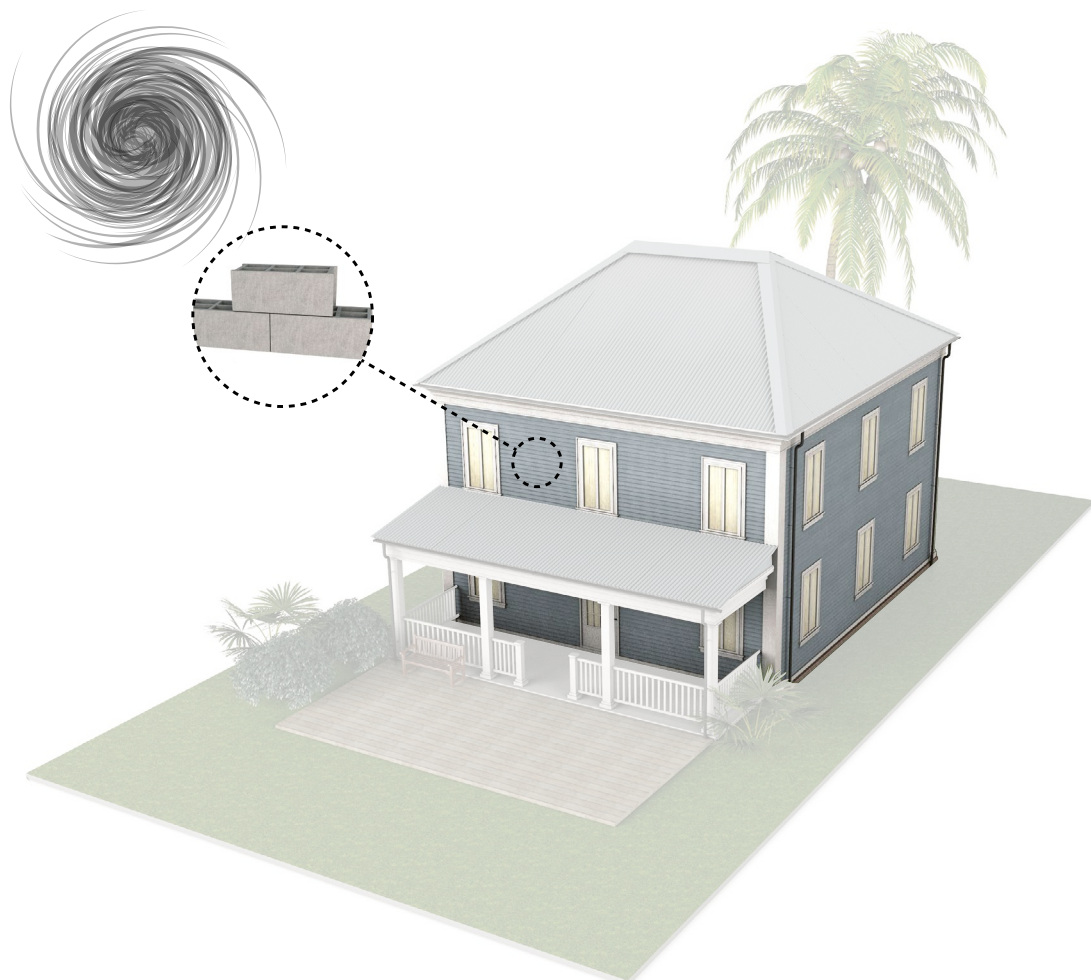


Maçonnerie

Points clés de construction paracyclonique d'une maison

ANTILLES

MAYOTTE



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Illustrations : Laubywane, DHUP, AQC

Ce guide a été rédigé par des spécialistes du Réseau Scientifique et Technique du Ministère chargé du logement (CSTB) avec l'appui d'un réseau d'acteurs locaux d'Outre-mer.

Membres de l'équipe technique du CSTB :

- Philippe LEBLOND
- Réda OUSSENNAN
- Ayman EL HAJ
- Duc Toan PHAM

SOMMAIRE

5	1. INTRODUCTION
5	2. CONCEPTION DES STRUCTURES EN MAÇONNERIE
5	2.1 Conception
7	2.2 Dimensionnement
8	2.3 Points de vigilance
9	3. CHOIX DES MATÉRIAUX
9	3.1 Élément de maçonnerie
10	3.2 Mortier
10	3.3 Repère
10	3.4 Béton
10	3.5 Armatures
12	4. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES
12	4.1 Maçonnerie
12	4.2 Chaînages
20	4.3 Assemblages
21	4.4 Saignées
22	5. ENTRETIEN ET STOCKAGE
22	5.1 Outillage
22	5.2 Entretien et inspection
23	5.3 Stockage

1. Introduction

Cette fiche fournit des indications de mise en œuvre **des murs en maçonnerie**. Elle présente les points singuliers, qui exercent une influence directe sur la résistance des murs aux effets du vent. Les détails de mise en œuvre vis-à-vis des autres exigences ne sont pas traités.

Cette fiche contient :

- des préconisations sur les matériaux à employer ;
- des méthodes de mise en œuvre directement applicables ;
- des rappels relatifs à l'entretien et au stockage des éléments.

Une *fiche introductive* explicite le domaine d'application et les hypothèses de calcul retenus pour l'ensemble des fiches thématiques.

L'utilisation de la présente *fiche thématique* exige par ailleurs le respect des règles de conception, de calcul et de réalisation en situation courante (et en situation sismique pour les territoires concernés) dont l'application est précisée dans les textes réglementaires, normatifs et d'évaluation (Eurocodes, DTU, Avis Techniques...).

Il est bon de rappeler qu'au-delà du respect des règles de construction, la conception doit intégrer d'autres critères relatifs à la qualité d'usage, l'accessibilité, la performance énergétique et tout ce qui a trait aux besoins des occupants.

2. Conception des structures en maçonnerie

2.1 Conception

Les principaux points à vérifier pour la conception d'une structure en maçonnerie sont listés ci-dessous :

- Il faut toujours qu'un mur de maçonnerie résistant au vent soit **supporté en totalité** par un autre mur résistant.

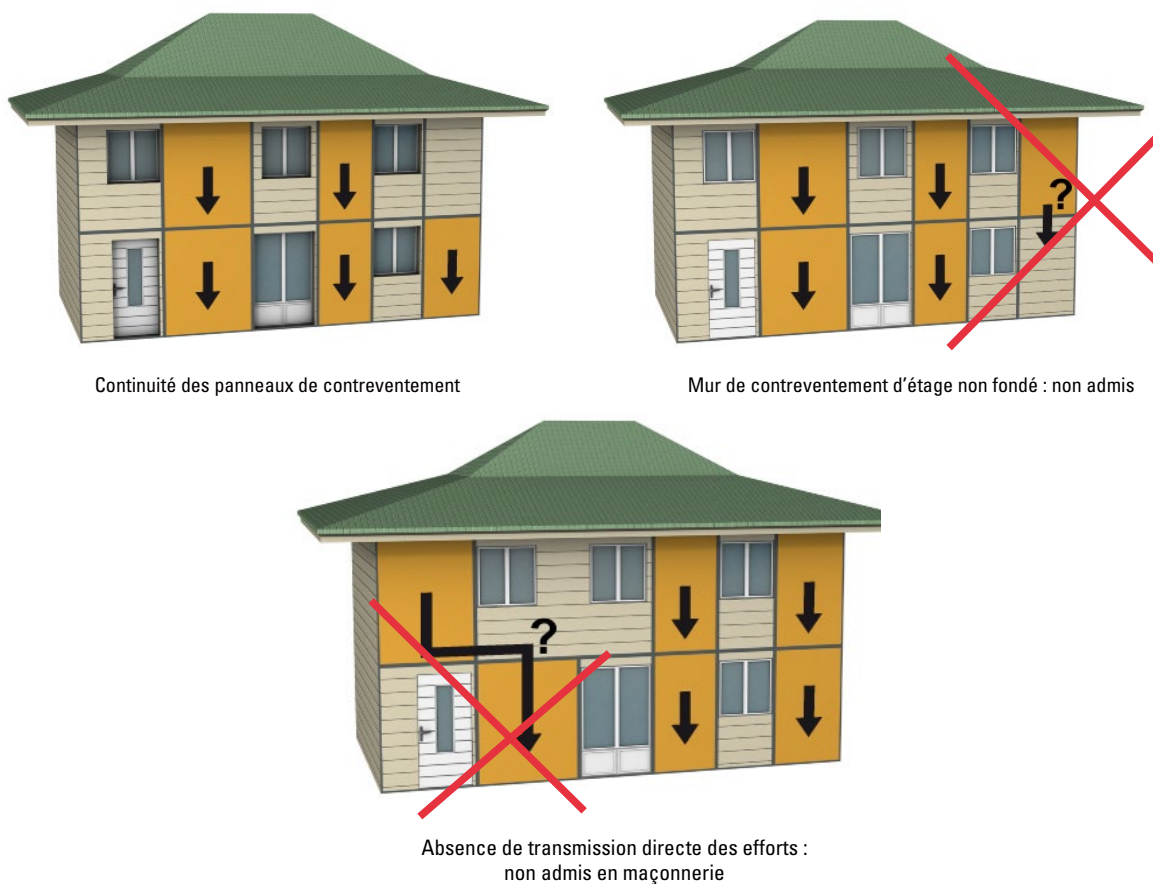


Figure 1 : Continuité verticale des panneaux de contreventement

- Les chaînages doivent **être droits sans décalage** pour pouvoir reprendre les efforts de traction. Ils doivent aller des fondations jusqu'au sommet de la maison.

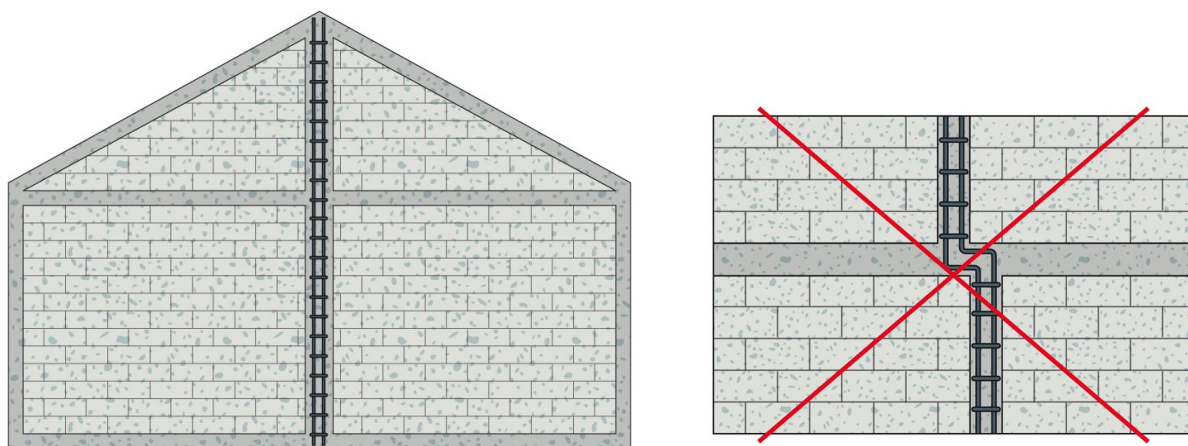


Figure 2 : Continuité verticale des chaînages

- Il est nécessaire d'implanter **des chaînages verticaux à chaque extrémité** d'un mur résistant, à chaque bord libre d'un mur, de chaque côté d'une ouverture, à chaque intersection de mur et tous les **5 m maximum** dans un mur plein.
- **Des chaînages horizontaux doivent être situés au niveau de chaque plancher**, des fondations et en appui de charpentes en tête de mur et leur espacement vertical ne doit jamais être supérieur à 4 m.

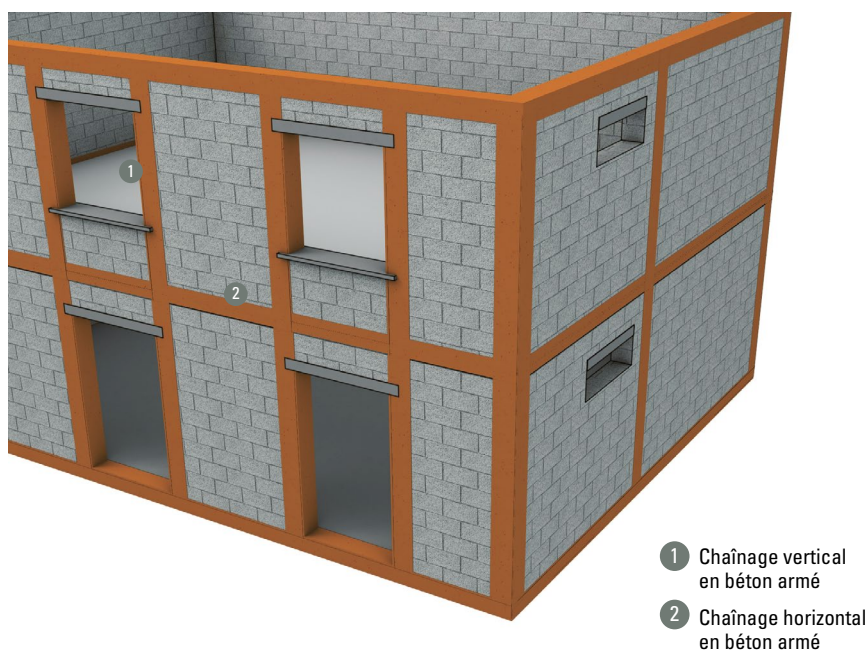


Figure 3 : Implantation de chaînages verticaux et horizontaux

2.2 Dimensionnement

Les murs de contreventement doivent respecter les dimensions minimales suivantes :

- **épaisseur effective du mur** : 15 cm pour des éléments de maçonnerie de groupe 1 et 20 cm pour des éléments de maçonnerie de groupe 2, 3 ou 4 ;
- longueur minimale du mur : 1,2 m.



Figure 4 : Exemples d'éléments de maçonnerie du groupe 3 (15 cm d'épaisseur min.)

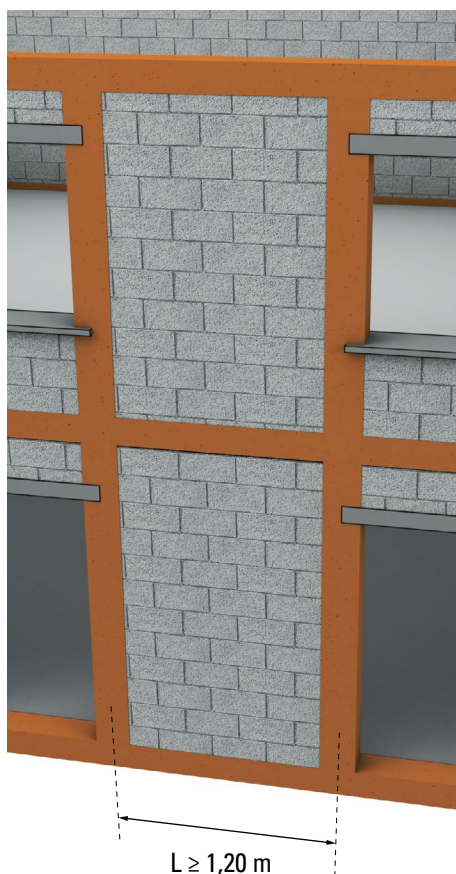


Figure 5 : Longueur minimale du mur

Pour des exemples de dimensionnement de murs de contreventement en maçonnerie, se référer aux tableaux de l'annexe A du *guide de conception et construction paracycloniques de maisons individuelles* (C2PMI).

2.3 Points de vigilance

Les points de vigilance pour éviter des désordres de la maçonnerie sont de plusieurs natures. Il est essentiel de prendre ces aspects en considération lors de la conception d'une structure. Cette liste n'est pas exhaustive :

- **ancrages et fixations** : vérifier les assemblages des éléments de charpente et notamment leur ancrage dans les chaînages ;
- **chaînages** : mettre en place des chaînages de bonne dimension : 15 x 15 cm de béton avec 4 HA10 ;
- **liaisonnement entre structure et fondations** : assurer l'ancrage des chaînages dans les fondations ;
- **ouvertures** : respecter les dispositions constructives autour des ouvertures ;
- **liaisonnement des structures secondaires** : vérifier ces liaisons pour éviter des ruptures de maçonnerie localisées.

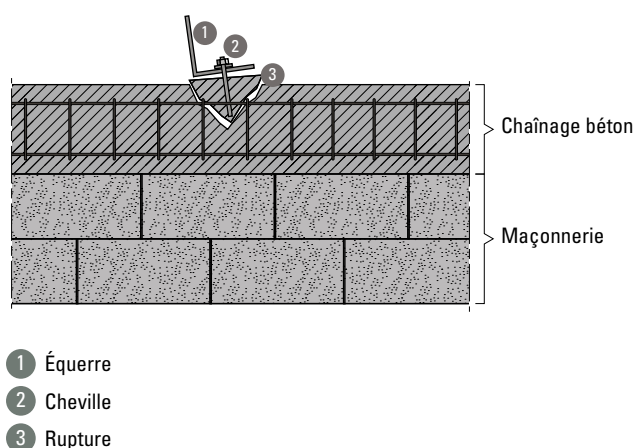


Figure 6 : Exemple de rupture au niveau d'une fixation insuffisamment ancrée dans un chaînage

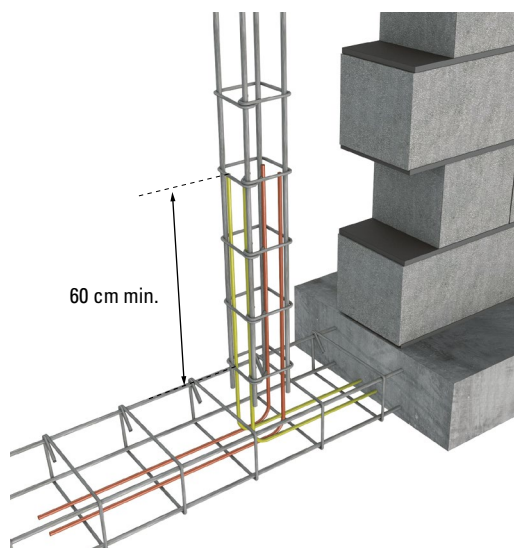


Figure 7 : Exemple d'ancrage des chaînages dans les fondations

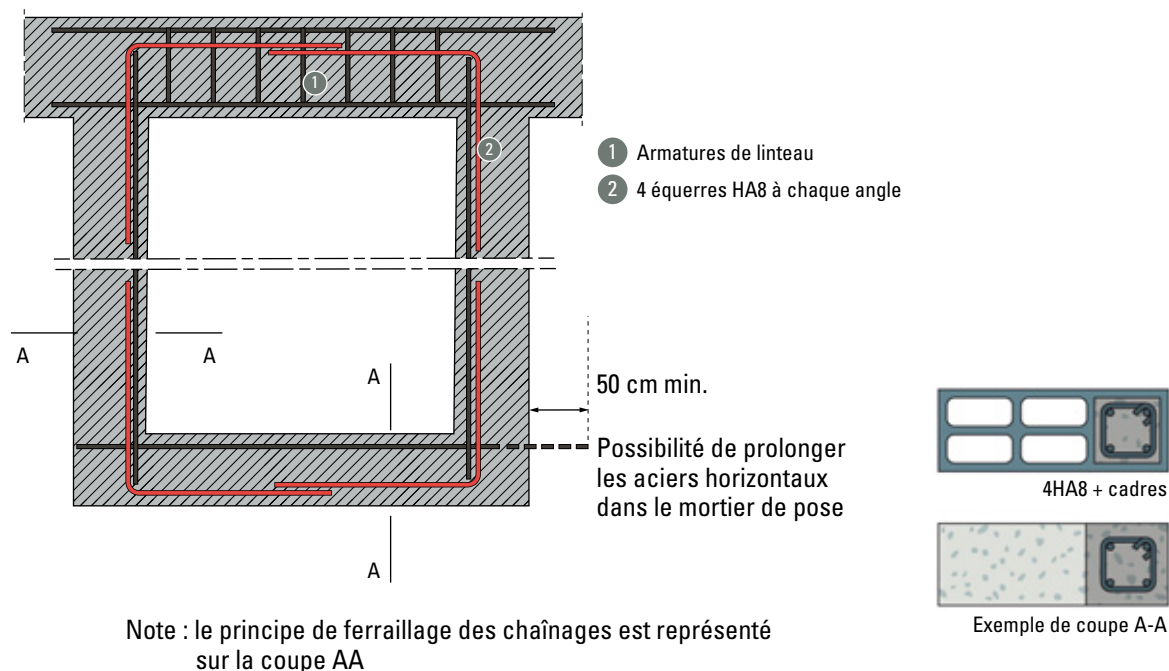


Figure 8 : Exemple de dispositions constructives autour des ouvertures

3. Choix des matériaux

Le choix des matériaux et produits de construction a une importance essentielle pour la sécurité et la durabilité des bâtiments. Les performances répondant aux critères doivent être indiquées par le fabricant directement sur le produit ou sur l'étiquette qui l'accompagne. Pour que ces informations soient utilisables, il est nécessaire qu'elles soient indiquées dans un format bien précis : celui conforme au marquage CE.

3.1 Élément de maçonnerie

Les éléments de maçonnerie sont pleins ou perforés (groupe 1) d'épaisseur effective minimale 15 cm, ou à alvéoles (groupes 2, 3 et 4) d'épaisseur effective minimale 20 cm à condition, pour ces derniers, de présenter au moins une cloison interne longitudinale porteuse.

Les blocs de béton et de terre cuite doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- pour les blocs en béton : au moins la classe B40 ou L35 (soit $R_c = 4$ MPa) ;
- pour les éléments de terre cuite : au moins la classe Rc40 (soit $R_m = 4$ MPa).

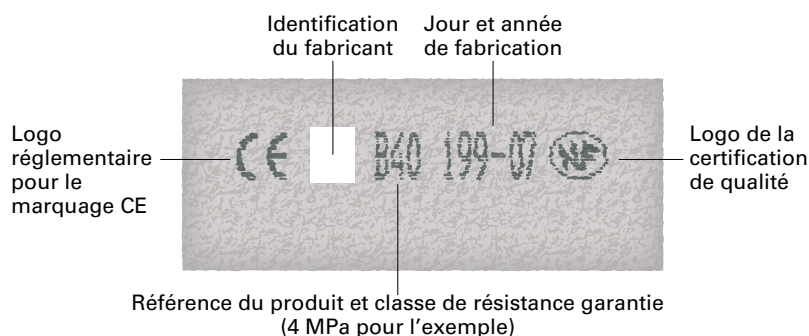


Figure 9 : Référence d'un élément en maçonnerie

3.2 Mortier

Les mortiers doivent être au moins de classe M10 excepté pour la pierre naturelle pour laquelle un mortier M5 est toléré.

Le mieux est d'utiliser des mortiers secs prêts à gâcher avec de l'eau. Sinon les exemples de dosages suivants peuvent convenir :

Mortier de catégorie M10	Ciment à maçonner	Sable
Mortier de liant pour 1 m ³	350 à 450	0/2 ou 0/4 ≤ 5 % de fines

Mortier de catégorie M10	Ciments CEM I CEM II	Sable
Mortier de liant pour 1 m ³	300 à 400	0/2 ou 0/4 ≤ 5 % de fines

3.3 Repère

Le dosage de mortier de ciment équivaut à :

1 Sac de ciment de 25 kg
6 seaux (10 litres) de sable
1 seau (10 litres) d'eau
Volume total de mortier 90 litres

1 Sac de ciment de 35 kg
9 seaux (10 litres) de sable
1,5 seau (10 litres) d'eau
Volume total de mortier 130 litres

NOTE

L'humidité du sable varie fortement en fonction de la saison et des conditions de stockage. Il faut mettre 8 litres d'eau pour commencer et ajouter le reste progressivement jusqu'à ce que la consistance soit bonne : pâte molle et homogène qui mouille le gant sans couler.

3.4 Béton

Pour le béton de chaînage de la maçonnerie, il est possible d'utiliser :

- un béton prêt à l'emploi, au moins de classe C25/30 ;
- un béton de ciment fait sur place, de consistance plastique (classe S3 au moins), dosé au minimum à 400 kg/m³ de ciment et confectionné avec des granulats de diamètre 10 mm au plus pour les chaînages verticaux et 14 mm au plus pour les chaînages horizontaux.

L'ajout d'eau sur chantier est pour du béton prêt à l'emploi. Le sable de mer, même lavé, est interdit. Le gravier doit être lavé.

3.5 Armatures

Les armatures utilisées dans les chaînages et les ouvrages complémentaires en béton armé ont les propriétés suivantes :

- armatures à haute adhérence dites **HA** (pas d'armatures lisses), **classe de ductilité B ou C** indiquée par le fabricant ;
- limite élastique 500 MPa ; appellation courante : **B500 B**.

Les épaisseurs minimales d'enrobage des armatures dans le béton à respecter sont :

- 3,5 cm en zone d'exposition courante ;
- 4,5 cm en zone d'exposition marine.

ENROBAGE

- 1 3,5 cm zone d'exposition courante
- 4,5 cm zone d'exposition marine

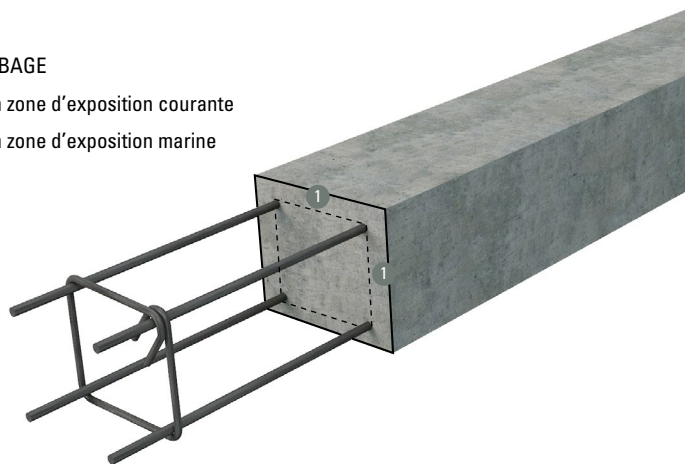


Figure 10 : Épaisseurs minimales d'enrobage

Pour le béton de remplissage dans les blocs chaînages, un enrobage minimal des armatures de 1 cm doit être respecté (entre la paroi intérieure et l'armature la plus proche de celle-ci).

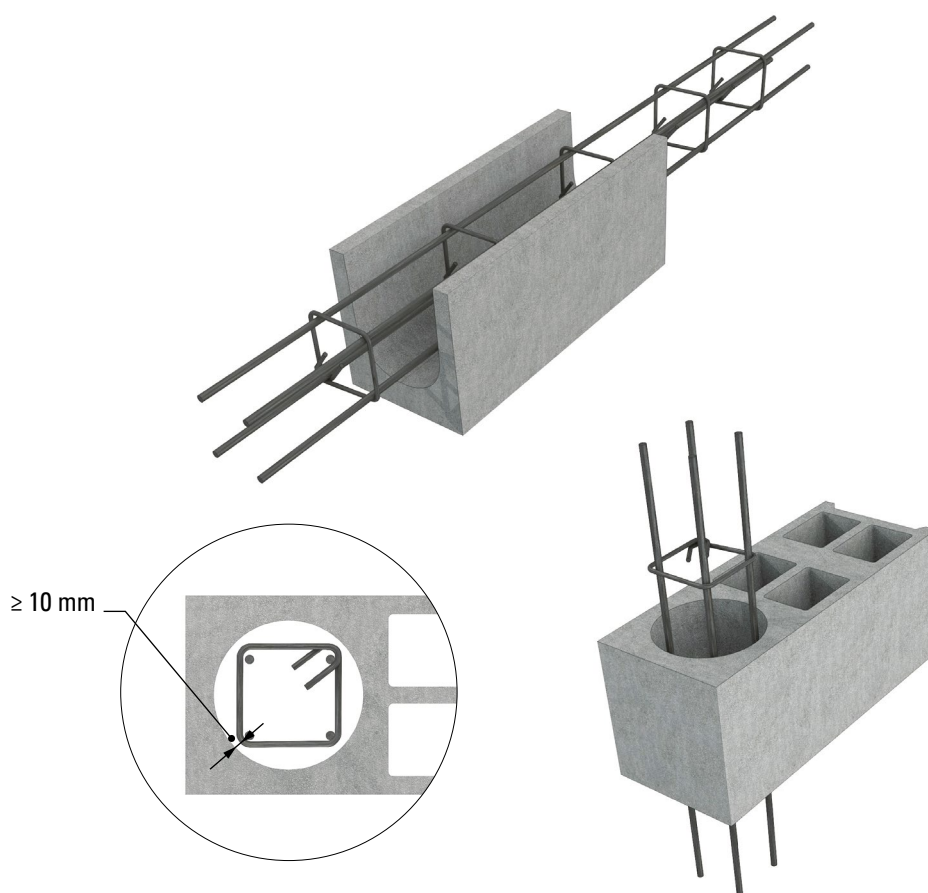


Figure 11 : Enrobage minimal des armatures dans un bloc de chaînage

4. Dispositions constructives

Ce paragraphe présente les dispositions constructives à mettre en œuvre pour une paroi destinée à résister au vent.

4.1 Maçonnerie

Les éléments de maçonnerie sont mis en œuvre par empilement sur des joints de mortier. Les joints verticaux doivent être remplis.

Un recouvrement des éléments est nécessaire pour assurer un bon comportement du mur (aussi appelé harpage ou décalage). Le **recouvrement R** conseillé entre deux rangs superposés est situé entre 0,4 et 0,5 fois la longueur de l'élément (L_e).

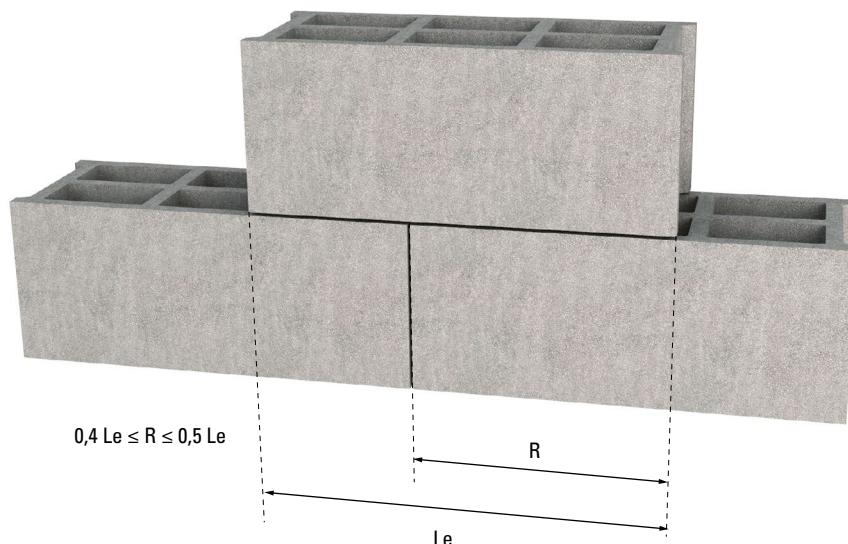


Figure 12 : Recouvrement des éléments en maçonnerie

Le mortier de joint est placé sur toutes les surfaces pleines de l'élément. Lorsque l'élément du dessus est mis en place, l'épaisseur de joint finale doit se situer entre 6 et 15 mm.

Du mortier doit également être mis en œuvre sur les parois verticales des éléments à l'avancement. L'objectif est d'avoir un joint d'environ 1 cm sur toute l'épaisseur du mur.

4.2 Chaînages

Après les éléments de maçonnerie, les chaînages en béton armé sont les éléments essentiels qui vont permettre une bonne résistance des murs. Pour cela, les règles suivantes doivent être respectées :

- Les dimensions (hauteur et largeur) de la section transversale des chaînages horizontaux et verticaux ne doivent pas être inférieures à 150 mm. De plus, le chaînage doit être au minimum aussi épais que le mur qui le contient.
- Une bonne construction repose sur la présence de chaînages dans les 3 directions avec continuité des armatures. L'efficacité des chaînages repose sur la qualité du béton, la résistance des aciers, les conditions d'ancrage et de recouvrement.

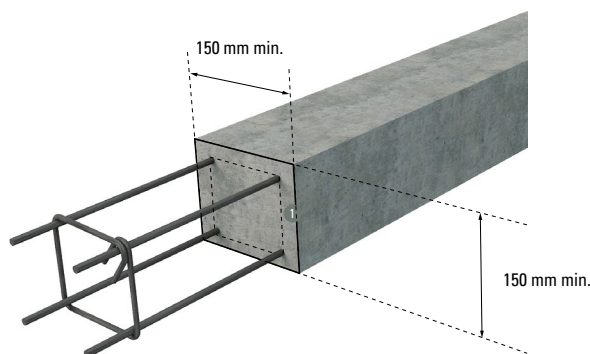
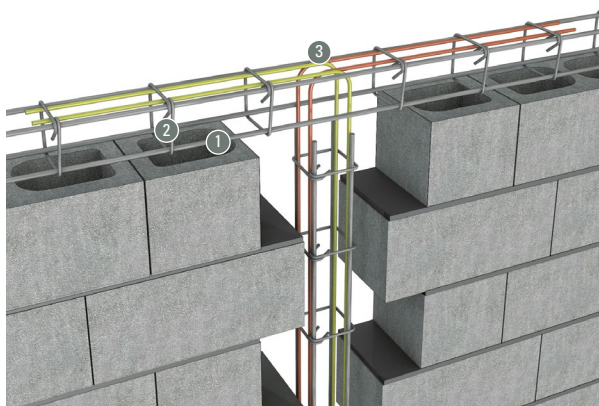
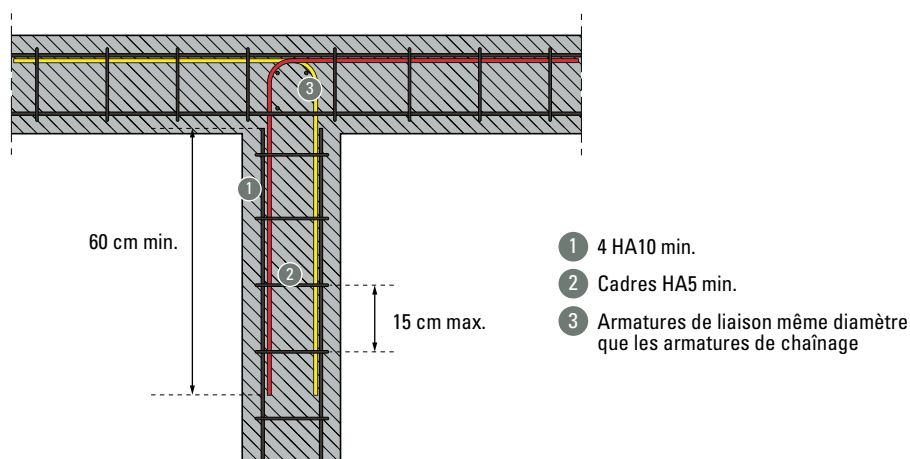
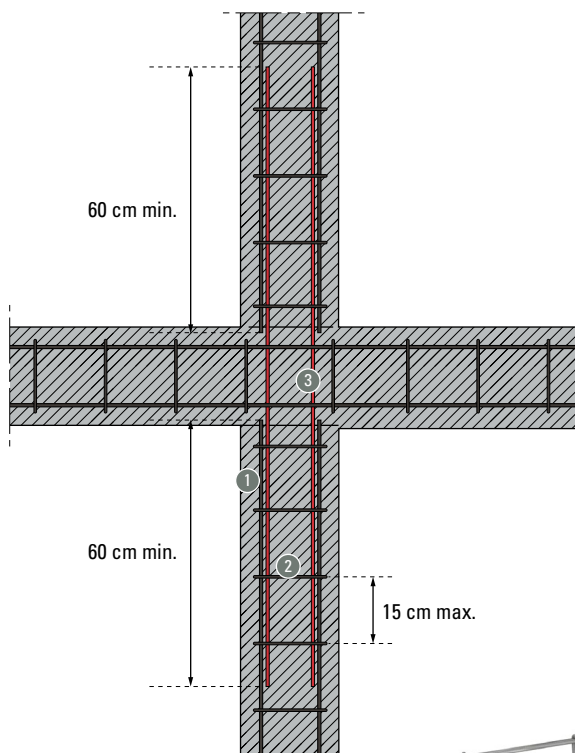


Figure 13 : Dimensions minimales de chaînage

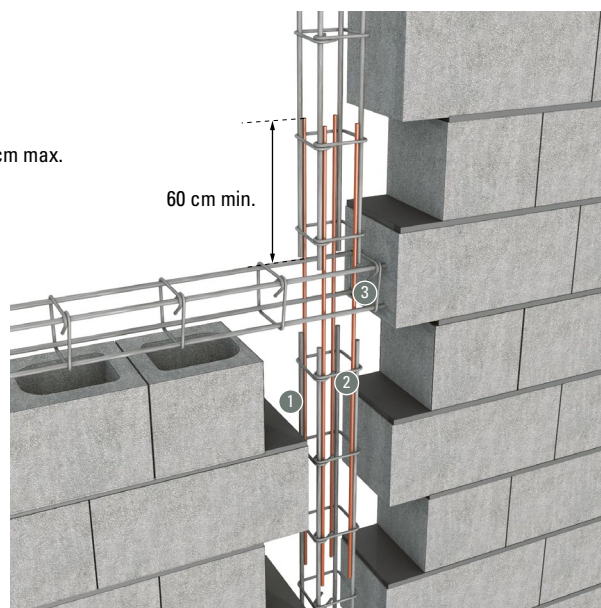
■ Chaînages verticaux

- **Les armatures longitudinales** sont constituées de **4 armatures minimum**. Lorsqu'il n'y a que 4 armatures, celles-ci doivent être de diamètre HA10 ou HA12 à l'exclusion des autres diamètres. Le pourcentage d'armatures longitudinales ne doit pas être inférieur à 1 % de la section du chaînage.
- **Des cadres HA5 au minimum** doivent être disposés autour des armatures longitudinales tous les 150 mm au maximum.
- Afin d'obtenir une adhérence effective entre les chaînages et la maçonnerie, le béton des chaînages doit être **coulé après exécution de la maçonnerie**.
- Il faut assurer un bon remplissage du chaînage. Une vigilance particulière est nécessaire pour les chaînages verticaux. Le mieux est de vibrer le béton lorsque c'est possible.
- Il faut assurer les recouvrements d'armatures au niveau des liaisons avec un minimum de 60 fois le diamètre ($60 \varnothing$). Cela représente 60 cm minimum pour les HA10 et 72 cm pour les HA12.





- ① 4 HA10 min.
- ② Cadres HA5 min.
- ③ Armatures de liaison même diamètre que les armatures de chaînage



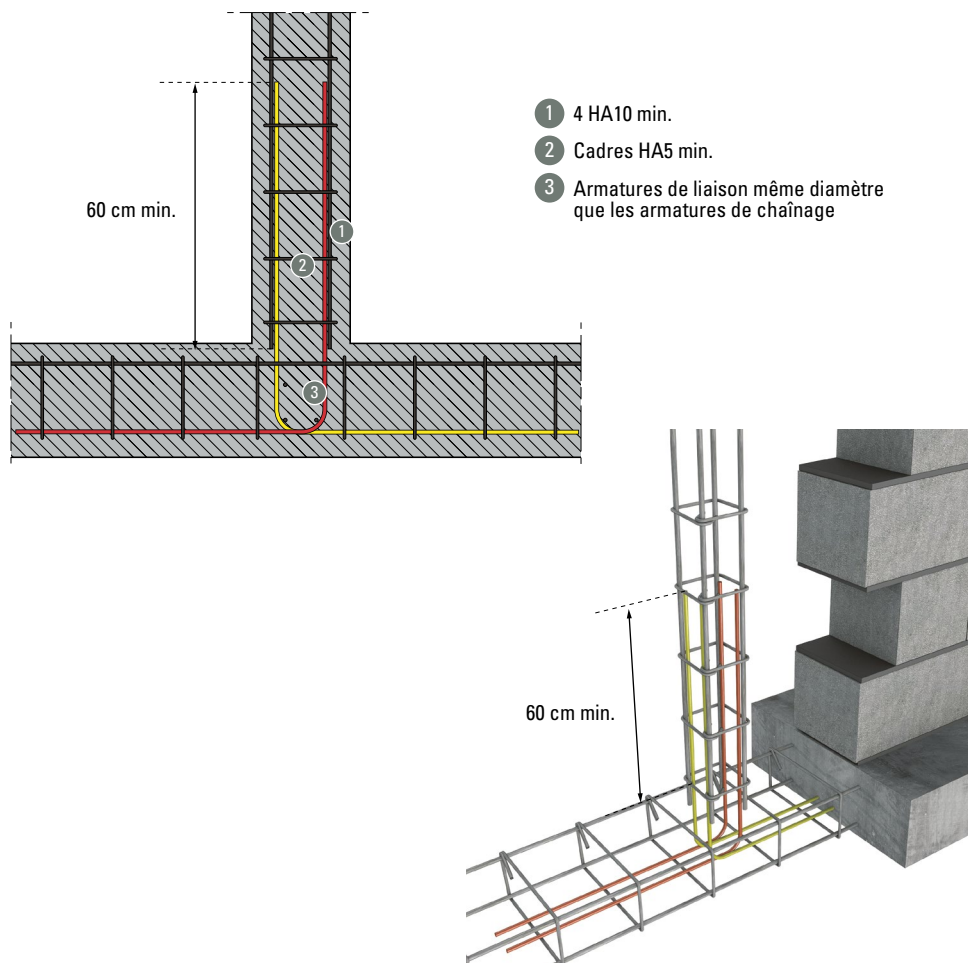
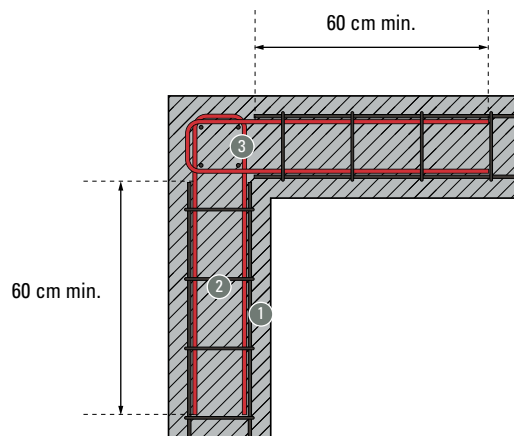


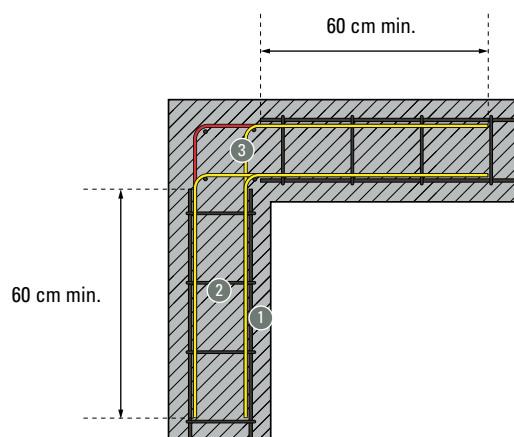
Figure 14 : Exemples de liaisons entre chaînages

■ Chaînages horizontaux

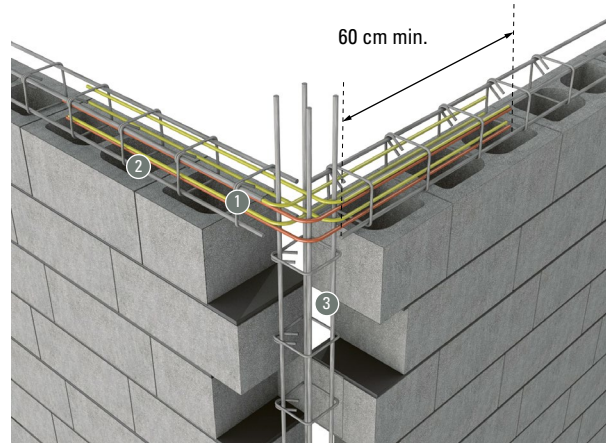
- **Les chaînages horizontaux** sont situés au niveau de chaque plancher. Ils sont alors constitués *a minima* de 4 HA10 avec des cadres HA5 tous les 150 mm.
- Deux points d'attention concernant les deux dispositions possibles **en angle** :
 1. Les armatures de liaison doivent avoir la même section que les armatures de chaînage (HA10 ou HA12).
 2. Les recouvrements (60 cm minimum) concernent chacune des 4 barres du chaînage.



- ① 4 HA10 min.
- ② Cadres HA5 min.
- ③ Armatures de liaison même diamètre que les armatures de chaînage



- ① 4 HA10 min.
- ② Cadres HA5 min.
- ③ Armatures de liaison même diamètre que les armatures de chaînage



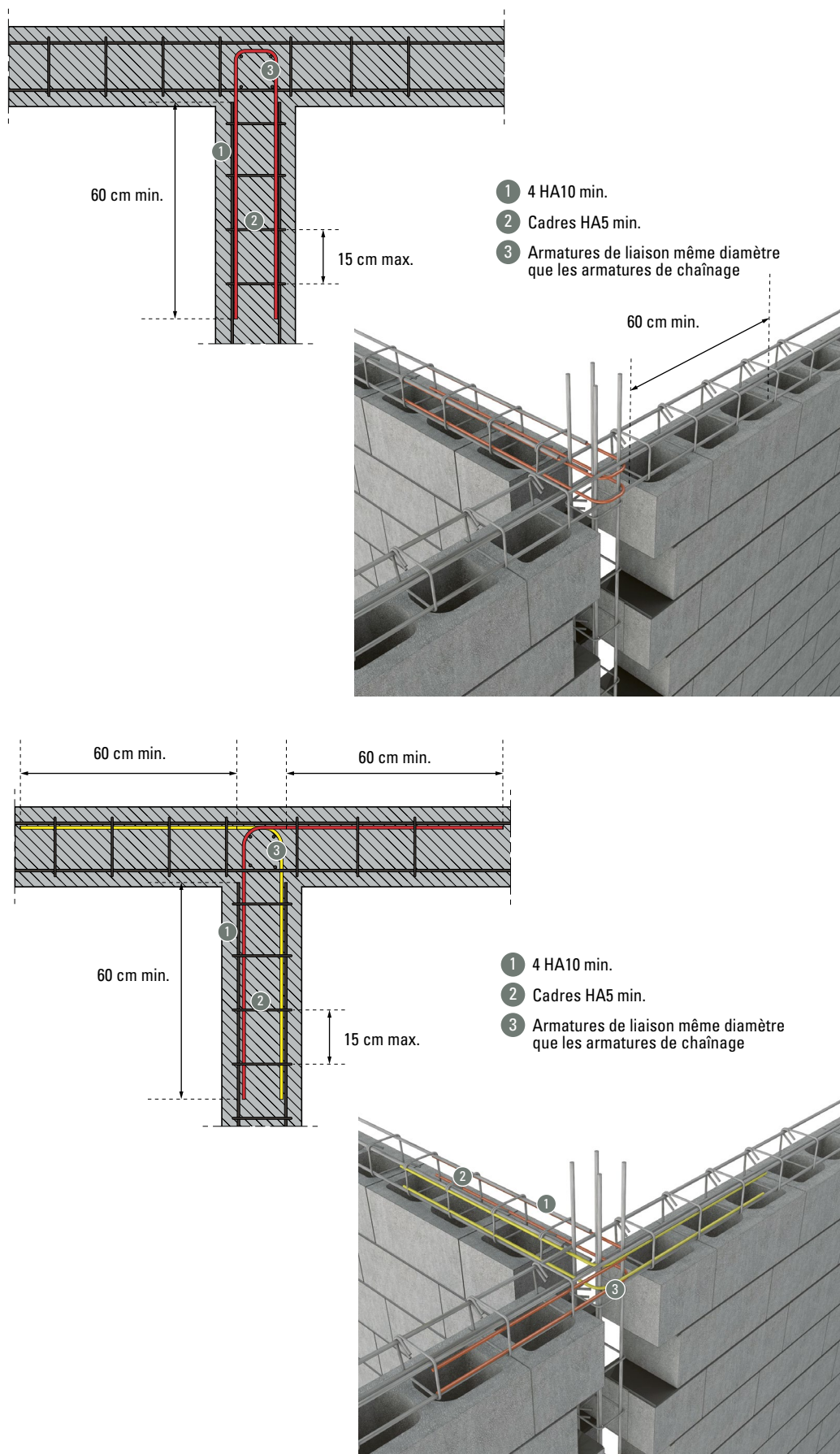


Figure 15 : Exemples de liaisons entre chaînages

- Les points d'attention concernant la liaison d'un plancher et d'un chaînage vertical en partie courante d'un mur sont les mêmes qu'en angle.

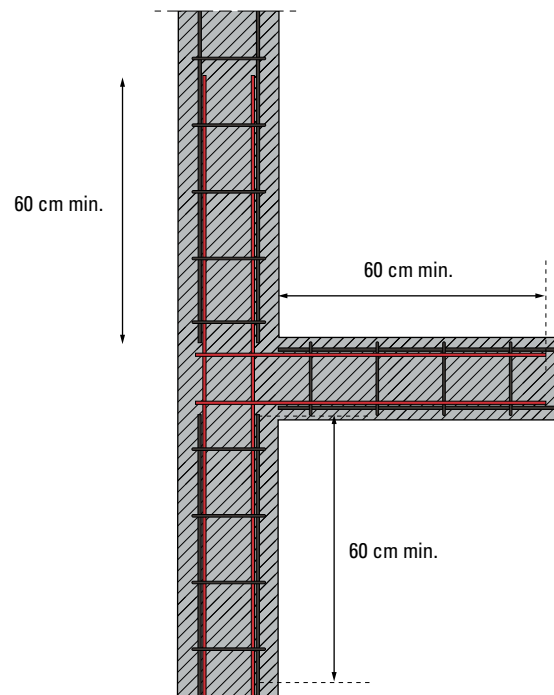


Figure 16 : Liaison plancher - chaînage

- La liaison entre un mur intérieur en maçonnerie et un mur filant de façade en béton ou en maçonnerie est représentée ci-dessous.

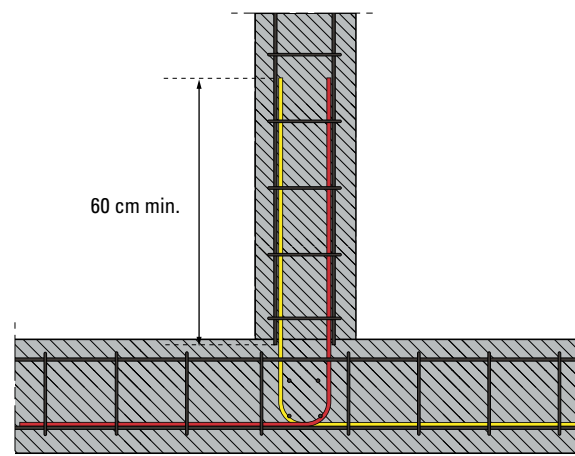


Figure 17 : Liaison mur filant - mur intérieur

- Les armatures longitudinales des chaînages verticaux doivent être en continuité avec les armatures longitudinales inférieures des semelles et longrines de fondation comme suit.

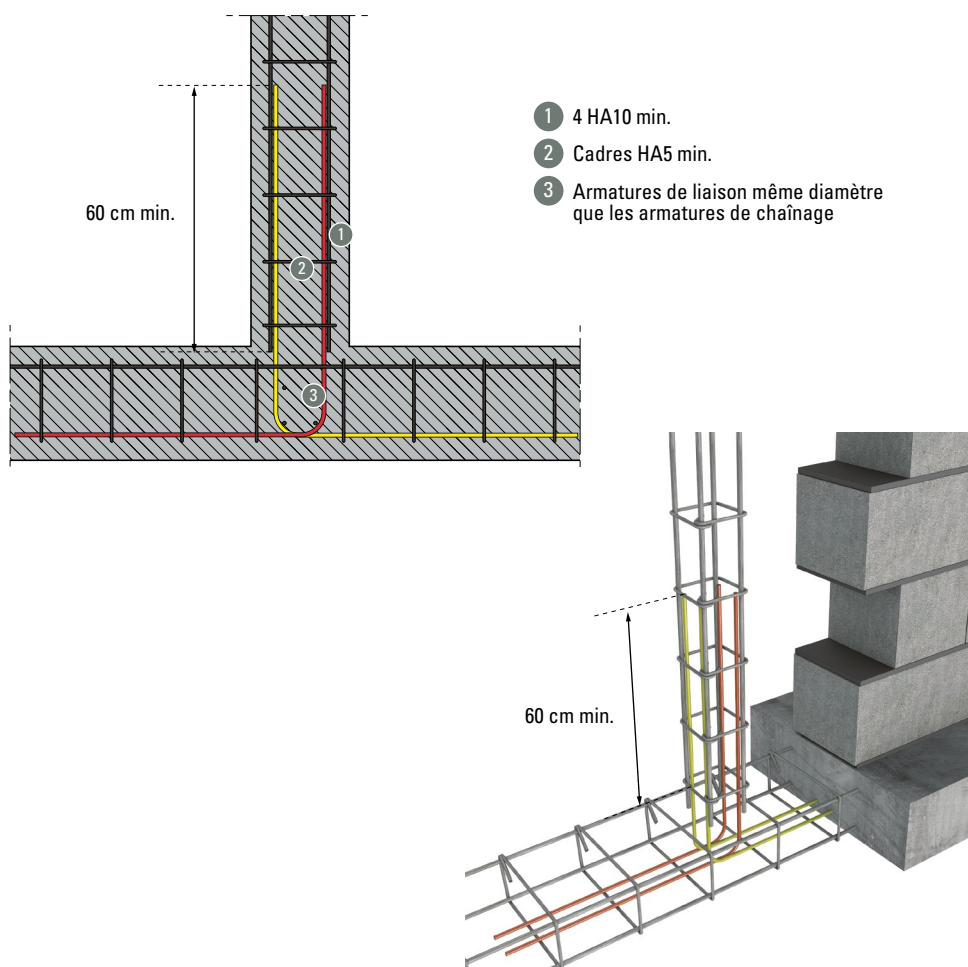


Figure 18 : Liaison fondation – chaînage

- Les appuis de linteaux isolés sont au minimum de 150 mm.

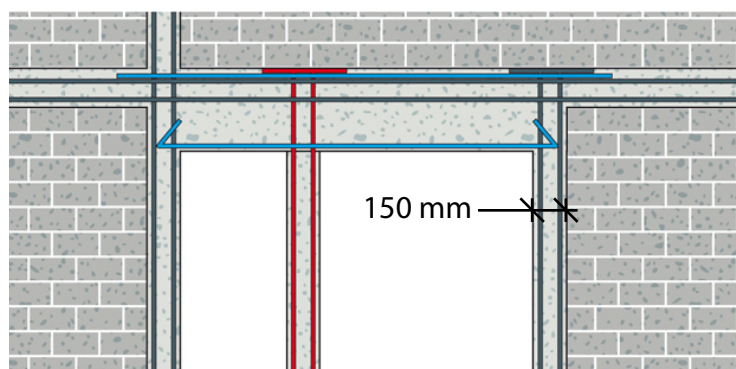


Figure 19 : Linteau isolé

4.3 Assemblages

Les éléments de charpente doivent être correctement fixés aux éléments de mur réalisés en maçonnerie par l'intermédiaire d'un **assemblage connecté à un chaînage en béton armé**. Le dimensionnement des chevilles de fixation dans le béton est réalisé selon les prescriptions du fabricant de la cheville choisie. Ces chevilles doivent **s'ancrer au centre du chaînage**.

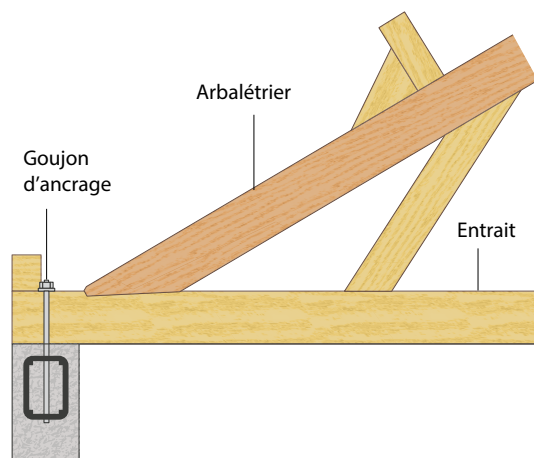


Figure 20 : Exemple d'ancrage de la charpente dans le béton par goujon d'ancrage

La longueur de chevilles à utiliser doit être suffisante pour atteindre les armatures basses du chaînage. Par défaut, si la fixation se fait par le haut, une longueur égale à la hauteur du support moins 5 cm est nécessaire.

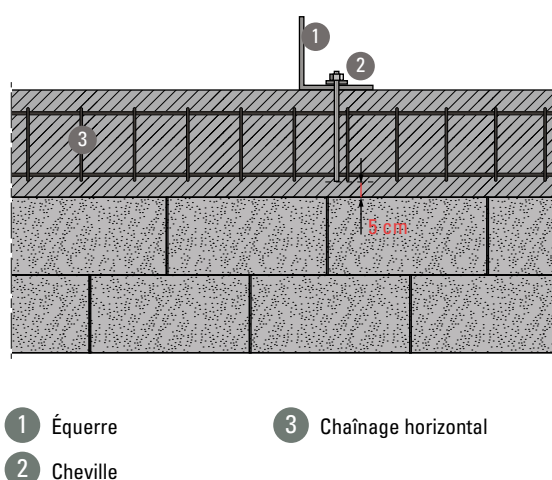


Figure 21 : Longueur des chevilles dans un chaînage horizontal

La fixation peut se faire sur le côté du chaînage par l'intermédiaire d'un sabot métallique. Lors du choix du sabot de fixation, une distance minimale de 5 cm du perçage par rapport au bord doit être respectée dans la direction verticale afin d'éviter le contact entre les chevilles et les armatures du chaînage. Dans la direction horizontale, la longueur de la cheville correspond à la largeur du chaînage à laquelle sont retranchés 5 cm. La hauteur minimale du sabot doit correspondre à $\frac{2}{3}$ de la hauteur de l'élément porté. Cette valeur doit être confirmée en consultant les exigences des fiches techniques du sabot.

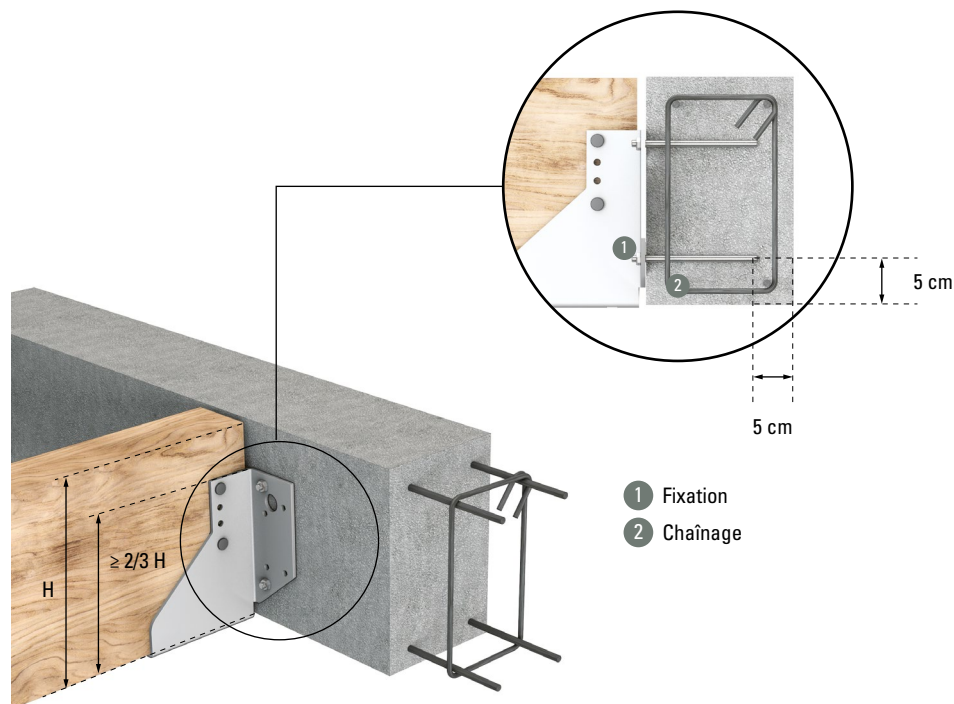
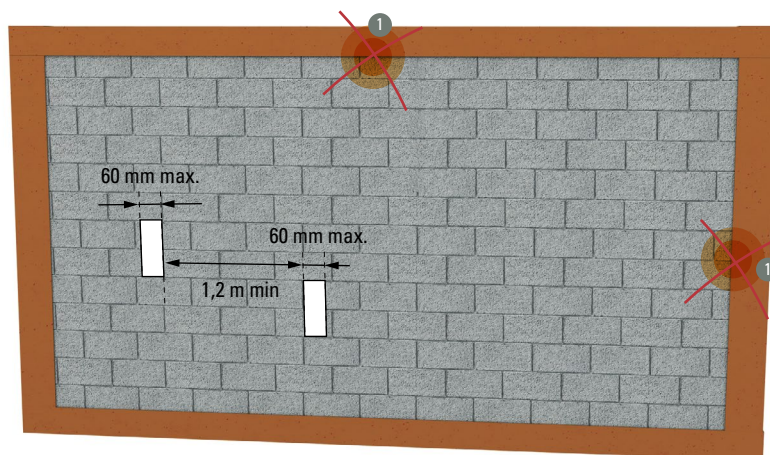


Figure 22 : Sabot de fixation

4.4 Saignées

Les saignées dans les murs de contreventement en maçonnerie ne sont autorisées qu'à la condition qu'elles soient prévues et localisées en élévation dans le dossier d'exécution de l'ouvrage. Toute saignée autre que celles figurant sur les élévations du dossier d'exécution est interdite. Les saignées effectuées a posteriori par un corps d'état ou par le maître d'ouvrage ou l'occupant des lieux sont donc interdites sauf à consulter un maître d'œuvre.

Elles sont dans tous les cas strictement interdites dans les linteaux et chaînages.



1 Saignée interdite dans le chaînage

Figure 23 : Saignées interdites dans les chaînages

Si elles sont nécessaires, le rebouchage des saignées doit être tel que le monolithisme soit reconstitué. Ceci implique un rebouchage au mortier de ciment dosé à 350 kg /m³ avec un adjuvant à base de résine ou l'utilisation d'un mortier de réparation structural.

Dans tous les cas, la largeur maximale autorisée pour les saignées est de 60 mm. Deux saignées verticales successives parallèles doivent être distantes d'au moins 1,20 m. Dans le cas où un mur primaire comporte plus de deux saignées verticales, il ne doit pas comporter de saignée horizontale.

5. Entretien et stockage

5.1 Outillage

Il est recommandé que les mélanges sur chantier soient réalisés à la bétonnière pour obtenir une bonne homogénéité des mortiers et bétons.

Pour la mise à niveau des éléments, un maillet est nécessaire pour ne pas risquer de casser les bords des éléments. Un marteau peut être utilisé en plaçant une planche de bois entre l'élément et le marteau.

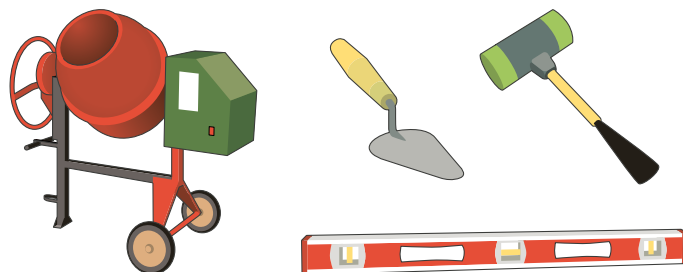


Figure 24 : Outillage

5.2 Entretien et inspection



Entretien une fois par an à l'approche de la saison cyclonique

Il est à noter que l'entretien sera très largement facilité si la maçonnerie est recouverte d'un enduit de façade de couleur claire. Ce dernier protège la maçonnerie des infiltrations d'eau qui pourraient à long terme atteindre les armatures.

Dans ce cas, l'entretien est limité à :

- enduit de façade : vérifier qu'il ne fissure pas. Si des fissures significatives apparaissent, il sera nécessaire de le retirer et d'en refaire un nouveau ;
- maçonnerie : vérifier qu'il n'y a pas de fissures localisées laissant ressortir des coulures de rouille. Si c'est le cas, il est nécessaire de mettre l'armature à nu, de la traiter puis de reboucher avec un mortier de réparation.

En cas de fissuration importante de la maçonnerie, l'intervention d'un bureau d'études est nécessaire pour en analyser les causes et trouver des solutions.

À cette occasion, une inspection visuelle sommaire est réalisée pour s'assurer qu'il n'y a pas de dégradation prématurée.



Inspection complète¹ de la maçonnerie tous les 5 ans et à la suite d'un cyclone

Il est crucial de procéder à une inspection plus approfondie de la structure en maçonnerie pour repérer les fissures, les déplacements ou les déformations des murs. Cette vérification comprend également l'examen des joints de maçonnerie pour identifier et réparer les dégradations ainsi que la détection et le traitement des infiltrations.

Ces entretiens et inspections périodiques sont consignés dans un **carnet d'entretien** assorti d'un rapport photographique de l'état de la couverture, de la charpente et de la structure avant et après nettoyage. Contrat d'entretien, rapport et factures sont annexés au carnet d'entretien.

¹ Bien que cette vérification ne soit pas réglementaire, les assurances commencent à conditionner le remboursement à la réalisation périodique de cette vérification.

5.3 Stockage

Les matériaux doivent être conservés au maximum à l'abri des intempéries. Le ciment et le mortier doivent rester dans des sacs fermés, sur des palettes recouvertes d'une bâche (en extérieur).

Les armatures pour béton armé doivent être stockées sur une surface plane et à l'abri de l'humidité au-delà de quelques jours. Elles ne doivent pas être directement en contact avec le sol. Si des projections de terre sont observées, il est alors nécessaire de nettoyer les armatures avant utilisation.

Les granulats sont idéalement livrés dans des « big bags » qui doivent rester fermés et recouverts d'une bâche.