des calculs WUFI, voyez section 3.3.4 .

Paroi intérieure de murs creux



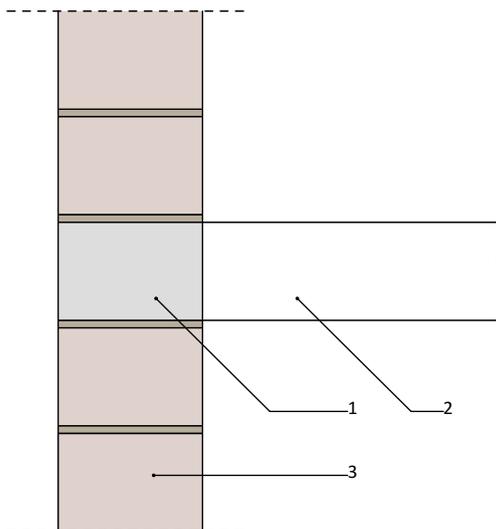
1. Blocs de Léém Moulés ou Compressés (14 à 29 cm)
2. Enduit d'argile de Léém ou Mortier Colle de Léém pour l'étanchéité à l'air
3. Cheville avec rosace pour fixation d'isolant
4. Isolant compatible avec l'enduit extérieur
5. Pare-pluie étanche ouvert à la vapeur
6. Lame d'air
7. Revêtement extérieur

Mur extérieur isolé dans un système ETICS

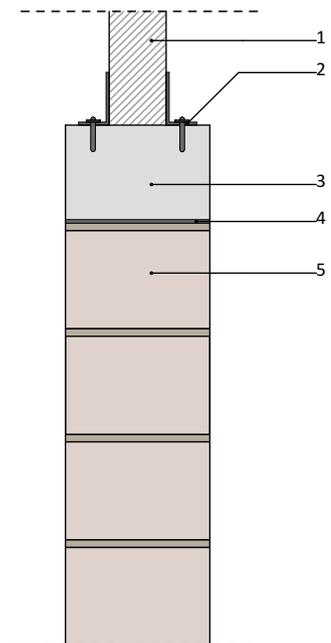


1. Blocs de Léém Moulés ou Compressés (14 à 29 cm)
2. Enduit d'argile de Léém ou Mortier Colle de Léém pour l'étanchéité à l'air
3. Cheville avec rosace pour fixation d'isolant
4. Isolant compatible avec l'enduit extérieur
5. Mortier d'armature
6. Armature
7. Primer, enduit de finition et peinture de finition

Coupe d'un chaînage en plancher et en toiture charpente bois [2] p.52



1. Chaînage horizontal
2. Dalle en bois ou en béton
3. Bloc Moulé ou Compressé de Léém



1. Poutre en bois
2. Attache métallique en L
3. Chaînage horizontal
4. Membrane étanche si béton coulé in situ
5. Bloc Moulé ou Compressé de Léém

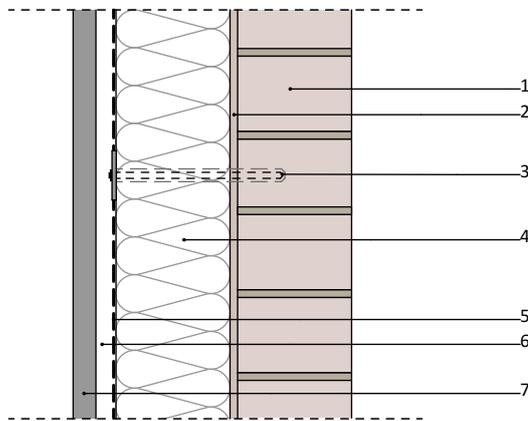
5.3 Détails pour murs non-porteurs

5.3.1 Mur de remplissage en enveloppe

a. Composition de principe, validé hygrométriquement par Buildwise

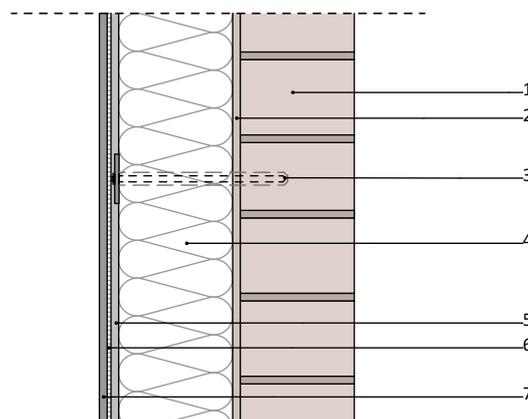
Détails illustrant la composition de principe des murs de remplissage en enveloppe. Ces détails ont été validés par Buildwise via des calculs WUFI, voyez section 3.3.4 .

Paroi intérieure de murs creux



1. Blocs de Léém Moulés ou Compressés (14 à 29 cm)
2. Enduit d'argile de Léém ou Mortier Colle de Léém pour l'étanchéité à l'air
3. Cheville avec rosace pour fixation d'isolant
4. Isolant compatible avec l'enduit extérieur
5. Pare-pluie étanche ouvert à la vapeur
6. Lame d'air
7. Revêtement extérieur

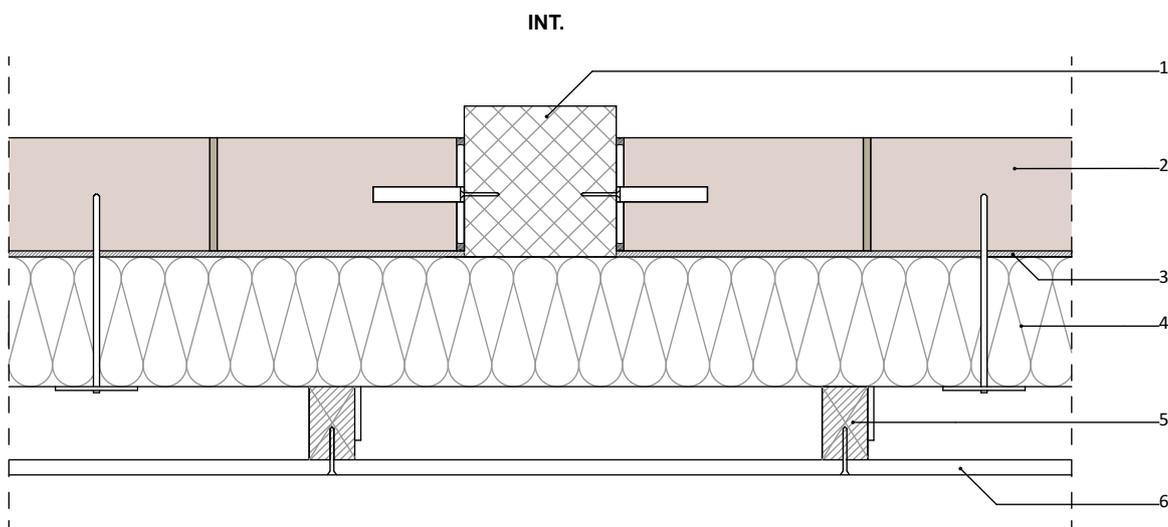
Mur extérieur isolé dans un système ETICS



1. Blocs de Léém Moulés ou Compressés (14 à 29 cm)
2. Enduit d'argile de Léém ou Mortier Colle de Léém pour l'étanchéité à l'air
3. Cheville avec rosace pour fixation d'isolant
4. Isolant compatible avec l'enduit extérieur
5. Mortier d'armature
6. Armature
7. Primer, enduit de finition et peinture de finition

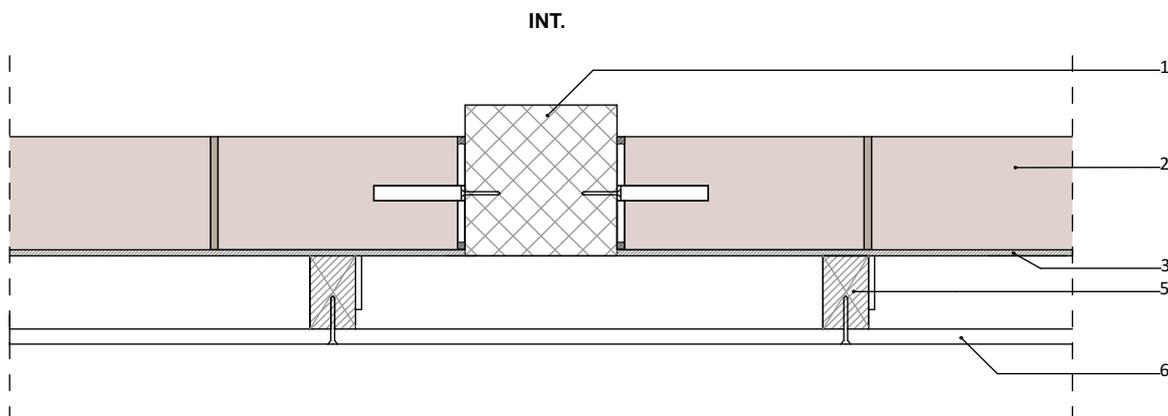
b. Compositions spécifiques

Cas A : Détail en plan avec ITE et enduit sur face extérieure - 1/10e [4] p.6



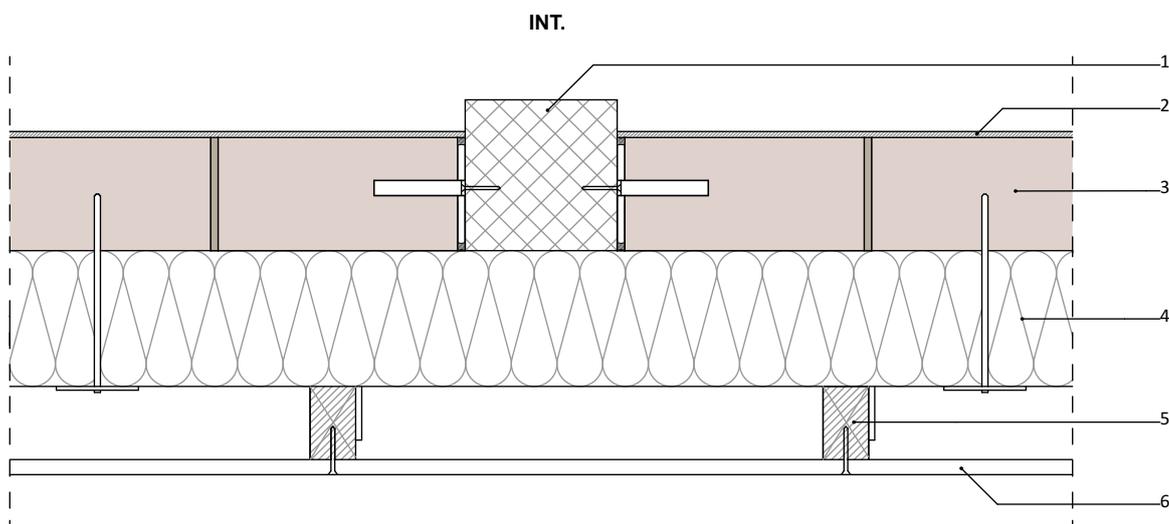
1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Enduit sur les Blocs Moulés ou Compressés de Léém
4. Isolation
5. Structure secondaire du parement extérieur + lame d'air ventilée
6. Parement extérieur

Cas A : Détail en plan sans ITE - 1/10e [4] p.6



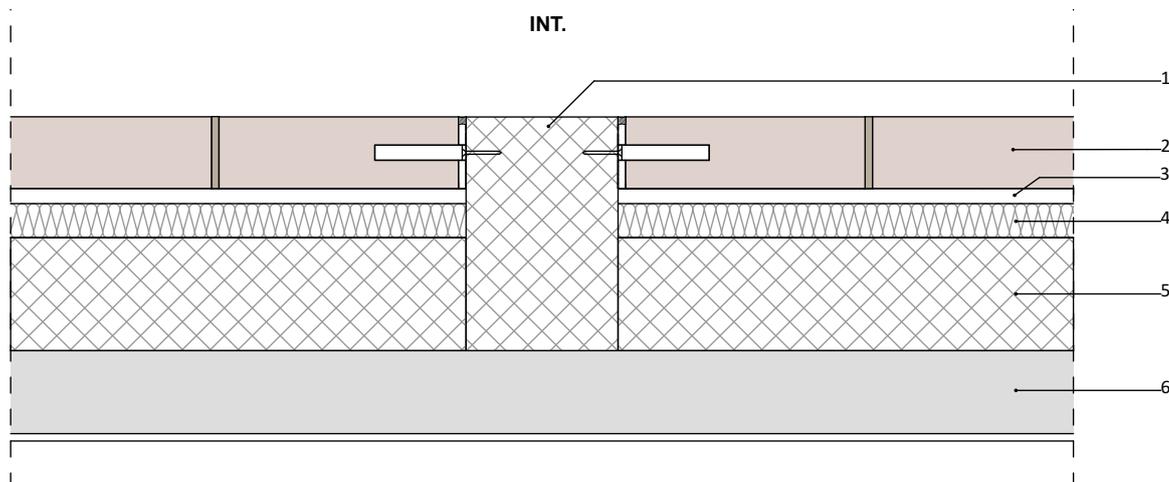
1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Enduit sur les Blocs Moulés ou Compressés de Léém
5. Structure secondaire du parement extérieur + lame d'air ventilée
6. Parement extérieur

Cas A : Détail en plan avec ITE et enduit sur face intérieure - 1/10e [4] p.6



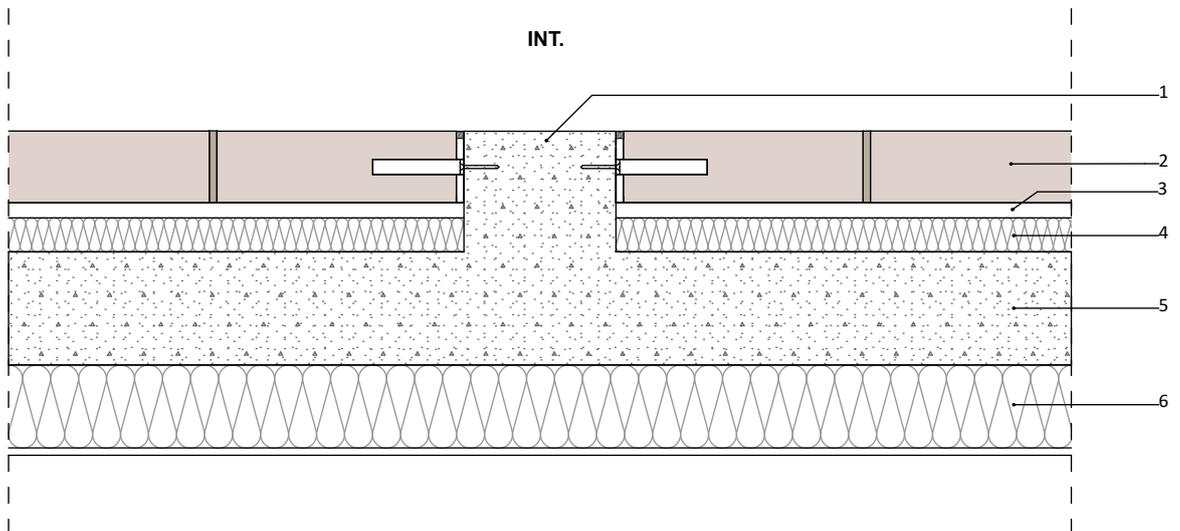
1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Enduit sur les Blocs Moulés ou Compressés de Léém
3. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
4. Isolation
5. Structure secondaire du parement extérieur + lame d'air ventilée
6. Parement extérieur

Cas B : Détail en plan avec poteau d'ossature principale en maintien du parement - 1/10e [4] p.7



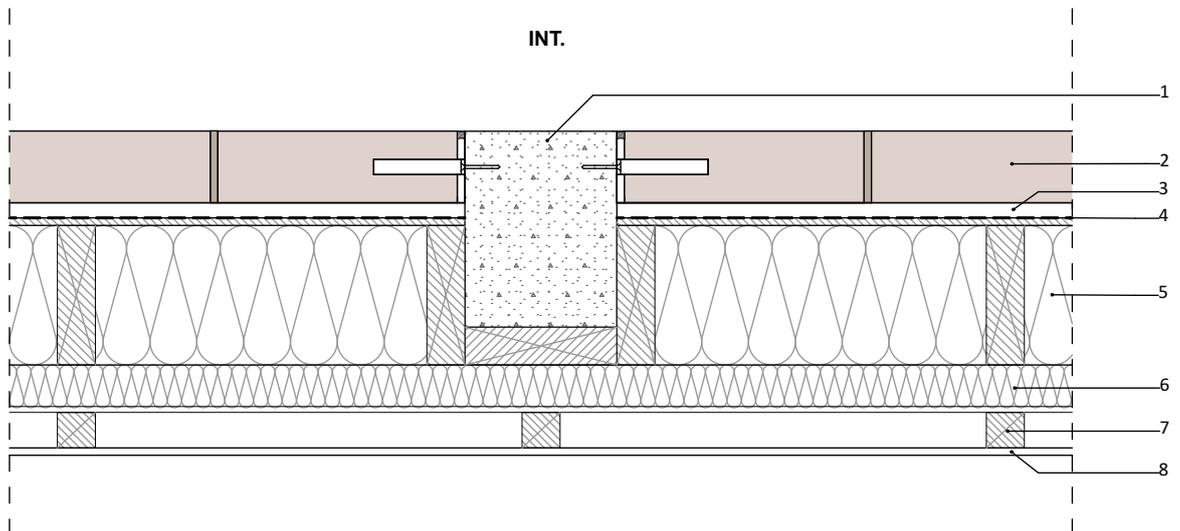
1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Lame d'air ventilée ou non
4. Isolation si nécessaire
5. Mur de remplissage / d'enveloppe maçonnerie ou bois - support du parement extérieur
6. Parement extérieur

Cas B : Détail en plan avec ossature béton et ITE en panneaux enduits - 1/10e [4] p.7



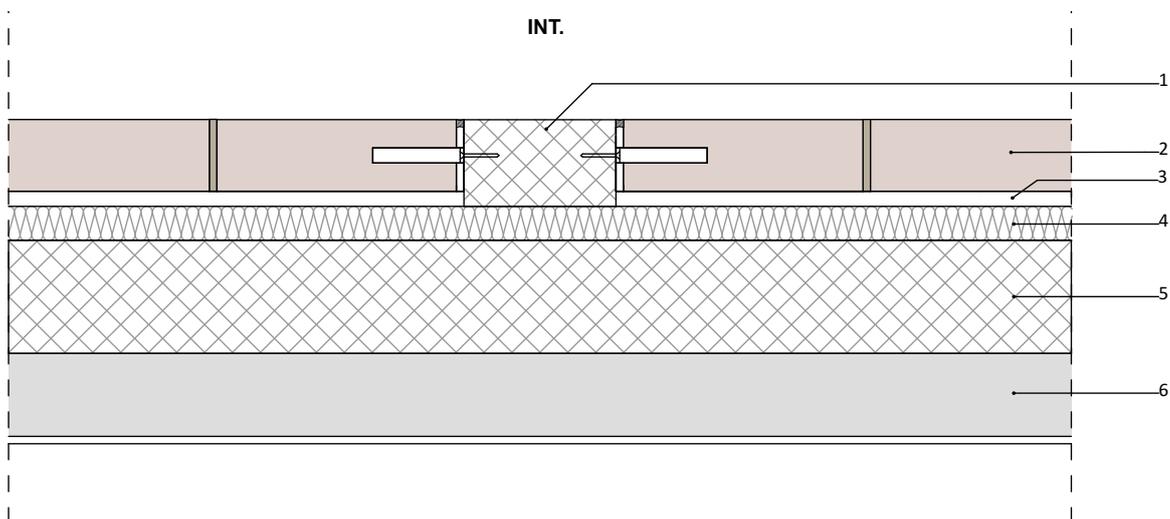
1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Lame d'air
4. Isolation
5. Mur béton armé
6. Isolation + enduit adapté au support

Cas B : Détail en plan avec ossature béton et façade ossature bois - 1/10e [4] p.7



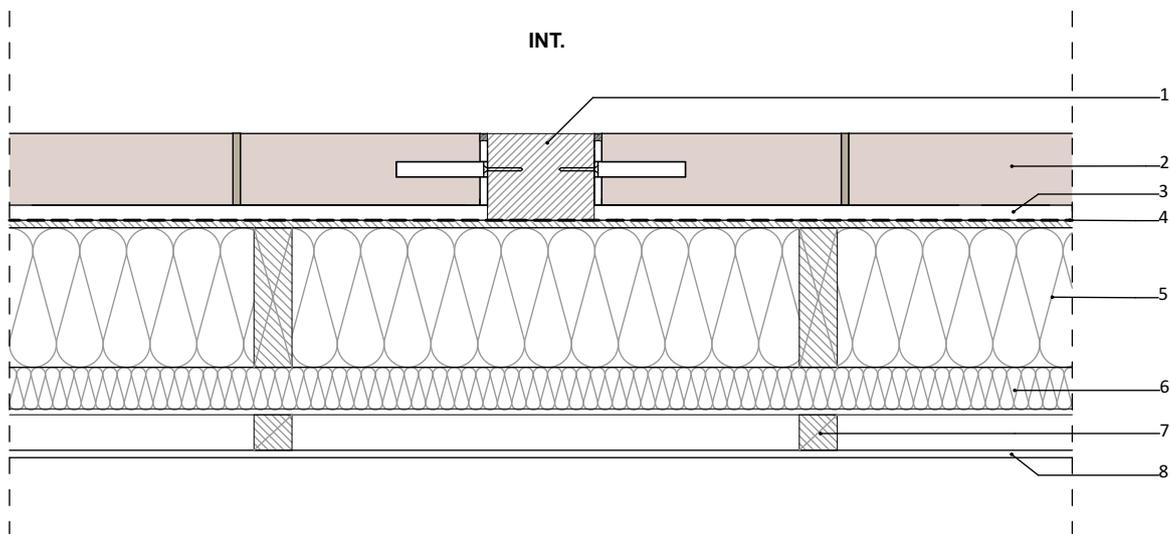
1. Poteau d'ossature béton armé ou bois
2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Lame d'air
4. Pare vapeur
5. Façade en ossature bois
6. Complément d'isolation + pare pluie
7. Structure secondaire support du parement + lame d'air ventilée
8. Parement de finition adapté au support

Cas B : Détail en plan avec poteau d'ossature secondaire en maintien du parement -1/10e [4] p.7

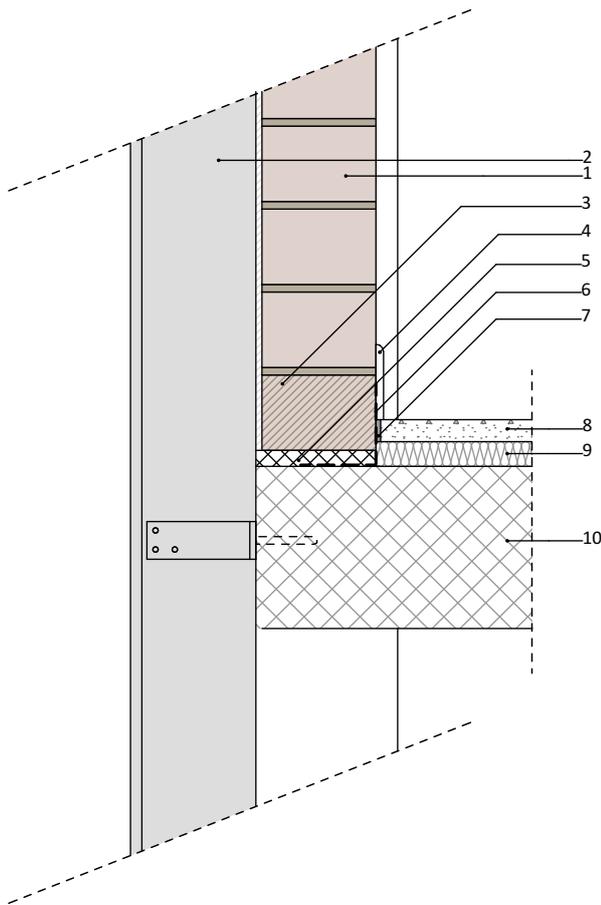


- 1. Poteau d'ossature béton armé ou bois dissocié du mur d'enveloppe
- 2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
- 3. Lame d'air ventilée ou non
- 4. Isolation si nécessaire
- 5. Mur d'enveloppe maçonnerie ou bois - support du parement extérieur
- 6. Parement extérieur

Cas B : Détail en plan avec ossature bois secondaire et mur à ossature bois -1/10e [4] p.7

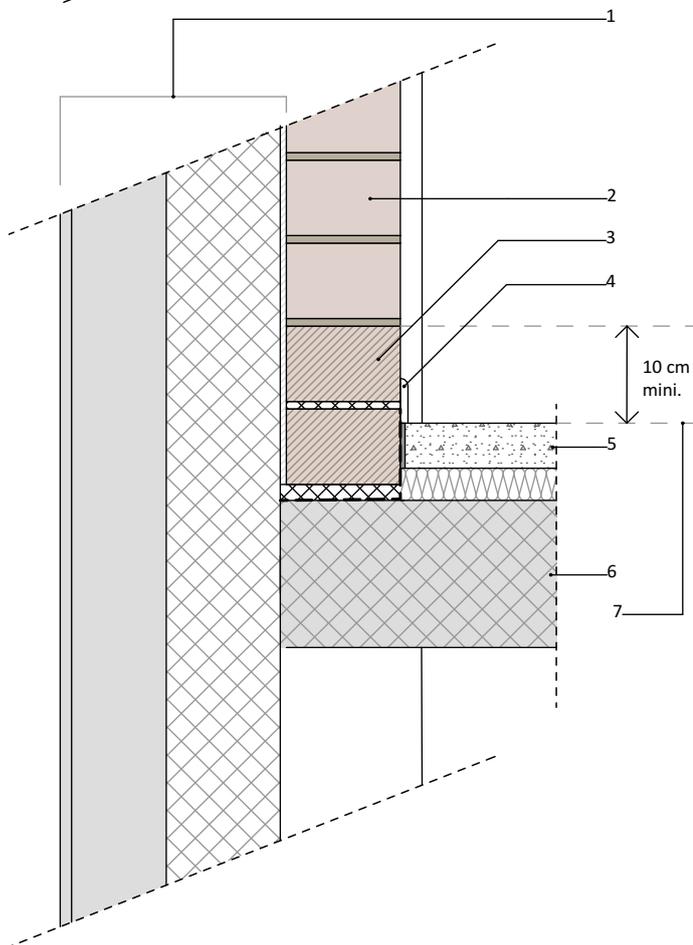


- 1. Poteau secondaire d'ossature bois
- 2. Remplissage en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
- 3. Lame d'air
- 4. Pare vapeur
- 5. Façade en ossature bois
- 6. Complément d'isolation + pare pluie
- 7. Structure secondaire support du parement + lame d'air ventilée
- 8. Parement de finition adapté au support



Détail en coupe de jonction au niveau du plancher avec chape flottante - 1/10e [4] p.28

1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Complexe de mur extérieur
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
4. Plinthe
5. Mortier sable-ciment (2cm min)
6. Barrière d'étanchéité dépassant au minimum de 2cm au-dessus du sol fini
7. Bande de désolidarisation
8. Chape flottante sur isolant
9. Isolation
10. Plancher béton armé ou bois

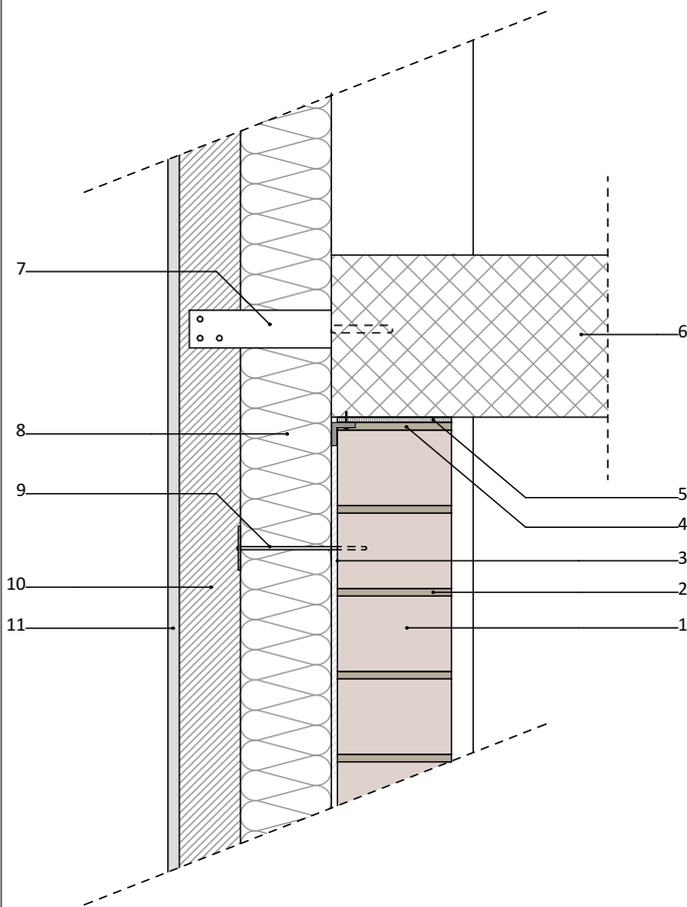


Détail en coupe de traitement du pied de maçonnerie en local humide avec chape flottante - 1/10e [4] p.28

1. Complexe de mur extérieur
2. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
4. Plinthe
5. Chape flottante
6. Plancher béton armé ou bois
7. Niveau du sol fini

c. Tête de mur - raccord avec le plancher supérieur

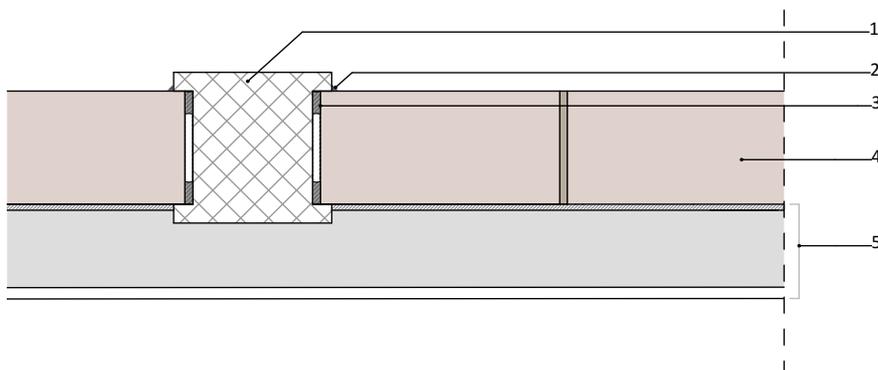
Détail en coupe liaison haute avec amélioration acoustique par cornière (cas A) - 1/10e [4] p.28



1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Enduit d'amélioration de l'étanchéité à l'air
4. Cornière d'amélioration acoustique
5. Bande de désolidarisation
6. Plancher béton armé ou bois
7. Patte de fixation de l'ossature secondaire
8. Isolant
9. Attache de maintien de l'isolant
10. Ossature secondaire
11. Parement extérieur

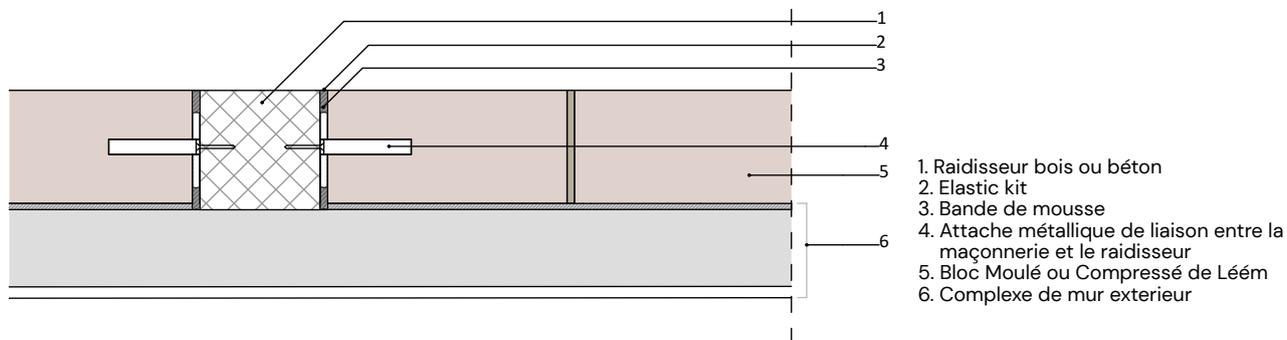
d. Jonction entre mur de remplissage et ossature

Détail en plan de liaison entre maçonnerie et poteau d'ossature avec joint mousse - 1/10e [4] p.34



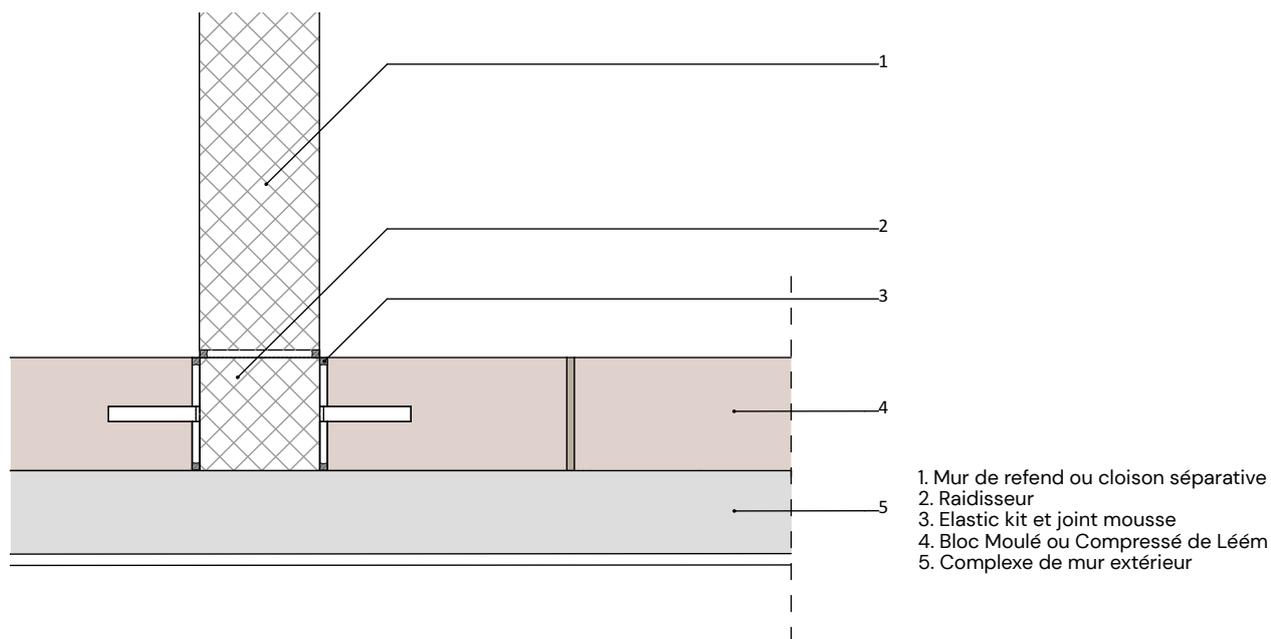
1. Raidisseurs (structure porteuse ou secondaire)
2. Elastic kit
3. Joint mousse
4. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
5. Complexe de mur extérieur

Détail en plan de liaison entre maçonnerie et raidisseur par attaches ponctuelles - 1/10e [4] p.34

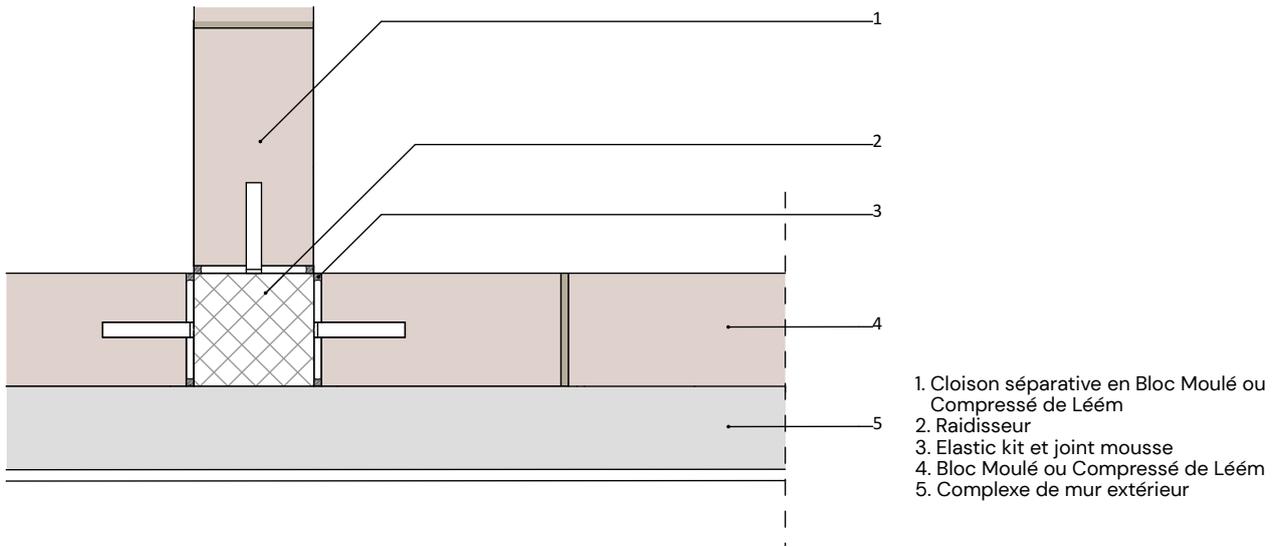


e. Jonction avec une paroi de nature différente

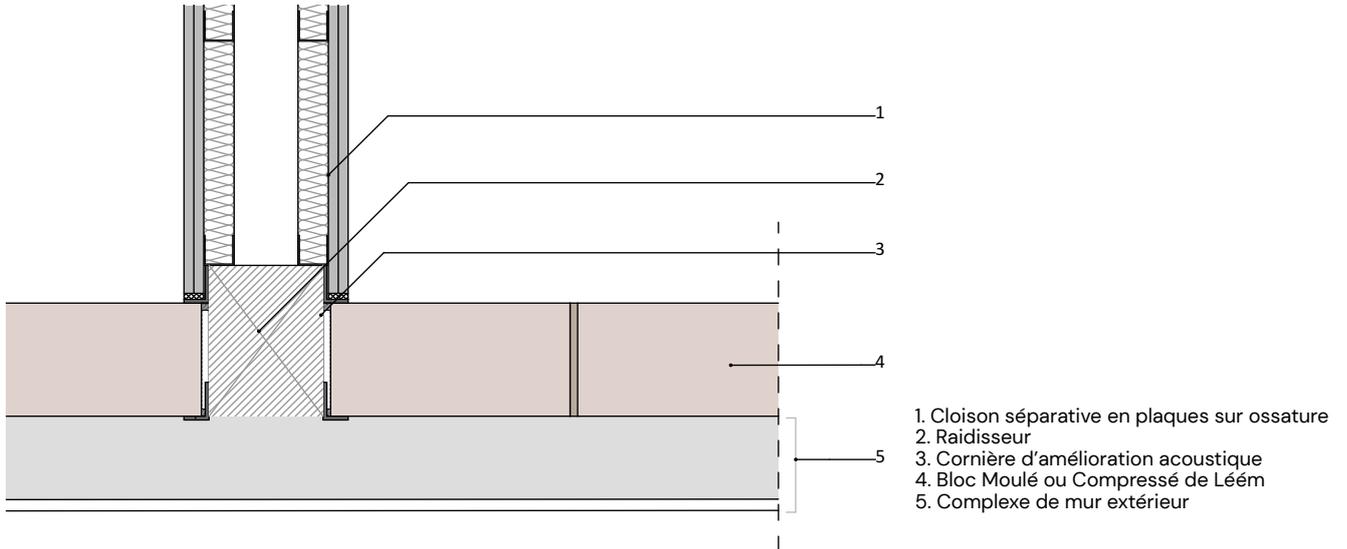
Détail en plan de jonction de la maçonnerie de Léém avec un mur de refend ou une cloison séparative - 1/10e [4] p.36



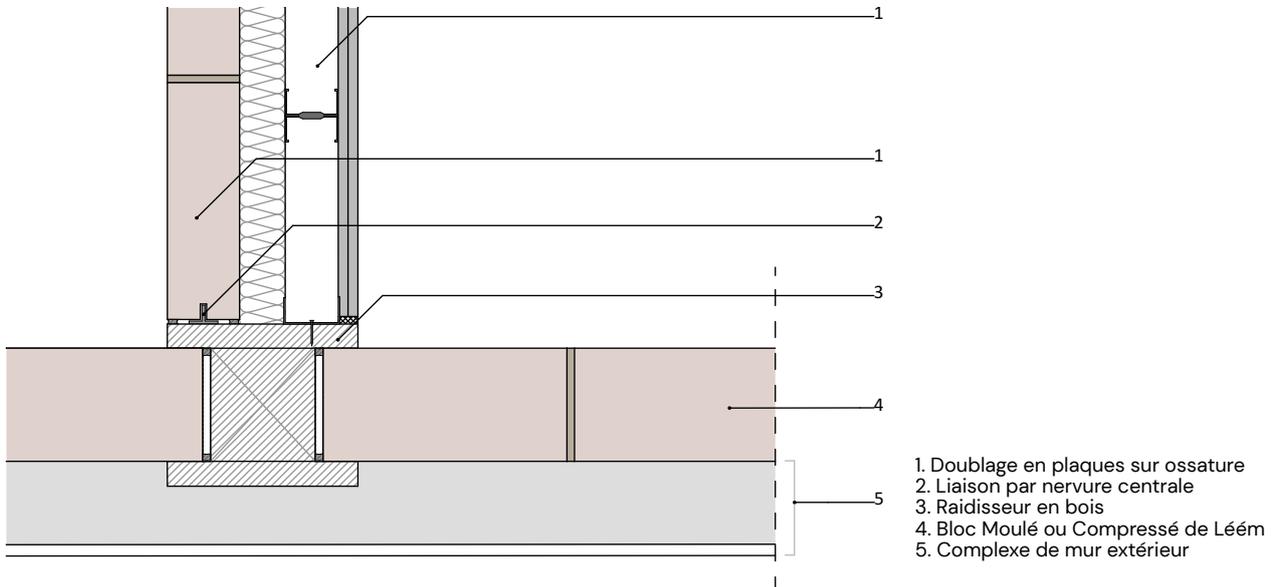
Détail en plan de liaison avec une cloison séparative en Bloc de Léém - 1/10e [4] p.36



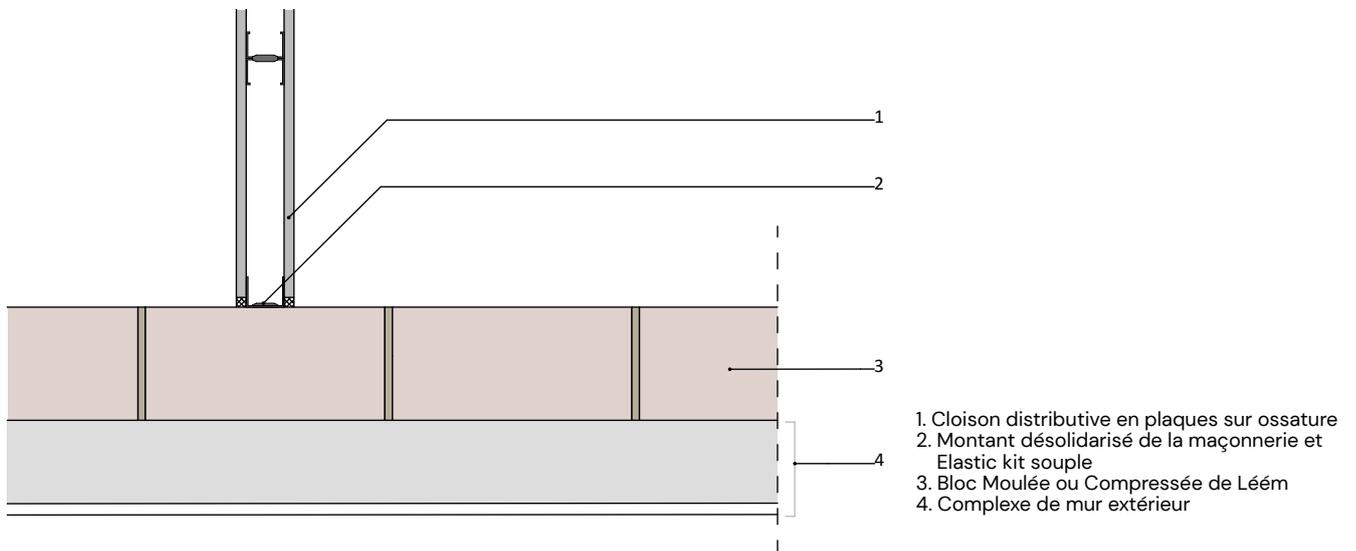
Détail en plan de jonction avec une cloison séparative en plaques sur ossature - 1/10e [4] p.37



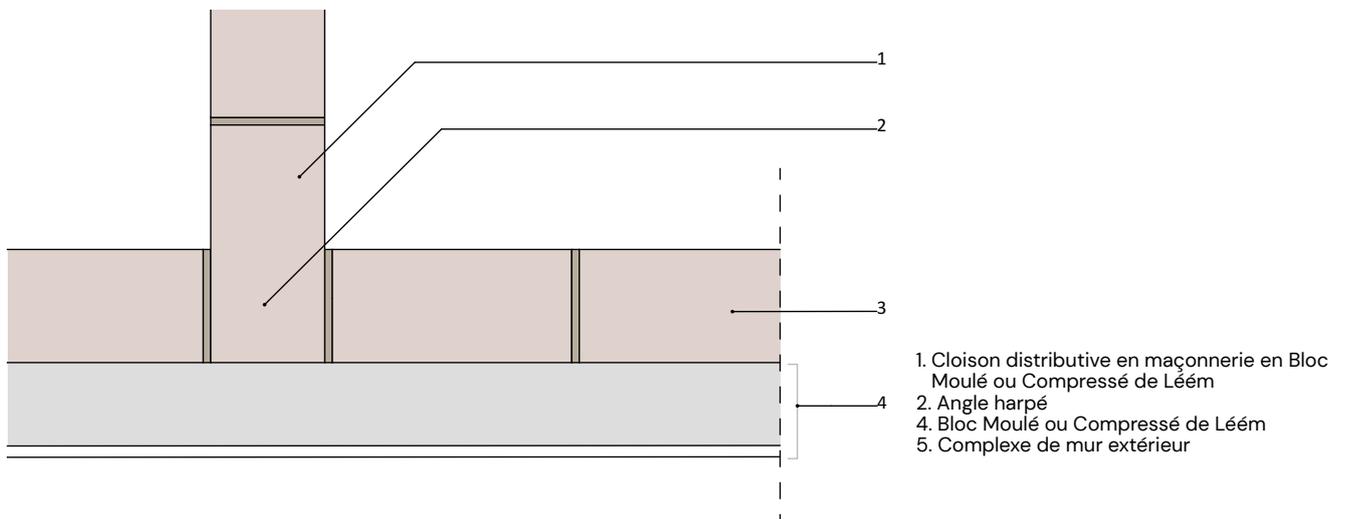
Détail en plan de jonction avec une cloison séparative mixte Blocs de Léém et plaques sur ossature - 1/10e [4] p.36



Détail en plan de jonction avec une cloison séparative en plaques sur ossature - 1/10e [4] p.37

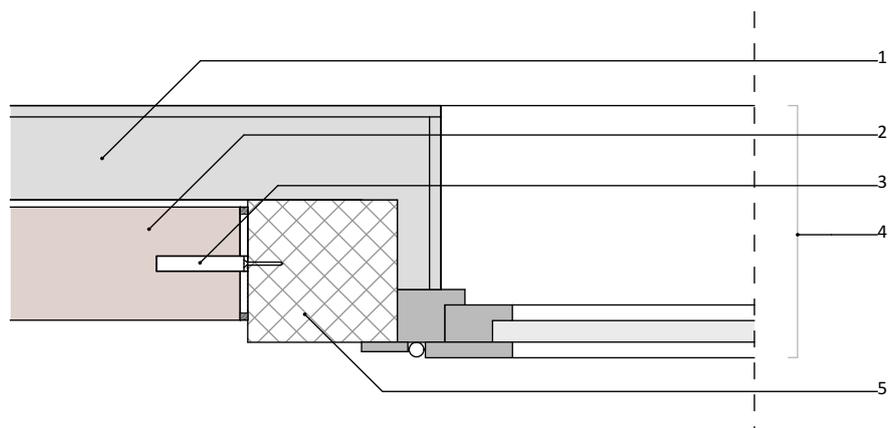


Détail en plan de jonction avec une cloison en Blocs de Léém par harpage des assises successives - 1/10e [4] p.36



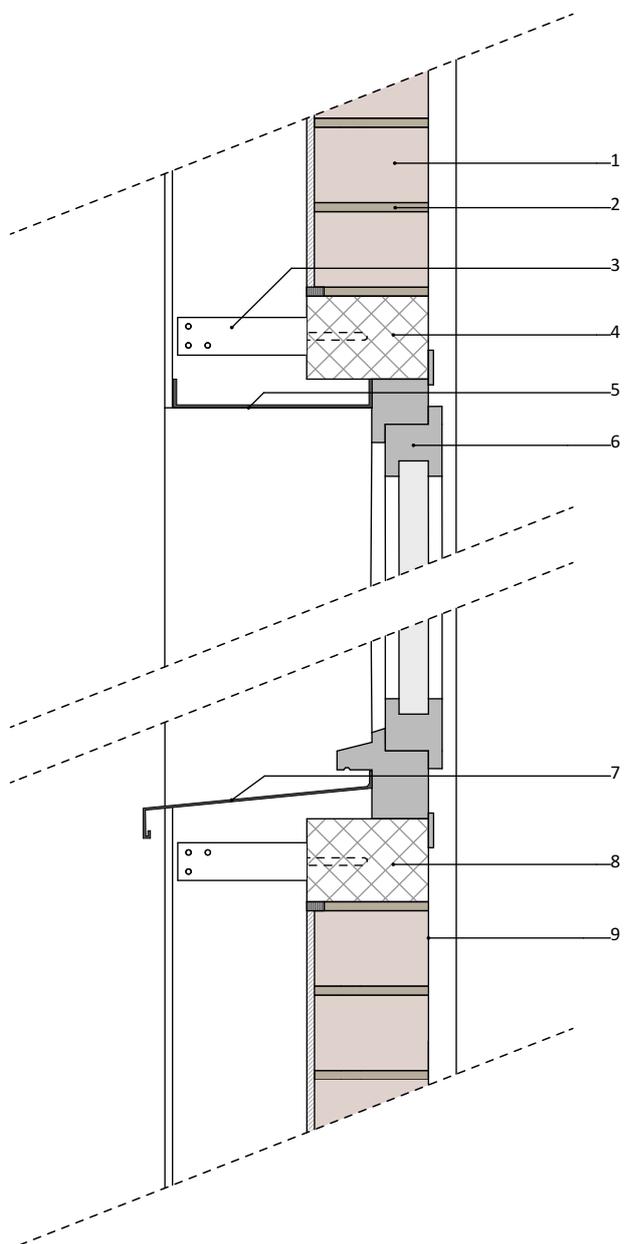
f. Raccord avec les menuiseries

Détail en plan du principe d'intégration de baies (cas A) - 1/10e [4] p.39



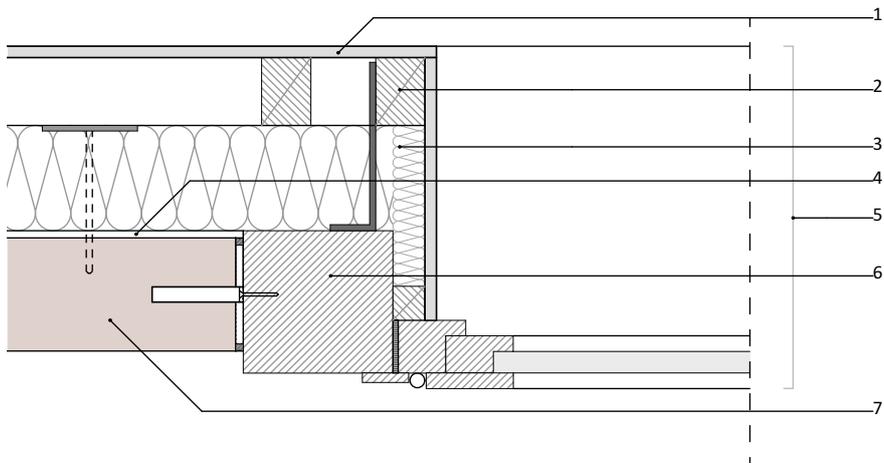
1. Isolation et parement
2. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Attache métallique
4. Menuiserie en tunnel dans l'ossature, y compris habillage isolé des tableaux de baies
5. Raidisseur

Détail en coupe du principe d'intégration de baies (cas A) - 1/10e [4] p.41



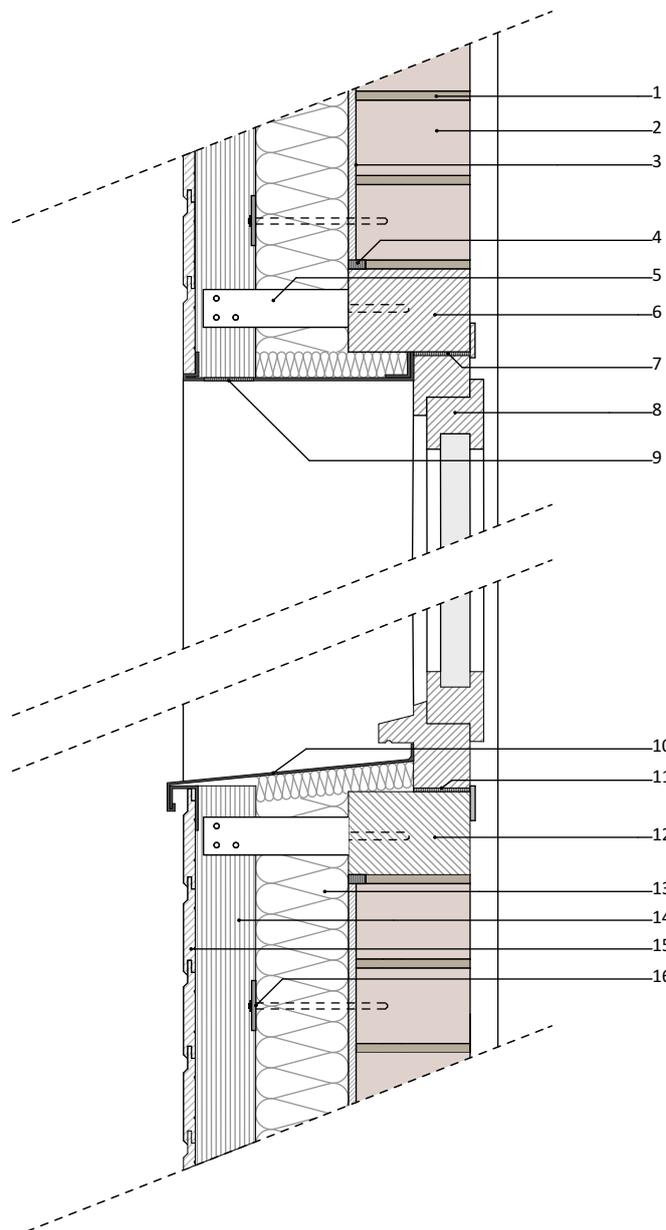
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Patte de fixation de l'ossature secondaire
4. Linteau
5. Tôle pliée
6. Menuiserie
7. Tôle pliée d'habillage
8. Appui de fenêtre
9. Allège en Bloc Compressé de Léém

Détail en plan du d'intégration de baies en ossature bois (cas A) - 1/10e [4] p.39



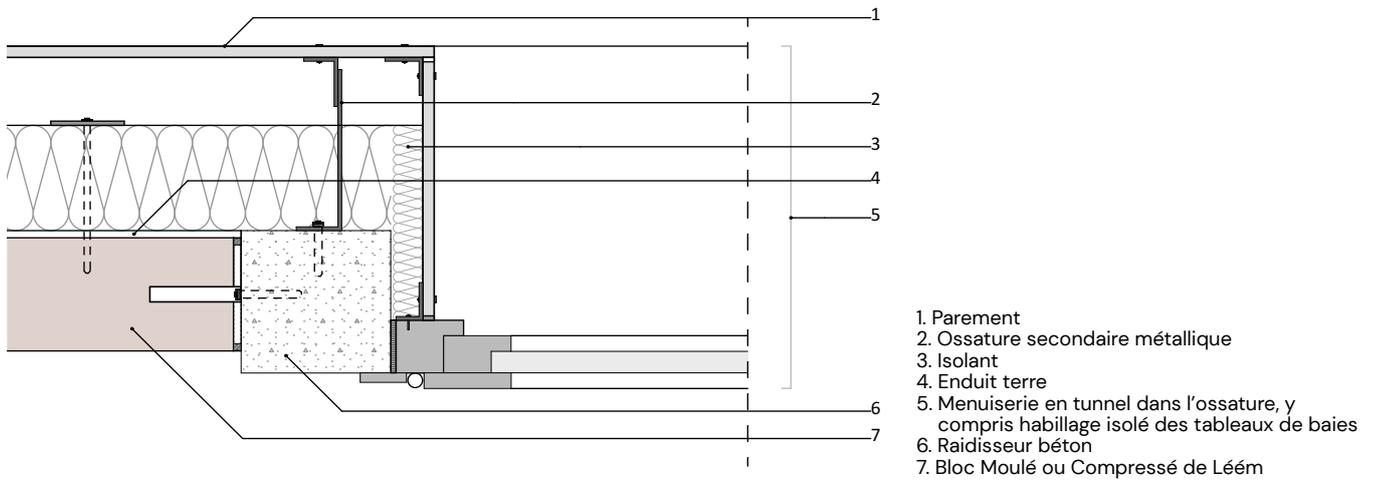
1. Parement
2. Ossature secondaire en bois
3. Isolant
4. Enduit terre
5. Menuiserie en tunnel dans l'ossature, y compris habillage isolé des tableaux de baies
6. Raidisseur bois
7. Bloc Moulé ou Compressé de Léém

Détail en coupe de l'intégration de baie en ossature bois (cas A) - 1/10e [4] p.41



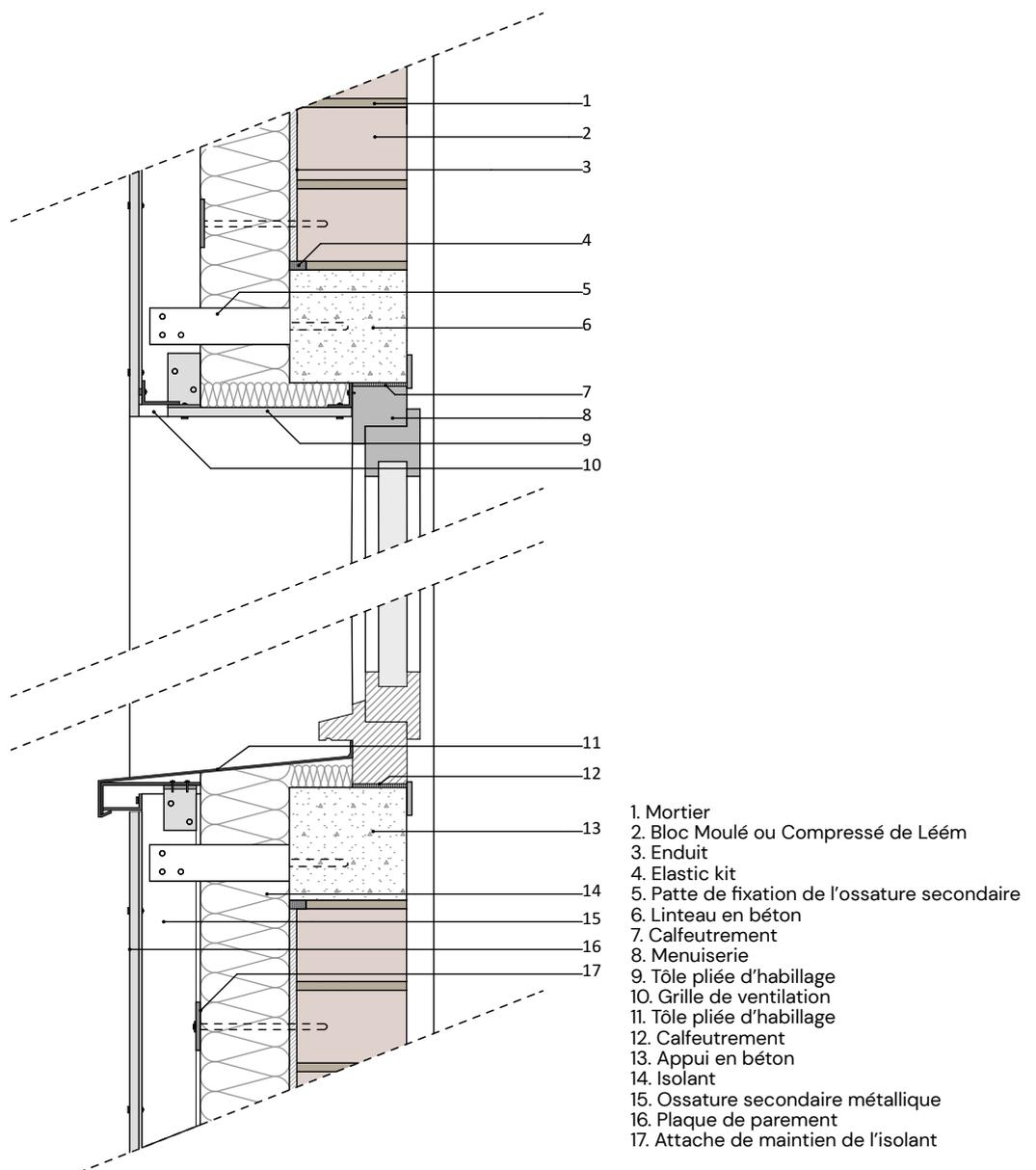
1. Mortier
2. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Enduit
4. Elastic kit
5. Patte de fixation de l'ossature secondaire
6. Linteau bois
7. Calfeutrement
8. Menuiserie
9. Grille de ventilation
10. Tôle pliée d'habillage
11. Calfeutrement
12. Appui en bois
13. Isolant
14. Ossature secondaire en bois
15. Bardage bois
16. Attache de maintien de l'isolant

Détail en plan du d'intégration de baies en ossature béton (cas A) - 1/10e [4] p.40



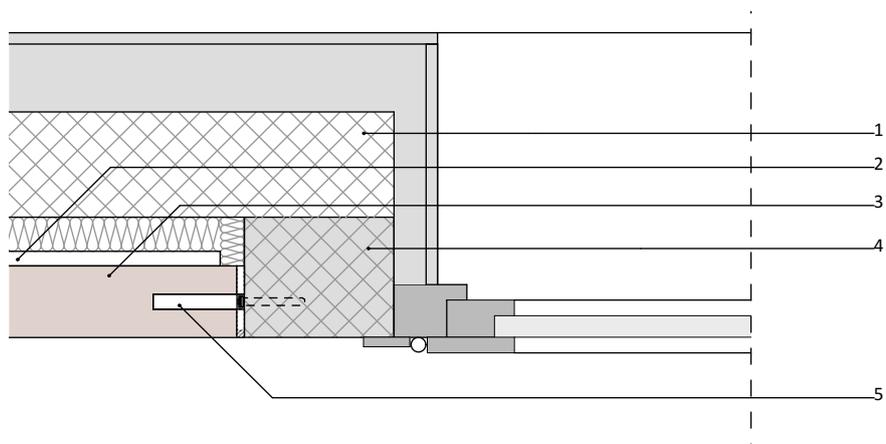
1. Parement
2. Ossature secondaire métallique
3. Isolant
4. Enduit terre
5. Menuiserie en tunnel dans l'ossature, y compris habillage isolé des tableaux de baies
6. Raidisseur béton
7. Bloc Moulé ou Compressé de Léém

Détail en coupe de l'intégration de baie en ossature béton (cas A) - 1/10e [4] p.42



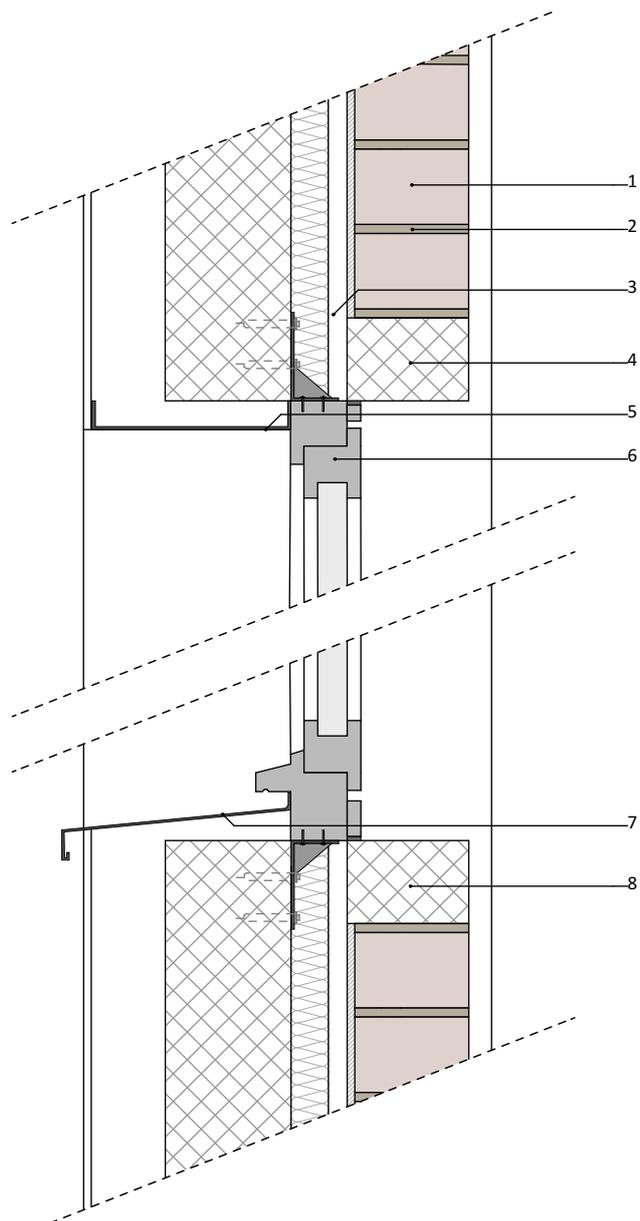
1. Mortier
2. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Enduit
4. Elastic kit
5. Patte de fixation de l'ossature secondaire
6. Linteau en béton
7. Calfeutrement
8. Menuiserie
9. Tôle pliée d'habillage
10. Grille de ventilation
11. Tôle pliée d'habillage
12. Calfeutrement
13. Appui en béton
14. Isolant
15. Ossature secondaire métallique
16. Plaque de parement
17. Attache de maintien de l'isolant

Détail en plan du principe d'intégration de baie (cas B) - 1/10e [4] p.40



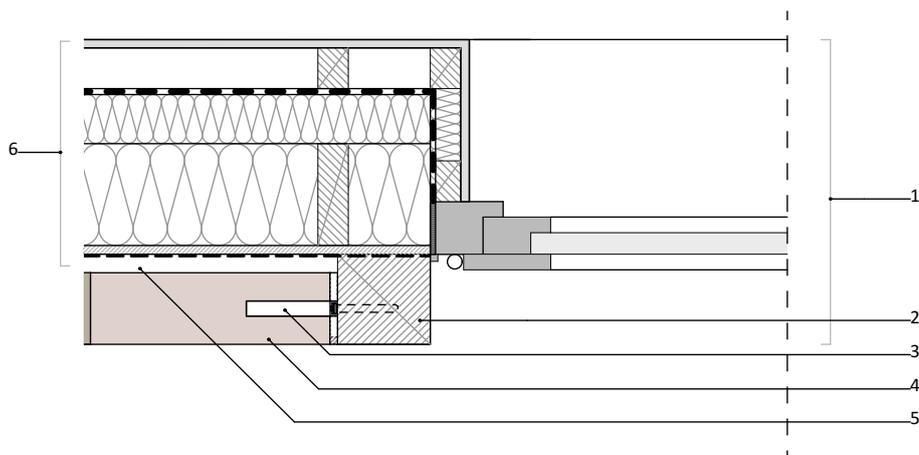
1. Complexe de mur intérieur
2. lame d'air
3. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
4. Attache métallique
5. Raidisseur

Détail en coupe du principe d'intégration de baie (cas B) - 1/10e [4] p.42



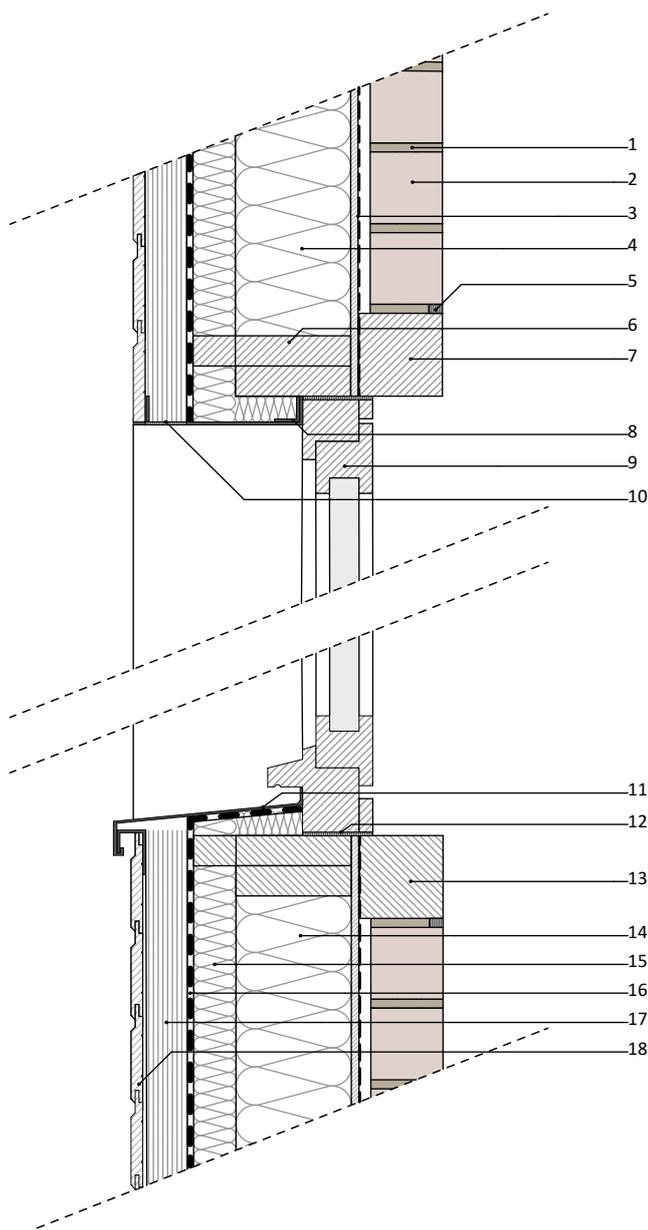
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. lame d'air
4. Linteau
5. Tôle pliée d'habillage
6. Menuiserie
7. Tôle pliée d'habillage
8. Appui de fenêtre

Détail en plan d'intégration de baie en ossature bois (cas B) - 1/10e [4] p.40



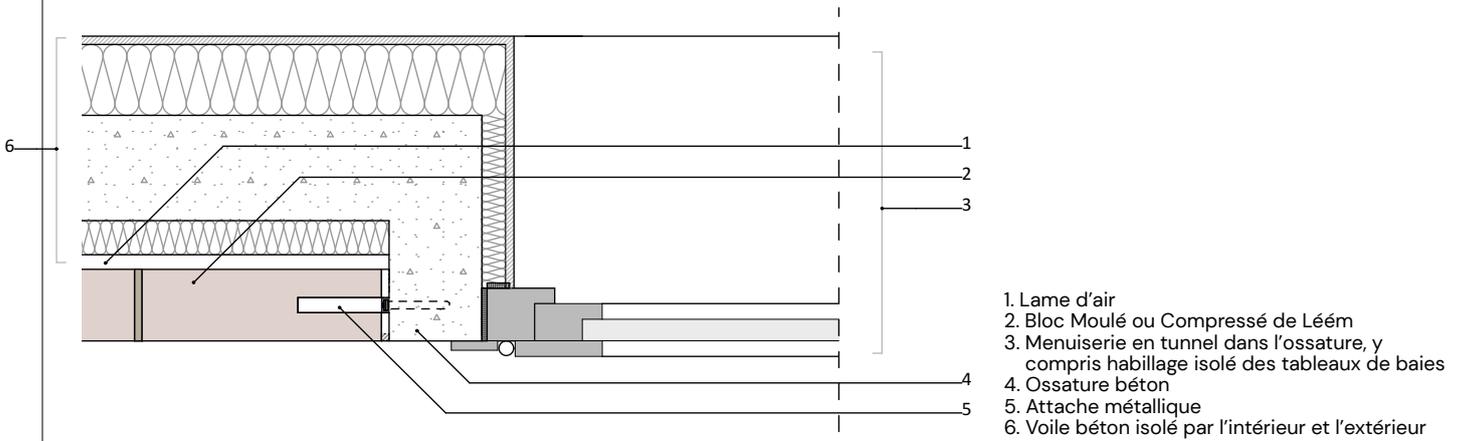
1. Menuiserie en tunnel dans l'ossature, y compris habillage isolé des tableaux de baies
2. Raidisseur bois
3. Attache métallique
4. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
5. Lame d'air
6. Mur ossature bois

Détail en coupe de l'intégration de baie en ossature bois (cas B) - 1/10e [4] p.43

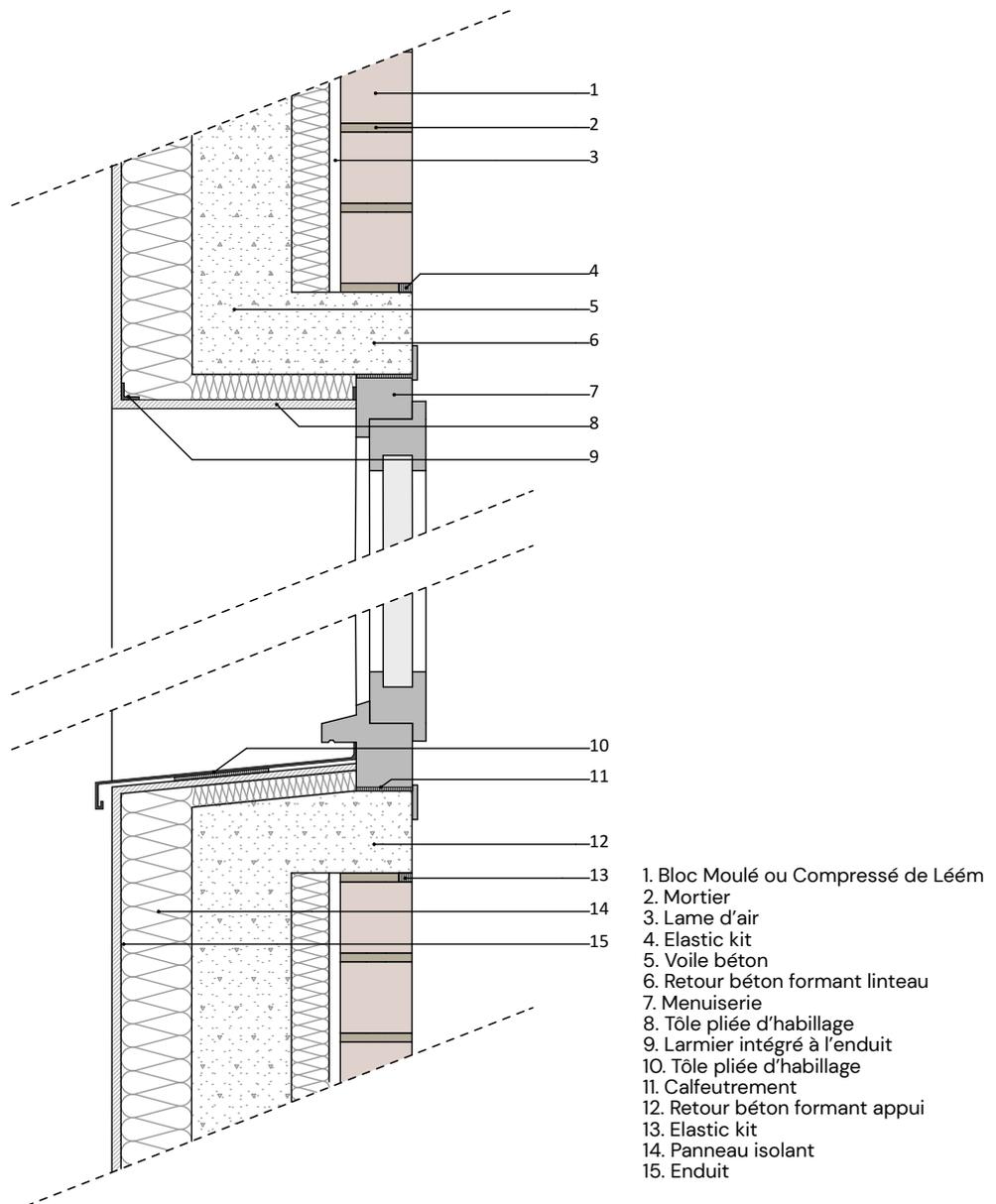


1. Mortier
2. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
3. Pare-vapeur
4. Isolant
5. Elastic kit
6. Ossature bois
7. Linteau bois
8. Tôle pliée d'habillage
9. Menuiserie
10. Grille de ventilation
11. Tôle pliée d'habillage
12. Calfeutrement
13. Appui de fenêtre en bois
14. Isolant
15. ITE complémentaire
16. Pare-pluie
17. Ossature secondaire en bois
18. Bardage bois

Détail en plan d'intégration de baie en ossature béton (cas B) - 1/10e [4] p.40

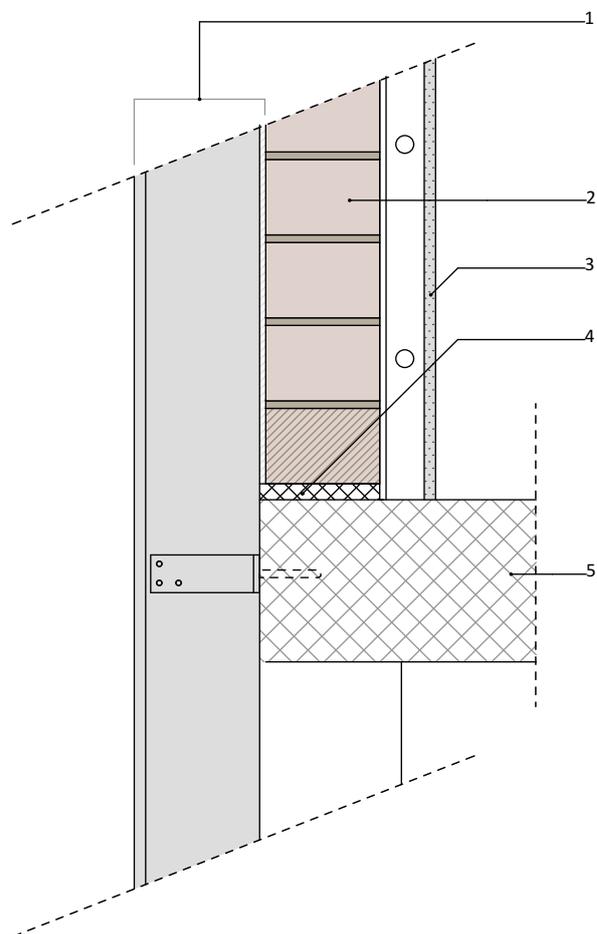


Détail en coupe de l'intégration de baie en ossature béton (cas B) - 1/10e [4] p.40



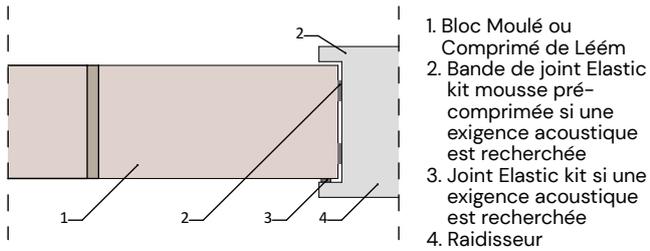
g. Doublage d'un mur de remplissage

Détail en coupe du principe de maçonnerie en Blocs de Léém avec doublage sur ossature - 1/10e [4] p.46

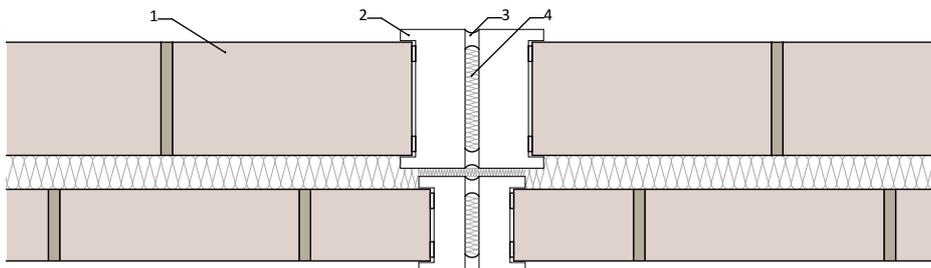
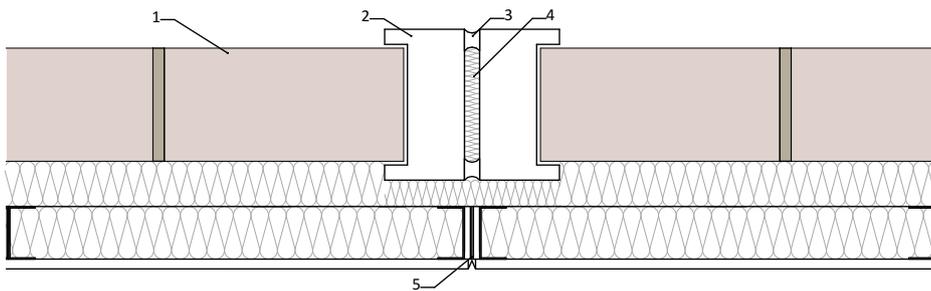
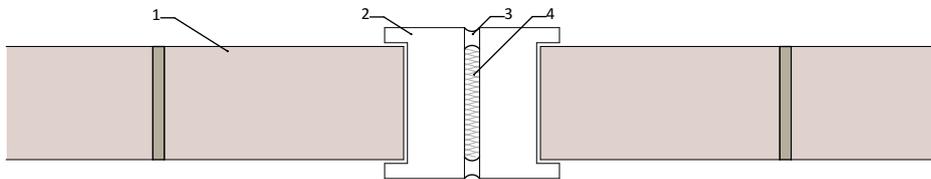


5.3.2 Mur de remplissage en refend

Interface non remplie de mortier entre maçonnerie de Léém et raidisseur en bois ou en métal - 1/10e [7] p.133



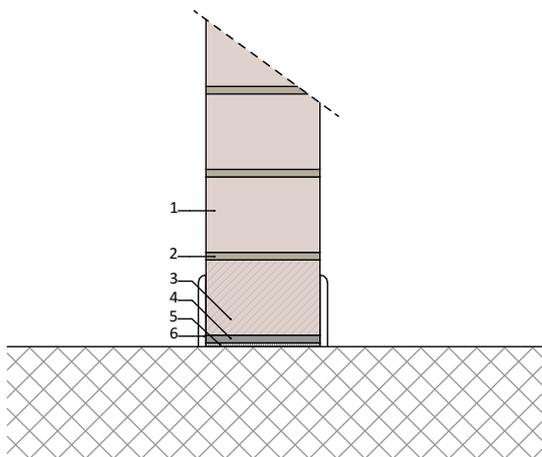
Détail en plan du prolongement d'un joint de retrait ou de dilatation dans la maçonnerie en Blocs de Léém - cloison simple / cloison doublée / cloison double - 1/10e [5] p.24



1. Bloc Moulé et Comprimé de Léém
2. Raidisseur
3. Laine minérale
4. Joint Elastic kit
5. Profilé de fractionnement

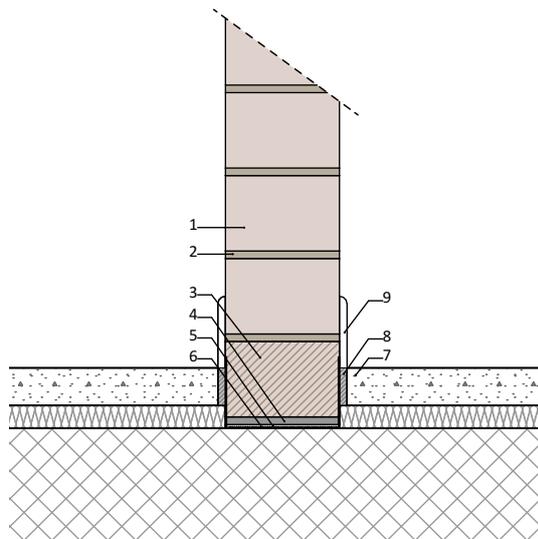
5.3.3 Paroi distributive : cloison simple

a. Pied de mur - raccord avec le plancher et les fondations



Coupe de la jonction sur sol fini - cloison simple / cloison double / cloison doublée - 1/10e [5] p. 27

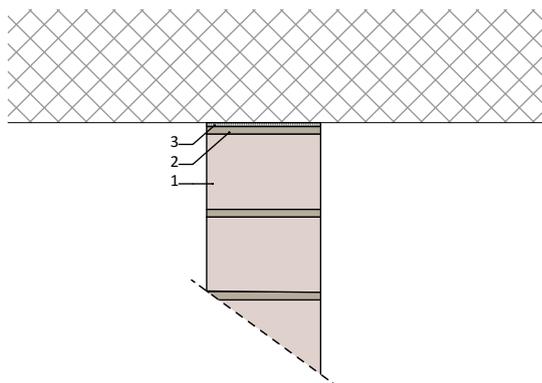
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire ...)
4. Mortier sable-ciment (ép. min 2cm)
5. Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
6. Plinthe



Coupe de la jonction avec chape flottante - cloison simple / cloison double / cloison doublée - 1/10e [5] p.28

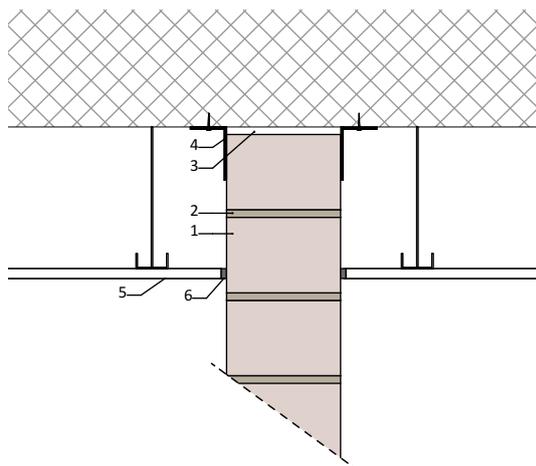
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire ...)
4. Mortier sable-ciment (ép. min 2cm)
5. Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
6. Barrière d'étanchéité dépassant au min 2cm au-dessus du sol fini
7. Chape flottante réalisée après la cloison
8. Calfeutrement périphérique
9. Plinthe

b. Tête de mur – raccord avec le plancher supérieur



Coupe de la jonction avec le plafond – cloison simple – 1/10e [5] p. 25

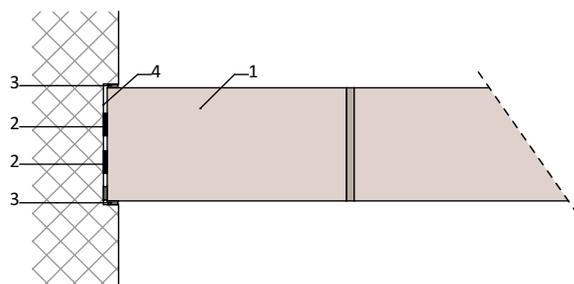
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Éventuelle bande de désolidarisation (ép. 5mm)



Coupe de la jonction par cornières avec faux plafond – cloison simple – 1/10e [5] p.26

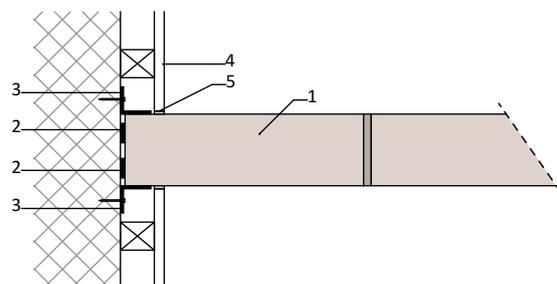
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Vide ou bourrage à la laine de bois ou au mortier terre avec une éventuelle bande résiliente si une performance acoustique est recherchée
4. Cornière acier ou latte en bois fixée au gros oeuvre
5. Faux plafond
6. Joint souple

c. Jonction avec une paroi de nature différente



Détail en plan de la jonction avec un mur de nature différente – cloison simple – 1/10e [5] p. 28

1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Bande de joint mousse pré-comprimée si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
3. Joint Elastic kit si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
4. Réserve dans le mur béton

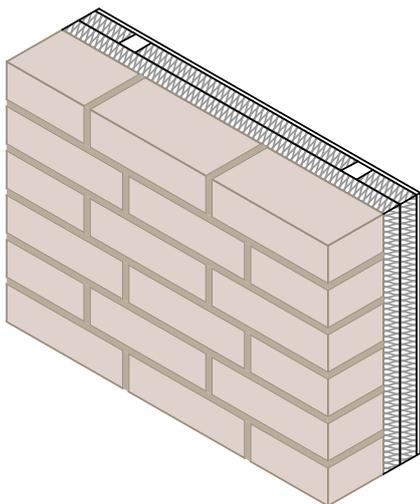


Détail en plan de la jonction avec un mur de nature différente – cloison simple – 1/10e [5] p. 28

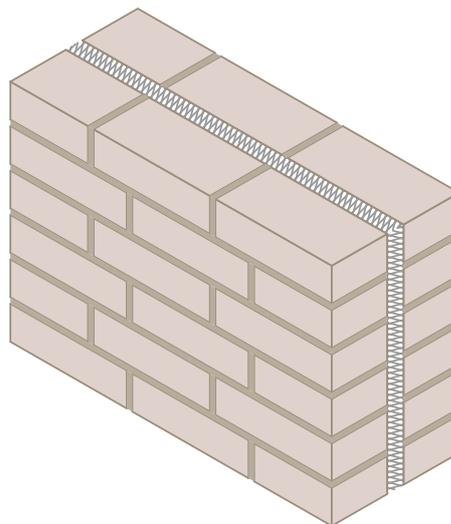
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Bande de joint mousse pré-comprimée si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
3. Cornières fixées au gros oeuvre
4. Doublage du mur de nature différente
5. Joint souple

5.3.4 Paroi séparative : cloison double et cloison doublée

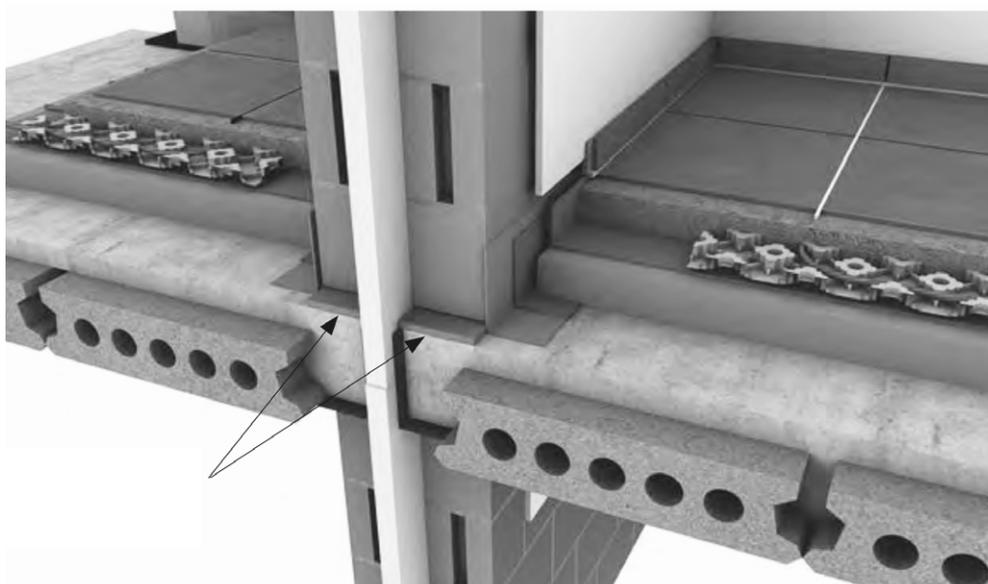
a. Composition du mur



Exemple de cloison doublée avec maçonnerie de Léém [5] p. 5



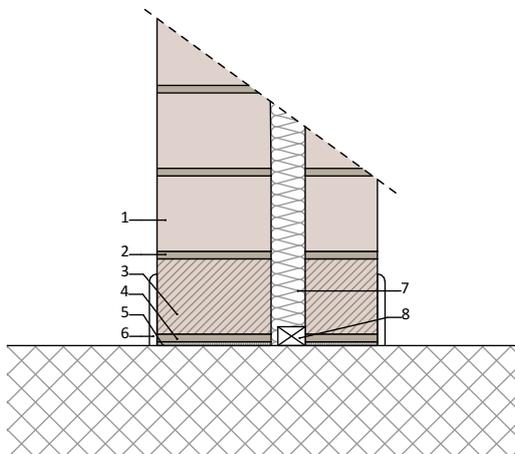
Exemple de cloison double avec maçonnerie de Léém [5] p. 5



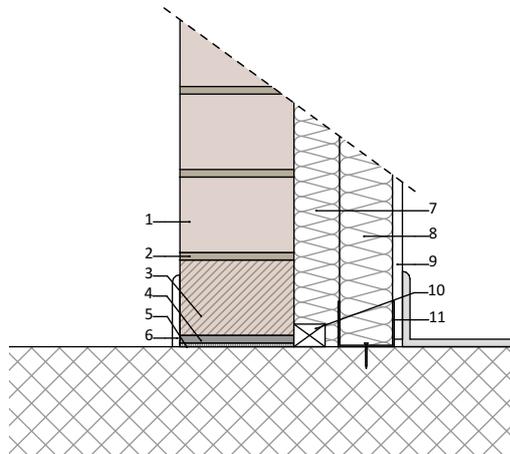
Détail de raccord d'une structure mi-lourde avec bandes acoustiques murales [6] p. 47

b. Pied de mur – raccord avec le plancher et les fondations

Coupe de la jonction sur sol fini pour une performance acoustique améliorée – cloison double / cloison doublée 1/10e [5] p. 27

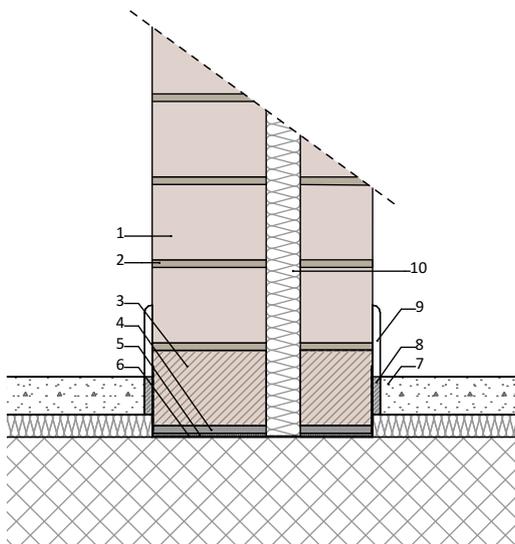


1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
4. Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
6. Plinthe
7. Isolant
8. Tasseau en bois fixé sur gros-oeuvre

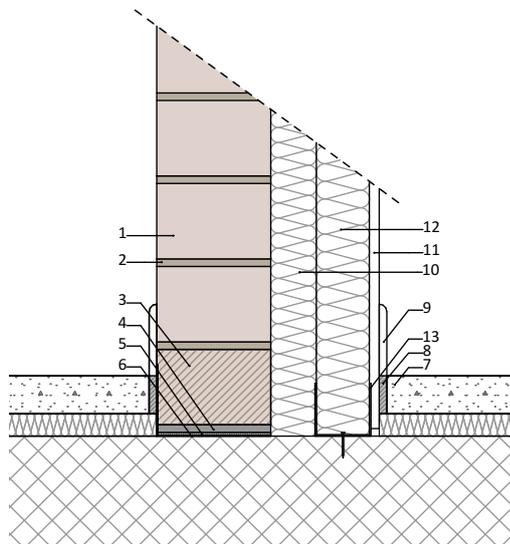


1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
4. Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
6. Plinthe
7. Isolant
8. Montant d'ossature coulissant dans le rail de sol
9. Parement en plaques de plâtre
10. Tasseau en bois fixé sur gros-oeuvre
11. Rail fixé au sol

Coupe de la jonction avec chape flottante – cloison double / cloison doublée 1/10e [5] p. 28



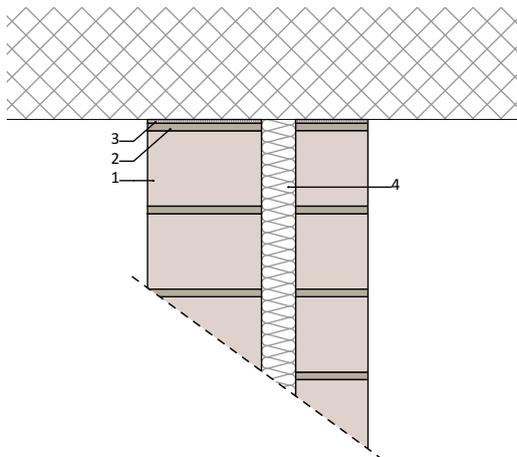
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
4. Mortier sable-ciment (ép. min 2cm)
5. Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
6. Barrière d'étanchéité dépassant au min 2cm au dessus du niveau sol fini
7. Chape flottante réalisée après la cloison
8. Calfeutrement périphérique
9. Plinthe
10. Isolant



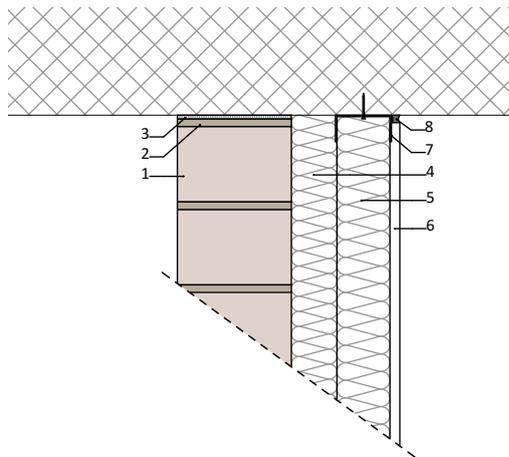
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Bloc résistant à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
4. Mortier sable-ciment (ép. min 2cm)
5. Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
6. Barrière d'étanchéité dépassant au min 2cm au dessus du niveau sol fini
7. Chape flottante réalisée après la cloison
8. Calfeutrement périphérique
9. Plinthe
10. Isolant
11. Parement en plaques de plâtre
12. Montant d'ossature coulissant dans le rail de sol

c. Tête de mur - raccord avec le plancher supérieur

Coupe de la jonction avec le plafond - cloison double / cloison doublée 1/10e [5] p. 25

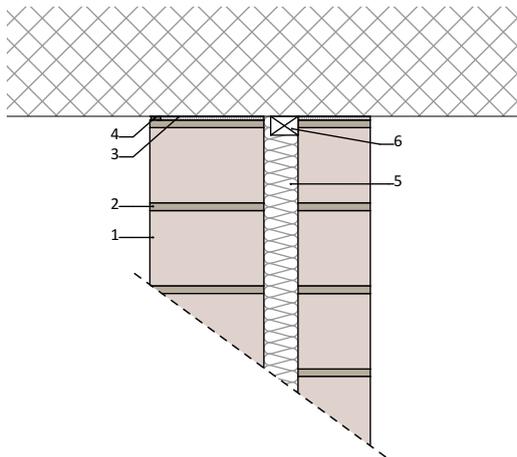


1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Éventuelle bande de désolidarisation (ép. 5mm)
4. Isolant

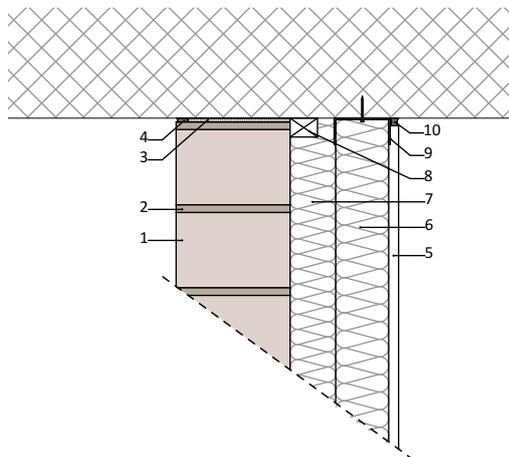


1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Éventuelle bande de désolidarisation (ép. 5mm)
4. Isolant
5. Montant d'ossature coulissant dans le rail de plafond
6. Parement en plaques de plâtre
7. Rail fixé au plafond
8. Joint souple

Coupe de la jonction avec le plafond pour une performance acoustique améliorée - cloison double / cloison doublée 1/10e [5] p. 25



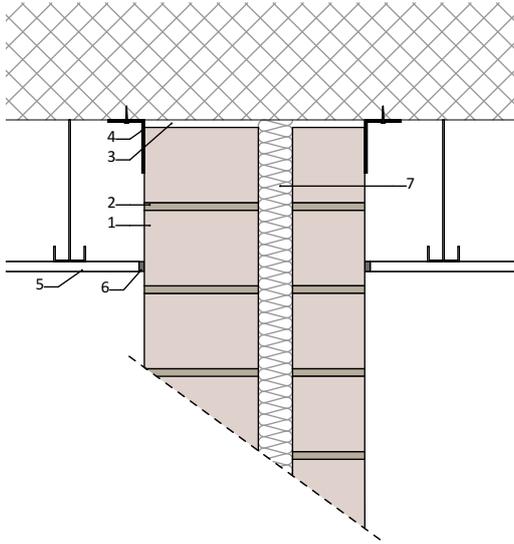
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Éventuelle bande de désolidarisation (ép. 5mm)
4. Joint Elastic kit
5. Isolant
6. Tasseau en bois fixé au gros oeuvre



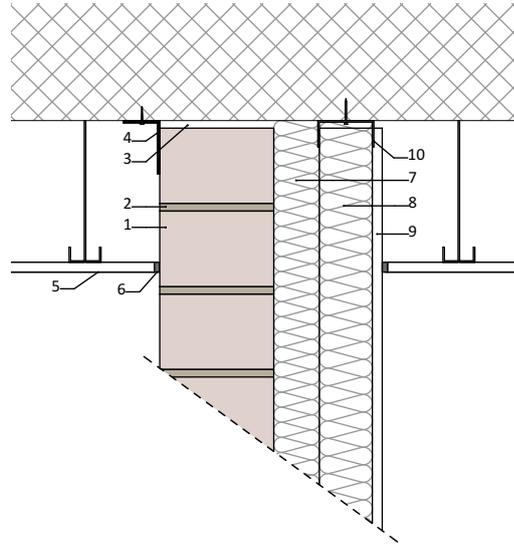
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Éventuelle bande de désolidarisation (ép. 5mm)
4. Joint Elastic kit
5. Parement en plaques de plâtre
6. Montant d'ossature coulissant dans le rail de plafond
7. Isolant
8. Tasseau en bois fixé au gros oeuvre
9. Rail fixé au plafond
10. Joint souple

c. Tête de mur – raccord avec le plancher supérieur

Coupe de la jonction par des cornières avec faux plafond – cloison double / cloison doublée 1/10e [5] p. 26



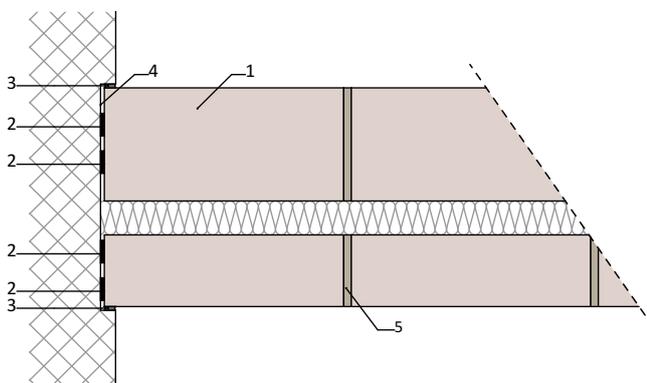
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Vide ou bourrage à la laine de bois ou au mortier terre avec une éventuelle bande résiliente si une performance acoustique est recherchée
4. Cornière acier ou latte en bois fixée au gros oeuvre
5. Faux plafond
6. Joint souple



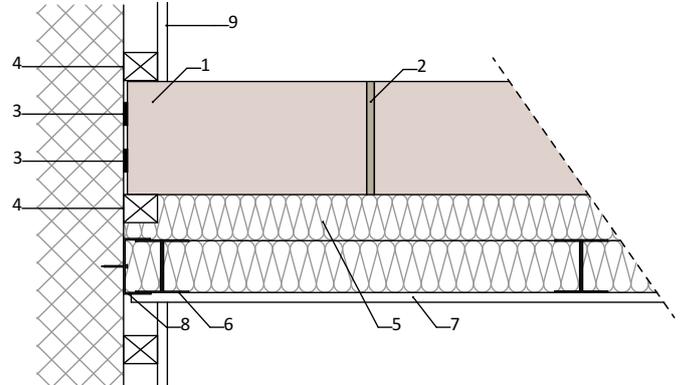
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Vide ou bourrage à la laine de bois ou au mortier terre avec une éventuelle bande résiliente si une performance acoustique est recherchée
4. Cornière acier ou latte en bois fixée au gros oeuvre
5. Faux plafond
6. Joint souple
7. Isolant
8. Montant d'ossature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

d. Jonction avec une paroi de nature différente

Détails en plan de la jonction avec un mur de nature différente – cloison double / cloison doublée 1/10e [5] p. 29



1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Bande de joint mousse pré-comprimée si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
3. Joint Elastic kit si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
4. Réserve dans le mur béton

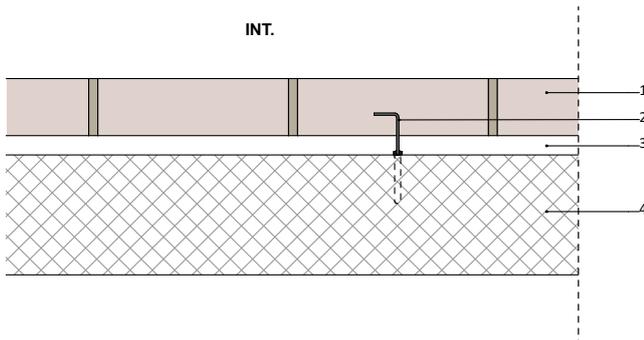


1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Bande de joint mousse pré-comprimée si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
3. Joint Elastic kit si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
4. Tasseau fixé au gros oeuvre
5. Isolant
6. Montant d'ossature coulissant dans le rail fixé au mur
7. Parement en plaques de plâtre
8. Rail fixé au mur
9. Doublage du mur de nature différente

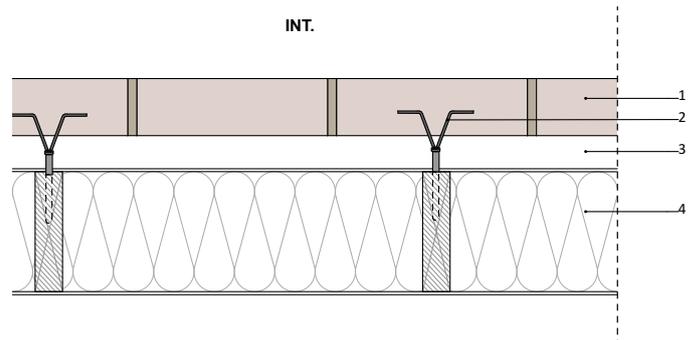
5.3.5 Mur de parement intérieur

a. Composition du mur

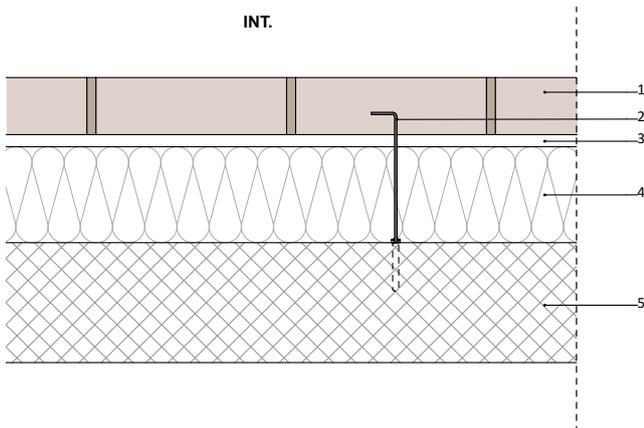
Schémas de principe en plan du parement maçonné en Blocs de Léém [3] p.5



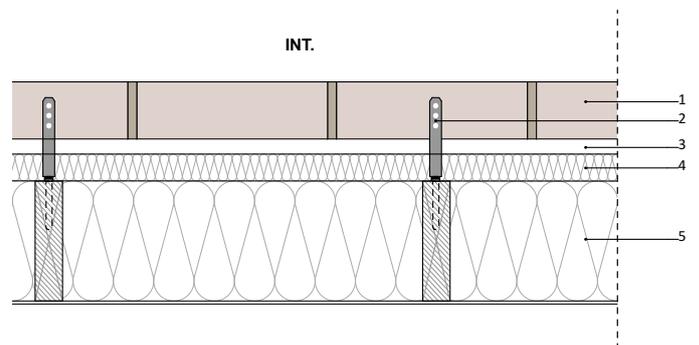
1. Parement en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache de liaison métallique
3. lame d'air
4. Mur support, éventuellement doublé d'un isolant thermique extérieur



1. Parement en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache de liaison métallique
3. lame d'air
4. Mur support en ossature bois, éventuellement doublé d'un isolant thermique extérieur

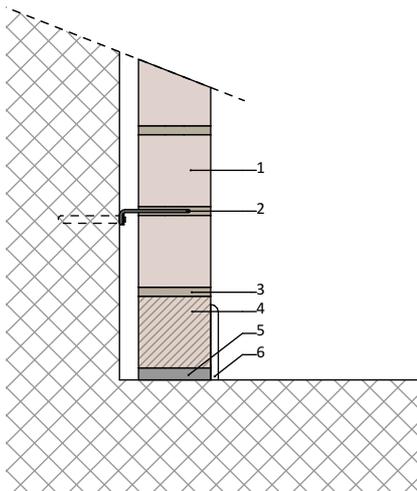


1. Parement en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache de liaison métallique
3. lame d'air
4. Isolant thermique intérieur
5. Mur support, éventuellement doublé d'un isolant thermique extérieur



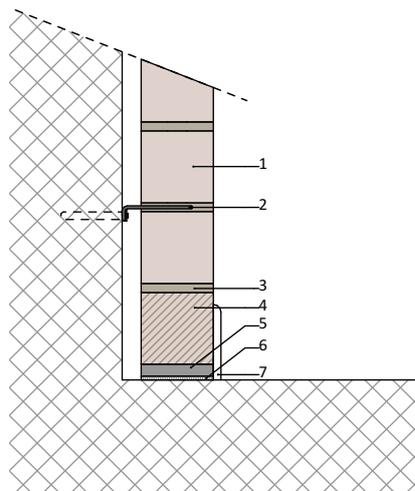
1. Parement en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache de liaison métallique
3. lame d'air
4. Isolant thermique intérieur
5. Mur support en ossature bois, éventuellement doublé d'un isolant thermique extérieur

b. Pied de mur – raccord avec le plancher



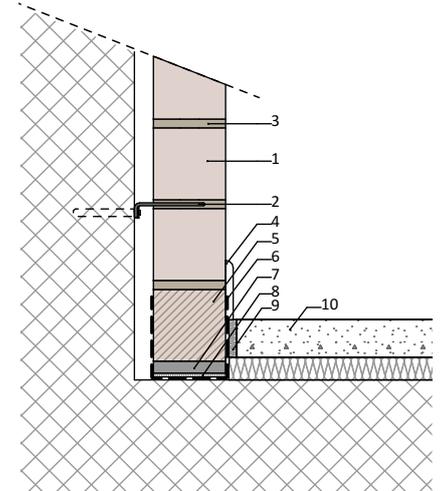
Coupe de la jonction sur sol fini - 1/10e [3] p.22

1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache métallique
3. Mortier
4. Bloc résistance à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
5. Mortier à base de liant hydraulique
6. Plinthe



Coupe de la jonction sur sol fini (avec bande de désolidarisation) - 1/10e [3] p.22

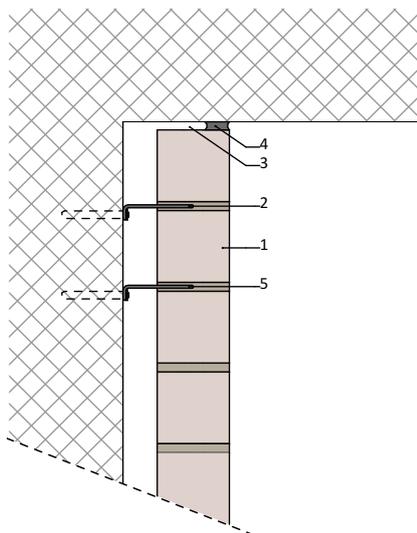
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache métallique
3. Mortier
4. Bloc résistance à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
5. Mortier à base de liant hydraulique
6. Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
7. Plinthe



Coupe de la jonction avec chape flottante - 1/10e [3] p.22

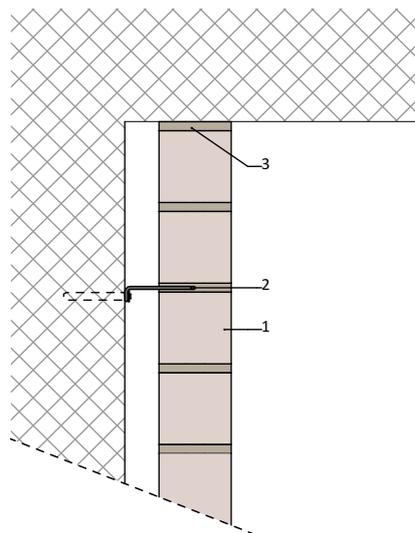
1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache métallique
3. Mortier
4. Plinthe
5. Bloc résistance à l'eau (Bloc Compressé de Léém, bloc silico-calcaire...)
6. Mortier à base de liant hydraulique
7. Bande de désolidarisation (ép. 5-10mm)
8. Filme d'étanchéité dépassant au min 2cm au-dessus du sol fini
9. Bande de désolidarisation
10. Chape flottante

c. Tete de mur – raccord avec le plafond



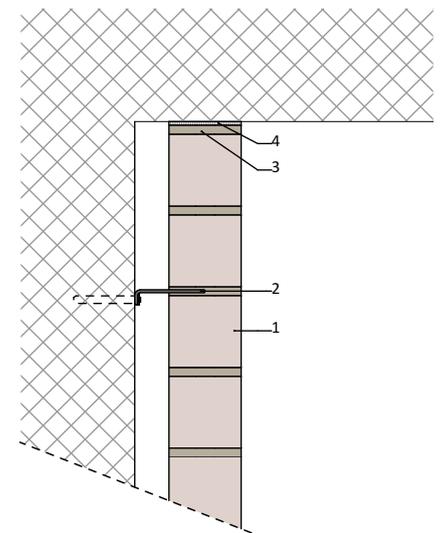
Coupe de la jonction avec vide en tête de parement - 1/10e [3] p.23

1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache métallique de renforcement de la tête de parement
3. Vide
4. Elastic kit
5. Attache métallique disposée en quinconce avec l'attache 3



Coupe de la jonction avec mortier en tête de parement - 1/10e [3] p.23

1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache métallique de renforcement de la tête de parement
3. Mortier

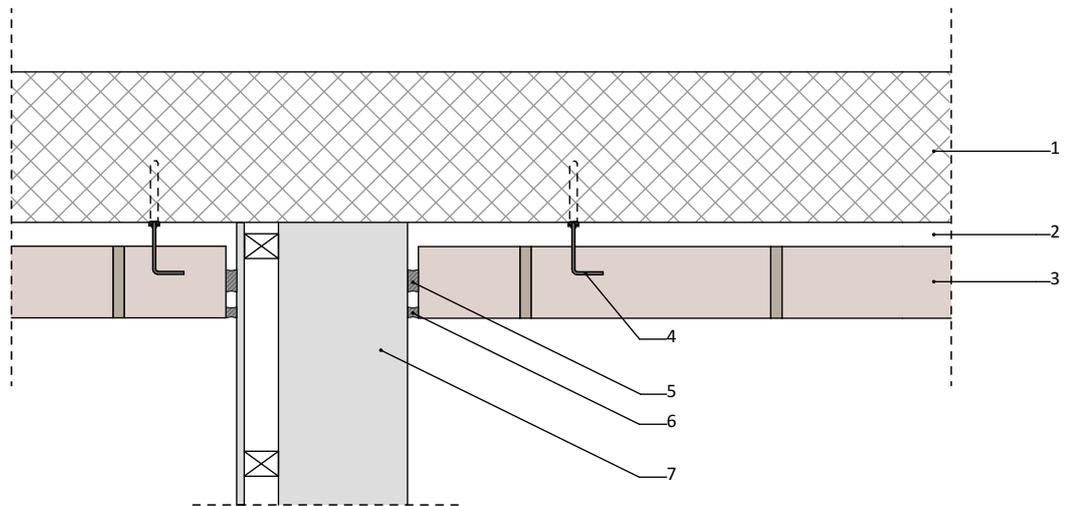


Coupe de la jonction avec une bande de désolidarisation en tête de parement - 1/10e [3] p.24

1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Attache métallique de renforcement de la tête de parement
3. Mortier
4. Bande de désolidarisation

d. Jonction entre parement et paroi de nature différente

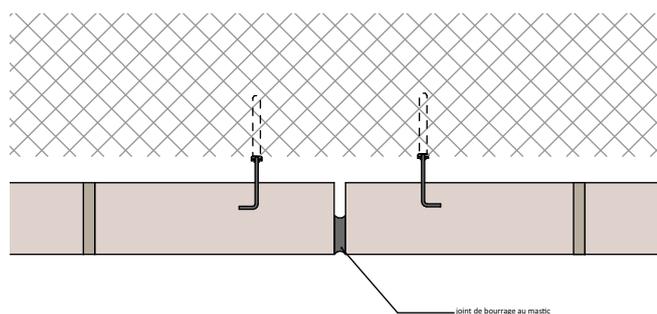
Détail en plan de la jonction désolidarisée avec une paroi verticale perpendiculaire - 1/10e [3] p.24



1. Mur support
2. lame d'air
3. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
4. Attache métallique
5. Eventuelle bande pré-comprimée
6. Eventuel cordon de Elastic kit
7. Mur de refends

e. Jonction entre parements

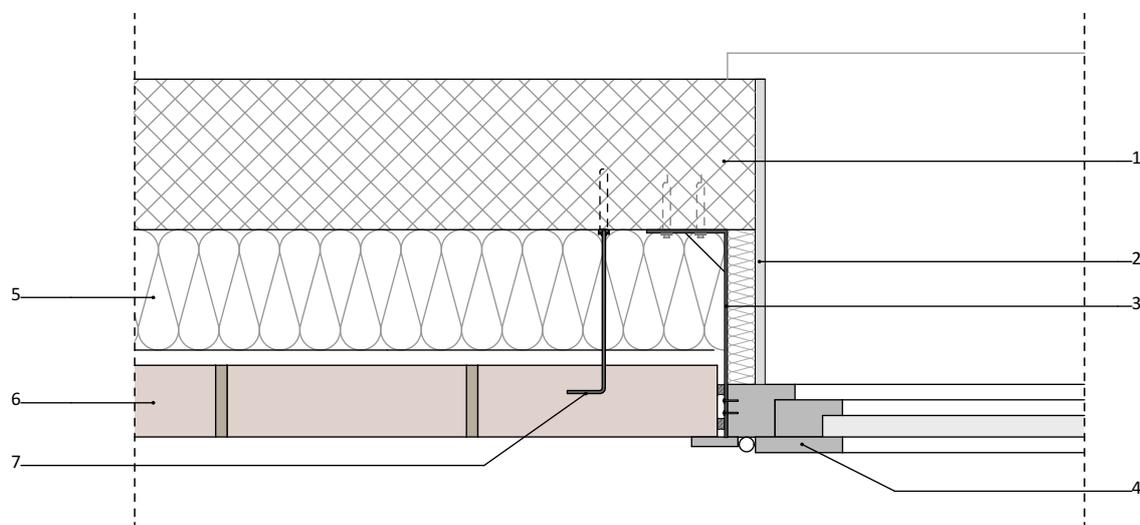
Exemple en plan de traitement du joint de fractionnement - 1/10e [3] p.24



Joint de bourrage au Elastic

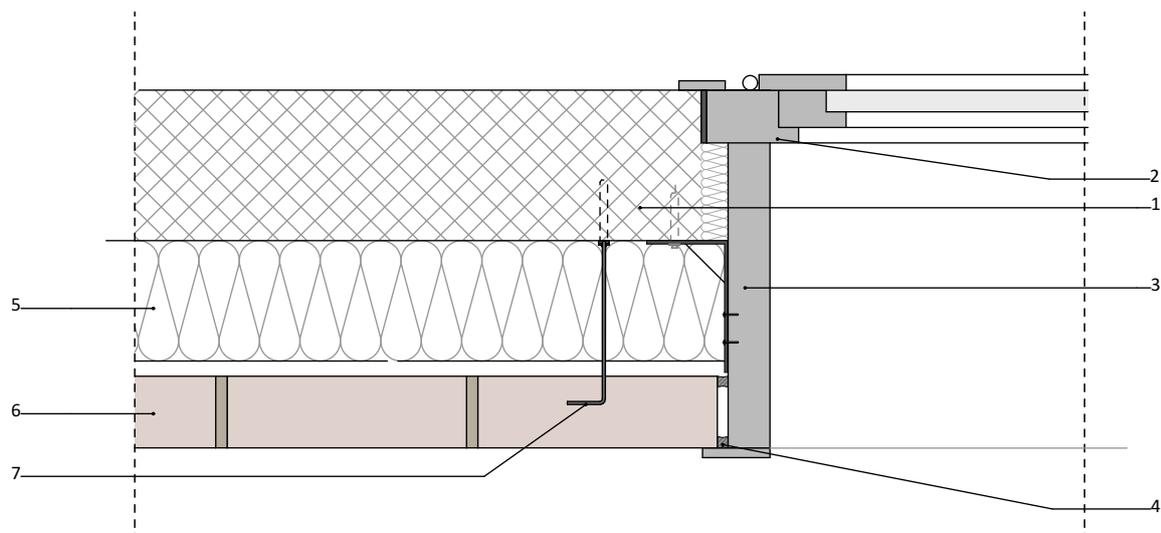
e. Raccord avec menuiseries

Coupe d'intégration avec menuiserie au nu intérieur du parement (avec fixation dans le mur support d'équerre) - 1/10e [3] p.29

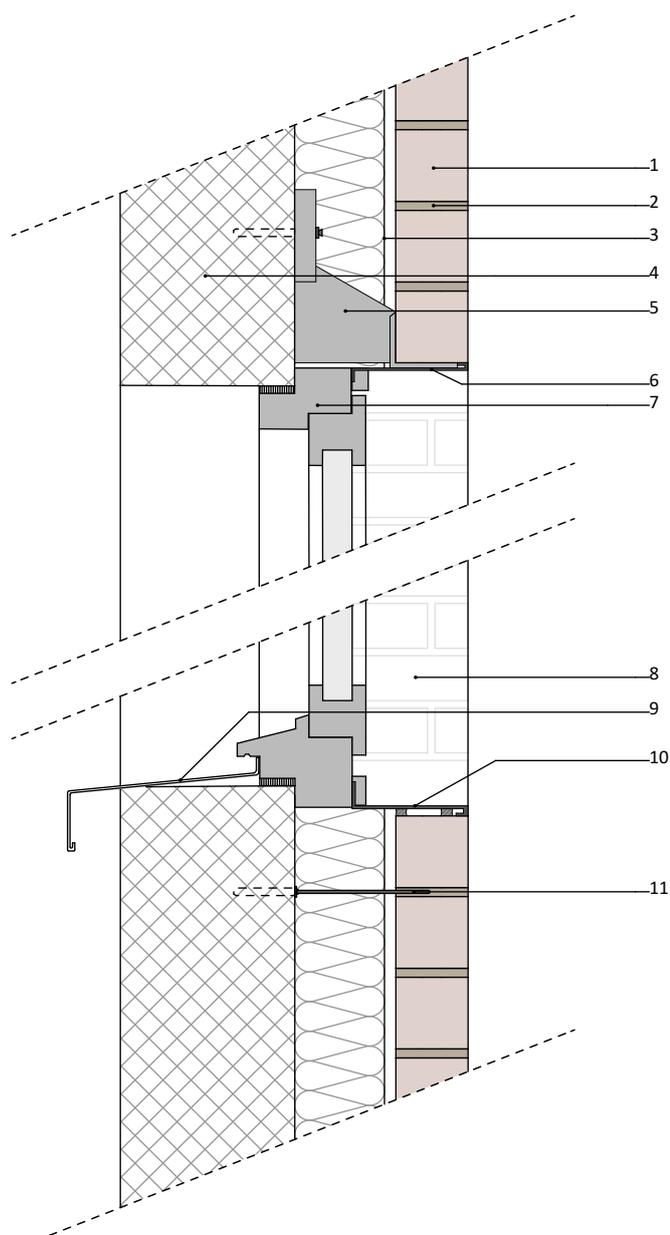


1. Mur support
2. Habillage isolé du tableau et tapée d'isolation
3. Equerre de fixation de la menuiserie
4. Menuiserie au nu intérieur du parement, liée au mur support par des équerres de fixation + Elastic kit souple et couvre joint pour traitement de la jonction avec le parement en Bloc Moulé ou Compressé de Léém
5. Lame d'air + isolation
6. Bloc Moulé ou Comprimé de Léém
7. Attache de liaison métallique

Coupe d'intégration avec menuiserie au nu extérieur du mur support - 1/10e [3] p.29

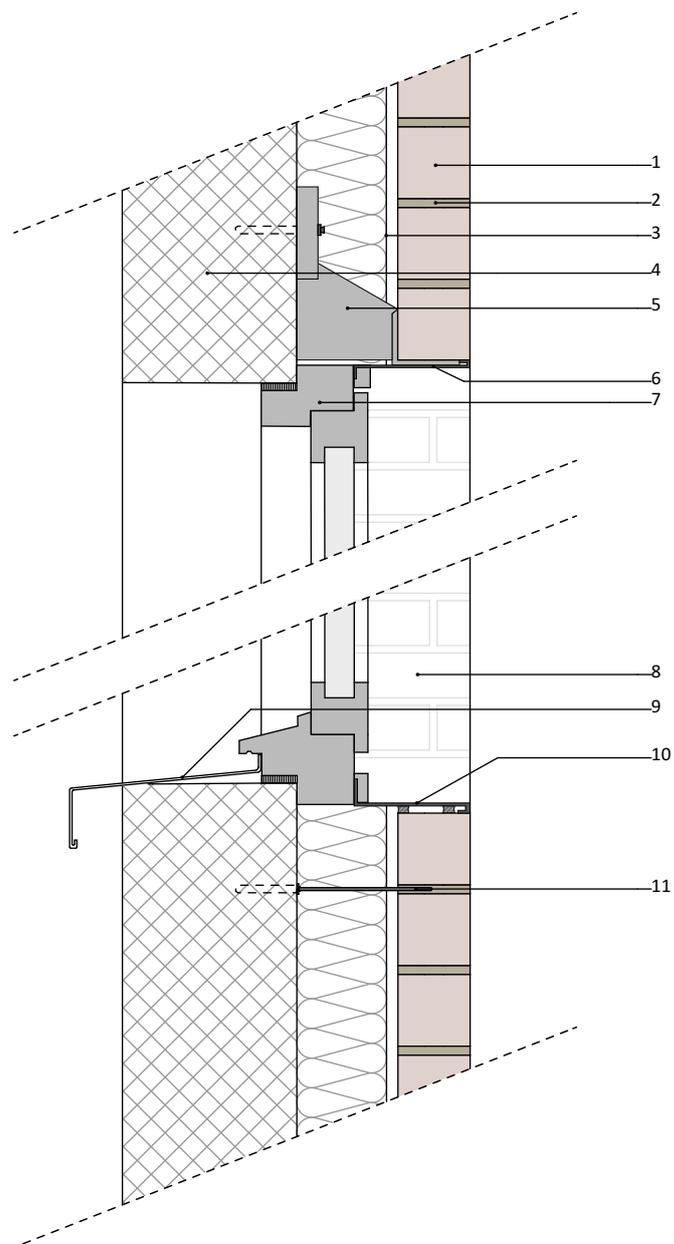


1. Mur support
2. Menuiserie en tunnel sur mur support
3. Habillage du tableau + équerre de fixation au mur support
4. Elastic kit souple + couvre joint
5. Lame d'air + isolation
6. Bloc Moulé ou Comprimé de Léém
7. Attache de liaison métallique



Coupe d'un mur avec ITI - linteau et allège prolongés dans le parement - menuiserie au nu intérieur du parement (avec fixation dans le mur support par équerre) - 1/10e [3] p.30

1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Attache de liaison métallique
4. Linteau béton ou bois + Elastic kit souple en sous face et couvre joint
5. Mur support
6. Menuiserie au nu intérieur du parement, liée au mur support par des équerres de fixation
7. Bavette métallique de traitement de l'appui de baie
8. Equerre de fixation de la menuiserie
9. Appui béton ou bois + Elastic kit souple et couvre joint



Coupe d'un mur avec ITI - linteau et allège qui ne se prolongent pas dans le parement - menuiserie en applique sur le support - 1/10e [3] p.30

1. Bloc Moulé ou Compressé de Léém
2. Mortier
3. Isolation + lame d'air
4. Mur support
5. Console de support du linteau
6. Tôle pliée d'habillage du linteau
7. Menuiserie en applique sur le mur support
8. Jambage en parement en Bloc Moulé ou Compressé
9. Bavette métallique de traitement de l'appui de baie
10. Tôle pliée d'habillage de l'appui + Elastic kit souple
11. Attache de liaison métallique

6.

Bibliographie

- [1] Confédération de la construction en terre crue, *Guide des bonnes pratiques: Briques de terre*, Octobre 2020.
- [2] CSTB, and Briques Technic Concept, *ATEX A 2957 Murs porteurs*, Octobre 2021
- [3] CSTB, and SCIC Cycle Terre, *ATEX A 2991 Parement intérieur*, Février 2022
- [4] CSTB, and SCIC Cycle Terre, *ATEX A 2990 Maçonnerie de remplissage*, Mai 2022
- [5] CSTB, and SCIC Cycle Terre, *ATEX A 2911 Cloisons*, Mai 2021
- [6] CSTC, *NIT 271 – Exécution des maçonneries*, Février 2020
- [7] Cycle Terre, *Guide de conception et de construction*, Mai 2021
- [8] Institut allemand de normalisation, *DIN 18940 Maçonnerie porteuse en terre crue*, Octobre 2022
- [9] Morton Tom, *Earth Masonry : Design and Construction Guidelines*, Février 2008
- [10] Schroeder Horst, *Sustainable Building with Earth*, Octobre 2015
- [11] Wienerberger, *Rouge. La force*, Août 2018
- [12] Klinge Andrea, *The Relevance of Earthen Plasters for Eco Innovative, Cost-Efficient and Healthy Construction*, Janvier 2019
- [13] Klinge Andrea, *Naturally ventilated earth timber constructions*, Juin 2016
- [14] SIPIZ Laboratoire d'incendie, et Terrabloc, *Rapport d'essai Nr. PB 128 001 2022 (Blocs)*, Octobre 2022
- [15] SIPIZ Laboratoire d'incendie, et Terrabloc, *Rapport de test Nr. PB 128 001 2021 (Plaques)*, Juillet 2021
- [16] Empa et Terrabloc, *Rapport d'essai n° 5214027285 (Terraploc)*, Juillet 2021
- [17] Dachverband Lehm, *V. Lehmbauregeln. 3. Auflage*, Vieweg + Teubner, Octobre 2008
- [18] Institut allemand de normalisation, *DIN 18945: Blocs de terre – Exigences, essai et étiquetage*, Décembre 2018
- [19] Institut allemand de normalisation, *DIN 18946: Mortier de terre pour maçonner – Exigences, essai et étiquetage*, Décembre 2018
- [20] Graham, C.W, *Movement coefficients of compressed earth masonry units*, Juin 2005
- [21] Sutton Andy, *Unfired clay masonry*, Octobre 2011
- [22] CSTC, *NIT 284 Les enduits intérieurs*, Novembre 2022
- [23] Guillaud Hubert, *Traité de construction en terre*, Janvier 2006
- [24] Institut allemand de normalisation, *DIN 18947: Mortier de terre pour enduit – Exigences, essai et étiquetage*, Décembre 2018
- [25] CSTC, *NIT 255 Etanchéité à l'air*, Décembre 2015
- [26] UBAtc, *Agrément technique*, <https://butgb-ubatc.be/fr/deliverables/national-technical-approval-atg/>, consulté en Août 2023

7.

Remerciements et crédits

Comme mentionné dans la section 1, ce Guide des Blocs de Terre de Léém est une compilation par BC materials des publications de recherche les plus récentes, des agréments techniques et des normes en Allemagne et en France, mis à jour avec des recherches supplémentaires spécifiques et l'expérience de BC materials et de Buildwise dans le contexte du Benelux. Il n'aurait pas été possible sans la contribution spécifique des personnes suivantes. Merci à:

En Belgique, Lou Ricome et Lori Reding pour leur précieux travail et leur contribution au guide, Buildwise pour l'autorisation de reproduire les schémas et les tableaux du NIT pour la maçonnerie générale.

En France, Elodie Wallers, Teddy Dusausaye et Paul-Emmanuel Loiret de Cycle-Terre pour leurs précieux échanges et l'autorisation d'utiliser de nombreux schémas et détails relatifs à la maçonnerie en blocs de terre, Eugénie Crété et le Dr Mathilde Chamodot et Arnaud Misse de CRAterre et Sophie Bioul d'AMACO pour avoir facilité le travail sur ces schémas et détails et pour avoir partagé leur expérience de la réalisation des guides du Cycle-Terre.

En Suisse, Rodrigo Fernandez et Laurent de Wurstemberger de Terrabloc pour leur précieuse contribution au vibrocompactage des blocs de terre compressée.

En Allemagne, Dr. Christoph Ziegert et Dr. Horst Schröder pour leur précieuse contribution concernant les normes DIN et le cadre EPD, et Ing. Stephan Jörchel du Dachverband Lehmbau pour sa facilitation.

Ce guide a été financé par le UE – fonds européen NextGeneration de l'UE.



**Financé par
l'Union européenne**
NextGenerationEU

Nous avons fait de notre mieux pour clarifier toutes les références de textes et d'images dans ce guide. N'hésitez pas à nous contacter à l'adresse info@bcmaterials.org si vous découvrez des textes ou des images non référencés ou mal référencés.

Toutes les images des références de la bibliographie [2,3,4,5,7] ont été gracieusement fournies par Cycle-Terre et CRAterre et retravaillées par BC Materials.

Tout le contenu de ce guide, qui a été créé par BC materials, est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. Veuillez nous contacter au préalable si vous souhaitez utiliser ce contenu à des fins commerciales.