

Tom Schacher



MAÇONNERIE CHAINÉE

Pour maisons de un à deux niveaux

Guide pour techniciens et artisans

Copyright

Version originale anglaise © 2009 Tom Schacher

Version française © 2010 Tom Schacher



Vous êtes libre de reproduire, distribuer et communiquer cette création au public et de modifier cette création selon les conditions suivantes :

① **Paternité** — Vous devez citer le nom de l'auteur original de la manière indiquée par l'auteur de l'oeuvre ou le titulaire des droits qui vous confère cette autorisation (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'oeuvre).

② **Pas d'Utilisation Commerciale** — Vous n'avez pas le droit d'utiliser cette création à des fins commerciales.

③ **Partage des Conditions Initiales à l'Identique** — Si vous modifiez, transformez ou adaptez cette création, vous n'avez le droit de distribuer la création qui en résulte que sous un contrat identique à celui-ci.

Dessins, graphiques et mise en page: Tom Schacher

Traduction : Laurent Demarta et Tom Schacher

Pour contacter l'auteur :

tom.schacher@adhoc.ch

Une première version de ce manuel a été créé en 2005. En 2007, le manuel a été adapté aux conditions du terrain et abondamment utilisé par la Earthquake Reconstruction and Rehabilitation Authority pakistanaise (ERRA), UN Habitat et la Direction pour le Développement et la Coopération Suisse (DDC) pour la formation de techniciens et maçons à l'occasion de la reconstruction qui a suivi le tremblement de terre d'octobre 2005 au Kashmir.

Une version anglaise du présent manuel, en mesures impériales (pieds et pouces), a été publiée par le National Information Centre of Earthquake Engineering (NICEE) auprès de l'Indian Institute of Technology de Kanpur, Inde en février 2009 (www.nicee.org) .

La présente version a été adaptée au contexte de Haïti et sera utilisée pour les programmes de formation promus par la Coopération Suisse à l'intention des artisans et techniciens du bâtiment.

Version 3.1.(sept. 2010): métrique et française

Préface de l'auteur

Durant les dernières décennies, les structures en ossature en béton armé avec des panneaux de remplissage de maçonnerie sont devenus prédominantes dans la construction 'parasismique' de tout genre de bâtiments et ceci dans le monde entier. Cependant, la précision requise au niveau du détail autant que de l'exécution d'une part, et le bas niveau de formation de la main-d'œuvre fréquemment rencontré dans des pays pauvres d'autre part, font que cette technique reste hautement vulnérable face aux tremblements de terre.

Par contraste, la technique de la Maçonnerie Chaînée proposée dans le présent ouvrage, étant plus tolérante aux erreurs, a démontré son efficacité en cas de séisme, ce qui en fait une alternative pertinente.

Le présent manuel est la traduction du manuel approuvé et publié par le Centre National d'Information sur l'Ingénierie Parasismique NICEE, en Inde en 2009. Il a aussi été adapté à de nouvelles exigences, en incluant, par exemple, les blocs de ciment qui auparavant ont été hautement déconseillés à cause de leur qualité médiocre trop fréquente.

Les détails proposés ici sont basés sur une sélection de codes parasismiques pertinents et de recommandations de multiples pays. Les calculs sont basés sur:

- Normes suisses 260 (Bases de dessin structurel), 261 (Influence sur les structures), 262 (Structures en béton), 266 (Maçonnerie)
- Normes européennes EN1998 Eurocode 8 (Conception de structures parasismiques)

Les solutions constructives présentées dans ce manuel sont prévues pour une accélération du sol maximale de 0.35 g et permettent une hauteur maximale du bâtiment de deux étages.

La qualité des matériaux (briques, acier, mortier, ciment) ainsi que la qualité d'exécution auront une influence capitale sur le résultat final. Pareillement, la qualité du sol, les hypothèses d'accélération du sol et les cadres légaux peuvent varier d'un pays à l'autre.

Le présent manuel propose des concepts et des détails d'exécution qui peuvent assurer, si appliqués scrupuleusement, une construction raisonnablement résistante aux séismes. Néanmoins, personne ne peut garantir une construction sûre à 100% et en toutes conditions. Aussi l'auteur ne peut-il être tenu pour responsable pour les dommages ou pertes quels qu'ils soient.

Remerciements

Pour les apports techniques, je souhaite remercier:

René Guillod de 'WGG Schnetzer Puskas Ingénieurs' à Bâle, Suisse, à qui je dois les calculs, et qui a su garder en tête l'environnement faiblement technologique que vise ce manuel.

Marcial Blondet et *Angel San Bartolomé* de la Pontifica Universidad Católica del Perú pour leurs commentaires sur la version "terrain" de 2007 du présent manuel.

Milan Zacek de l'École Nationale Supérieure d'Architecture (ENSA) de Marseille-Luminy, *Andrew Charleson* de la Victoria University of Wellington, Nouvelle Zélande, *Svetlana Brzev* de l'Institut Technologique de la Colombie Britannique, Canada, *Tim Hart* de Dasse Design Inc., Californie, *Marcelo Oropeza* de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse et *Laurent Demarta*, 'architecte humanitaire', pour leur révisions et suggestions.

Mes 40+ formateurs locaux au Pakistan, *UN-Habitat*, *ERRA* et *NESPAK* pour leurs retours du terrain durant la phase de reconstruction.

Pour les soutiens financiers, ma gratitude va à:

La compagnie d'assurance *SwissRe*, Zurich,

Le *Comité International de la Croix-Rouge*, CICR, Genève.

L'*UNESCO* à Paris,

Le bailleur de fonds *Swiss Solidarity* à Genève

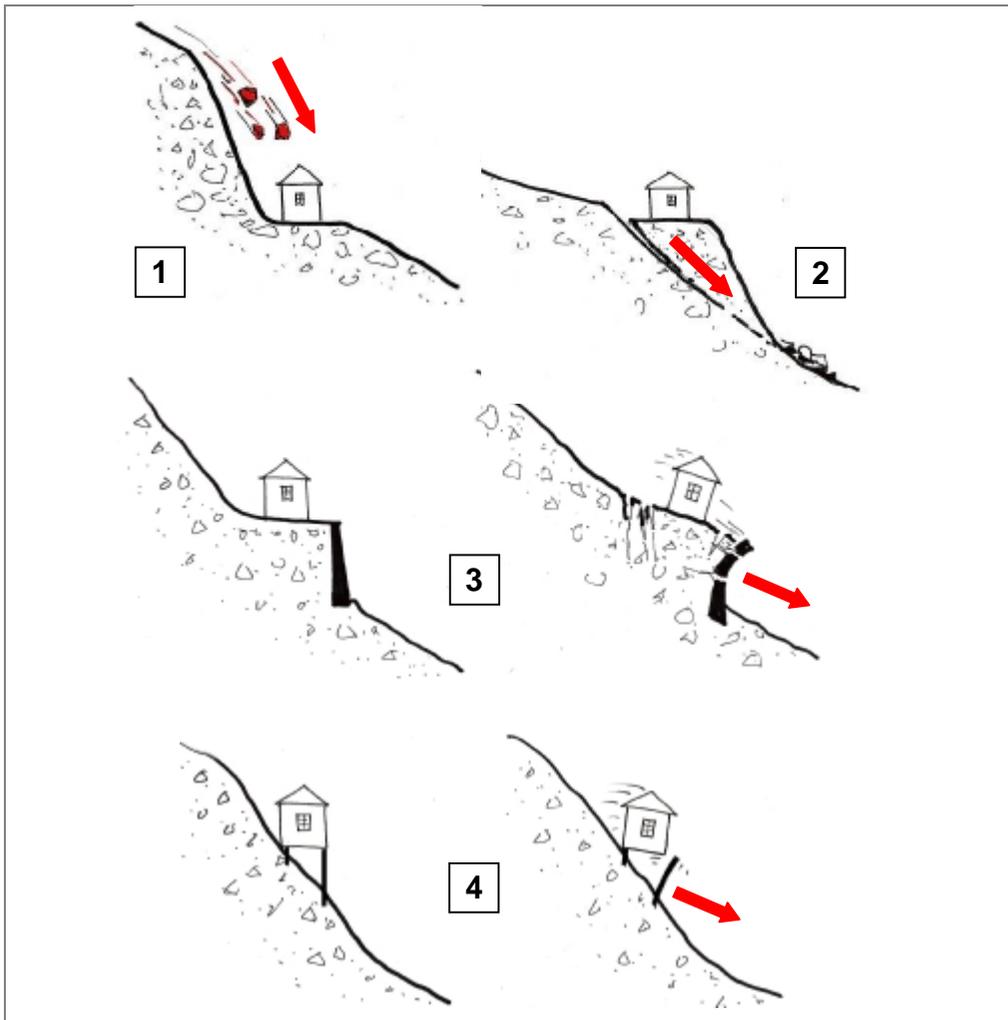
La *Holcim Foundation* de Zurich pour le prix *Holcim Award* 2008, dont le montant a été investi dans ce projet

L'*Agence Suisse pour le Développement et la Coopération*, SDC, à la fois pour son soutien financier et pour m'avoir proposé un contrat de consultant technique au Pakistan en 2006-2007.

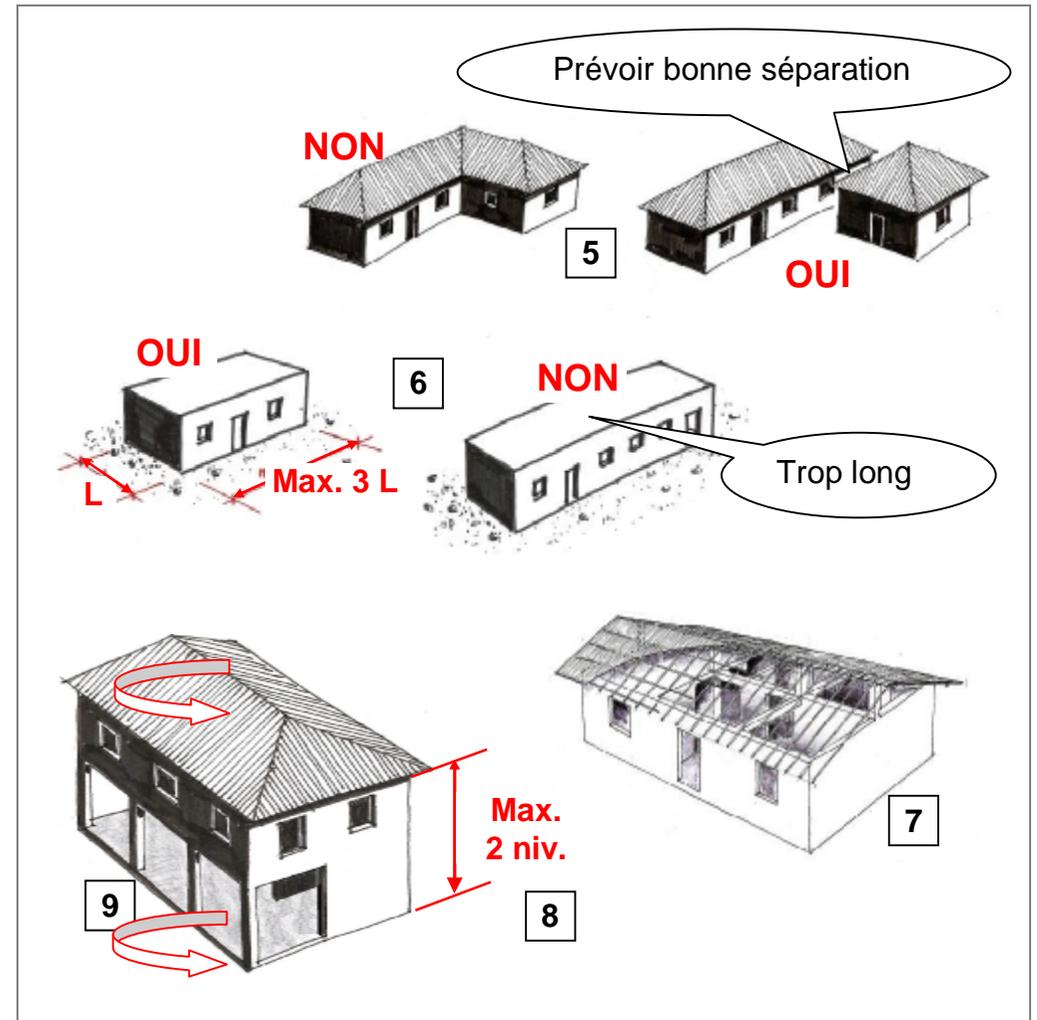
Pour leurs encouragements et leurs conseils en publication, mes remerciements spécifiques vont à tous les membres du réseau de maçonnerie encadrée, et en particulier à:

Sudhir K. Jain, *C.V.R. Murty* and *Durgesh C. Rai* de l'Institut Indien de Technologie (IIT) Kanpur,

Marjorie Greene du Earthquake Engineering Research Institute (EERI).

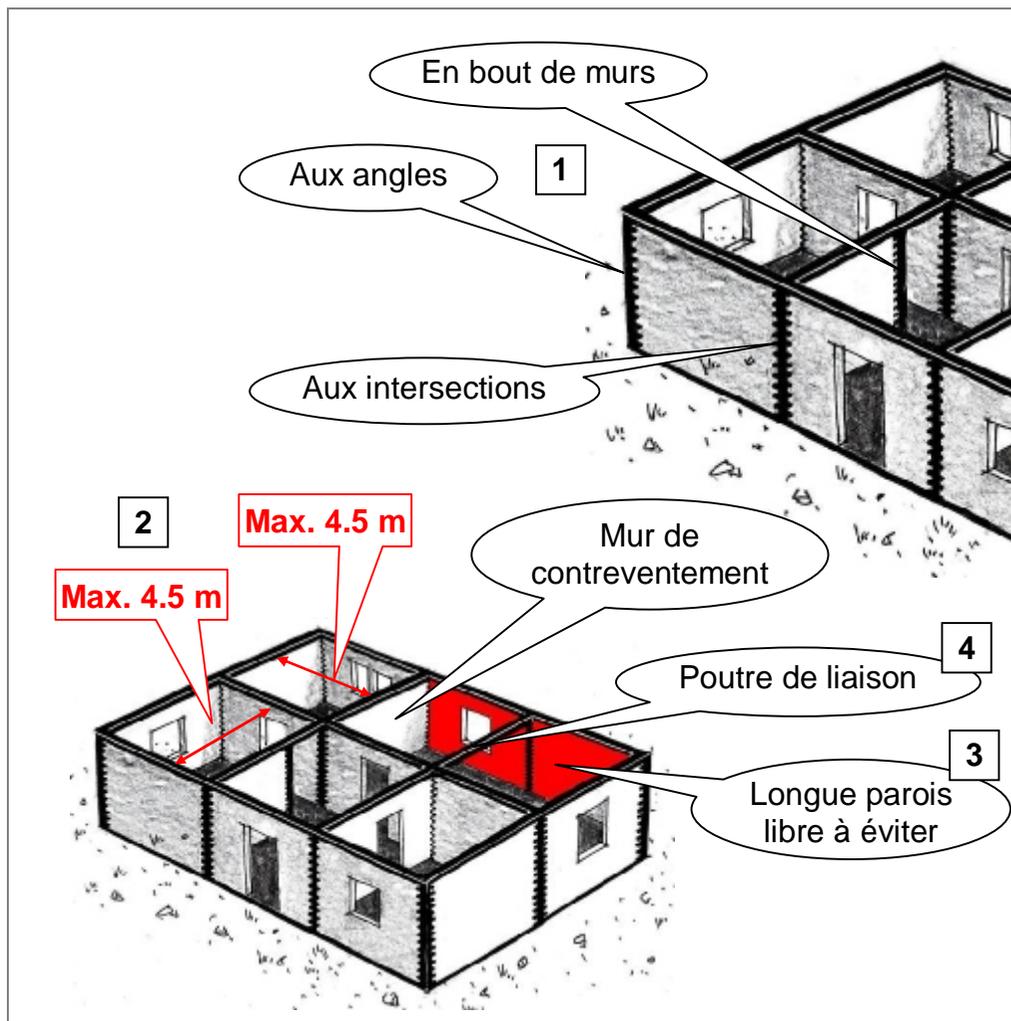


1. Ne construisez pas au pied d'une forte pente: des rochers peuvent tomber sur votre maison.
2. Ne construisez pas au bord d'une pente: le terrain peut glisser.
3. Ne construisez pas trop près d'un mur de soutènement: il peut se rompre.
4. Ne construisez pas sur des poteaux: ils vont se renverser pendant un tremblement de terre.

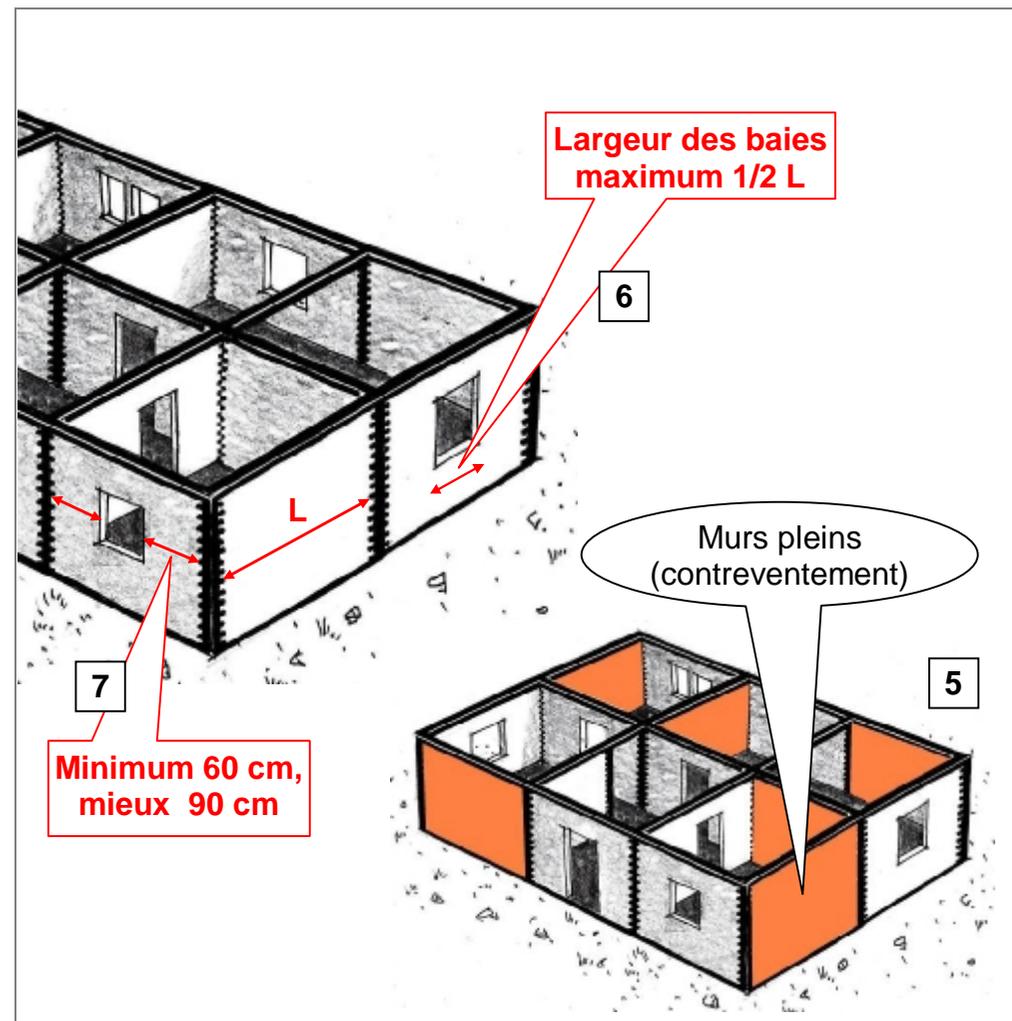


5. Un bâtiment doit avoir une forme simple. Si nécessaire il faut le diviser en rectangles indépendants.
6. Un bâtiment ne doit pas être plus long que trois fois sa largeur.
7. Une toiture légère est meilleure qu'une dalle en béton.
8. Ne construisez pas plus de deux niveaux.
9. Ne construisez pas sur des poteaux. Ils réagissent différemment au séisme que les murs et portent à la torsion et collapse.

1. Choix du site et forme du bâtiment

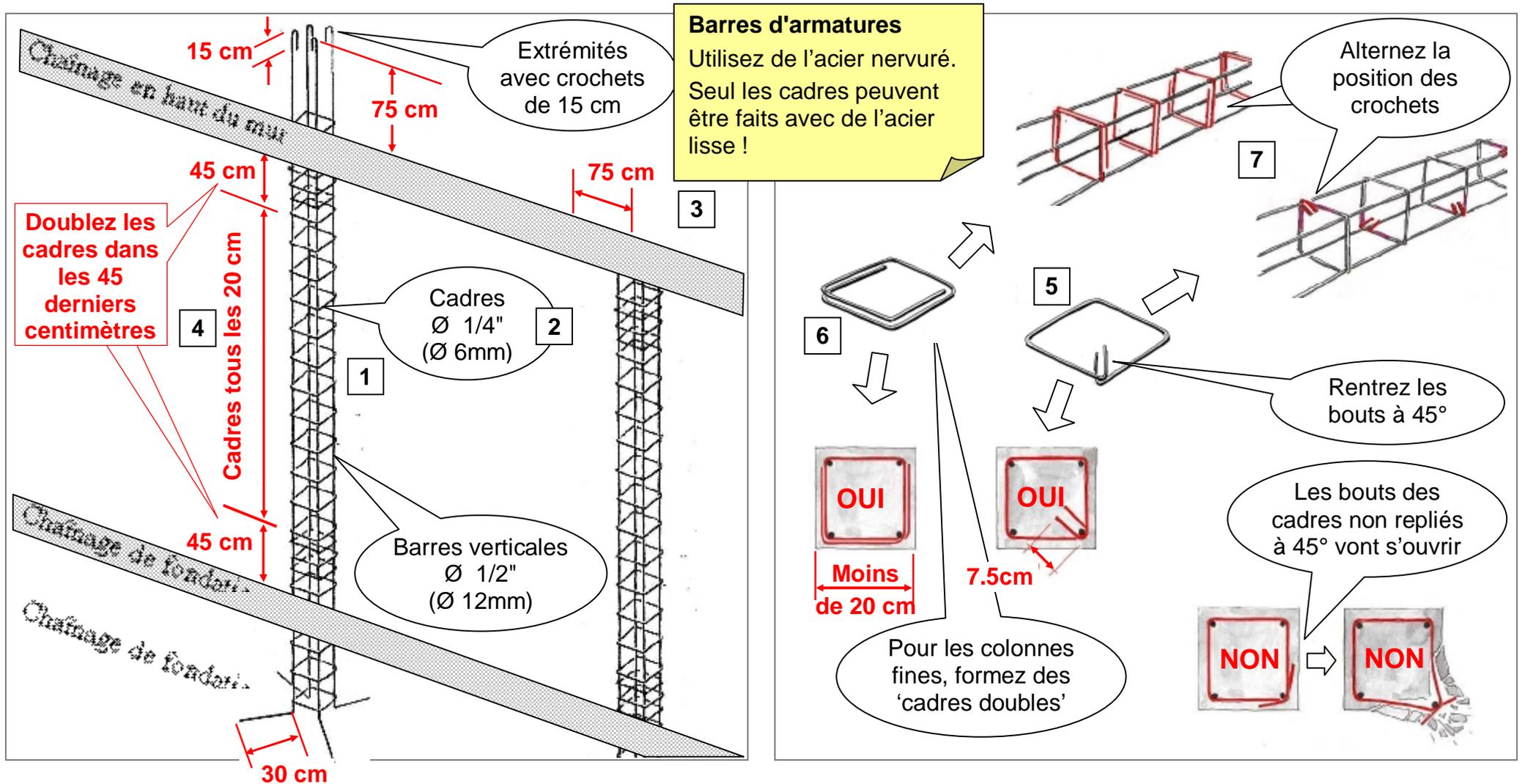


1. Chaînages verticaux aux intersections et aux extrémités des murs.
2. Aucun pan de mur ne peut être libre sur plus de 4.5m.
3. De longues parois sans mur de contreventement intermédiaire sont à éviter.
4. Dans le cas d'une grande pièce (pas plus d'une par étage), une poutre doit relier le chaînage verticale central de mur long à l'ensemble de la structure.



5. Des murs sans ouvertures ou percements sont nécessaires à la solidité de la structure. Il faut en placer autant que possible, idéalement un pan dans chaque alignement de murs, mais au moins un dans chaque façade.
6. La largeur maximal des ouvertures ne peut excéder la moitié de la distance entre chaînages verticaux.
7. Laisser au moins 60 cm (mieux 90 cm) entre les ouvertures et les chaînages verticaux.

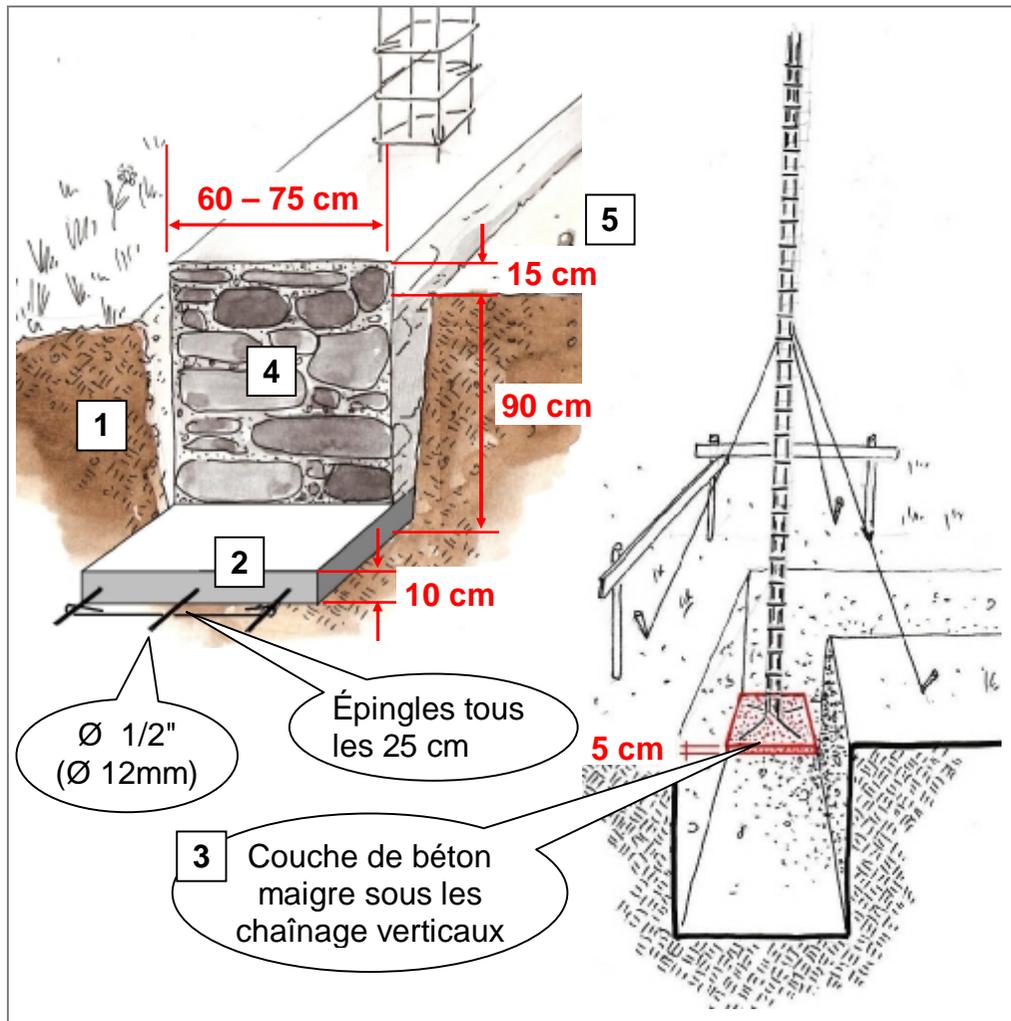
2. Règles de base



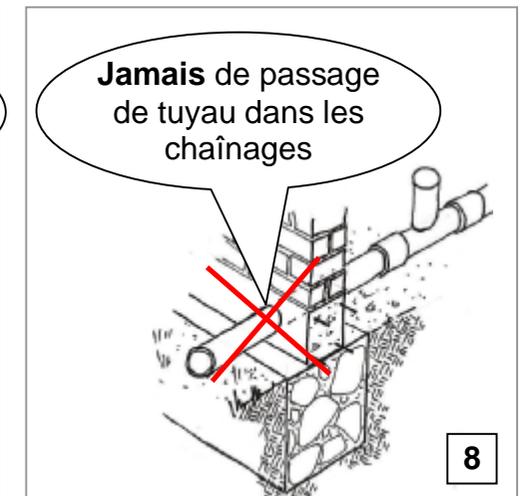
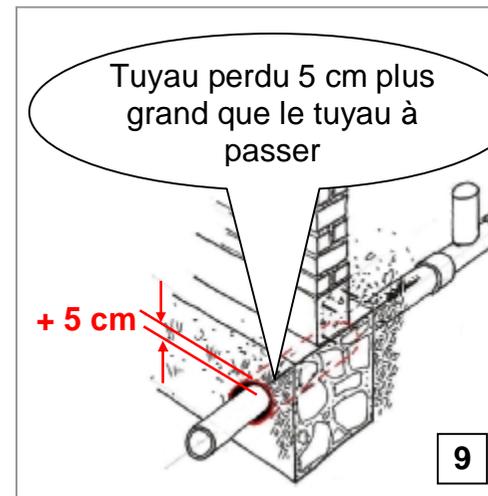
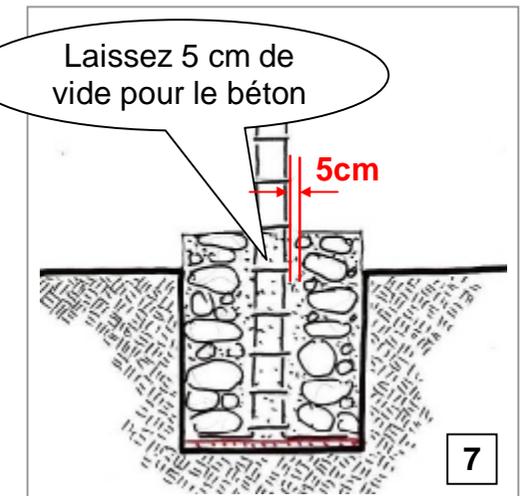
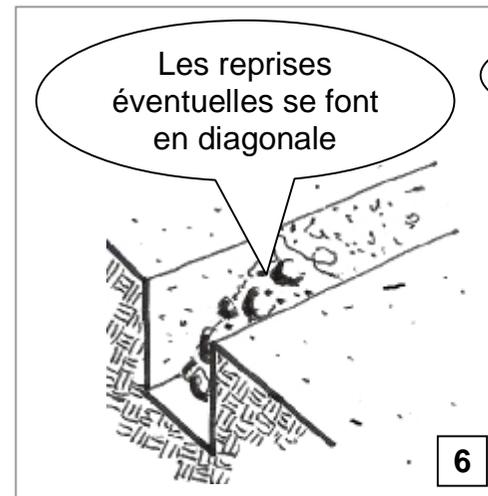
1. Calculez la longueur des barres du chaînage vertical à partir du bas de la fondation jusqu'à la partie supérieure du chaînage en haut du mur.
Ajoutez 125 cm (30 cm pour les 'pieds', 75 cm au dessus de la dalle et 20 cm pour les crochets).
2. Vérifiez que l'acier pour les cadres ait vraiment 6 mm de diamètre et pas moins. Autrement utilisez du 8 mm.
3. Si aucune surélévation ultérieure n'est prévue, repliez les barres laissées 'en attente' dans le chaînage horizontal en haut du mur.

4. Posez les cadres tous les 20 cm. Doublez leur nombre sur les premiers et derniers 45 cm des chaînages verticaux (10 cm d'espacement).
5. Les cadres doivent être fermés par des crochets à 45°
6. **Pour les chaînages verticaux étroits (moins de 20 cm), formez des 'cadres doubles' afin d'offrir plus d'espace pour le passage du béton.**
7. Alternez la position des crochets.

3. Ferrailage des colonnes

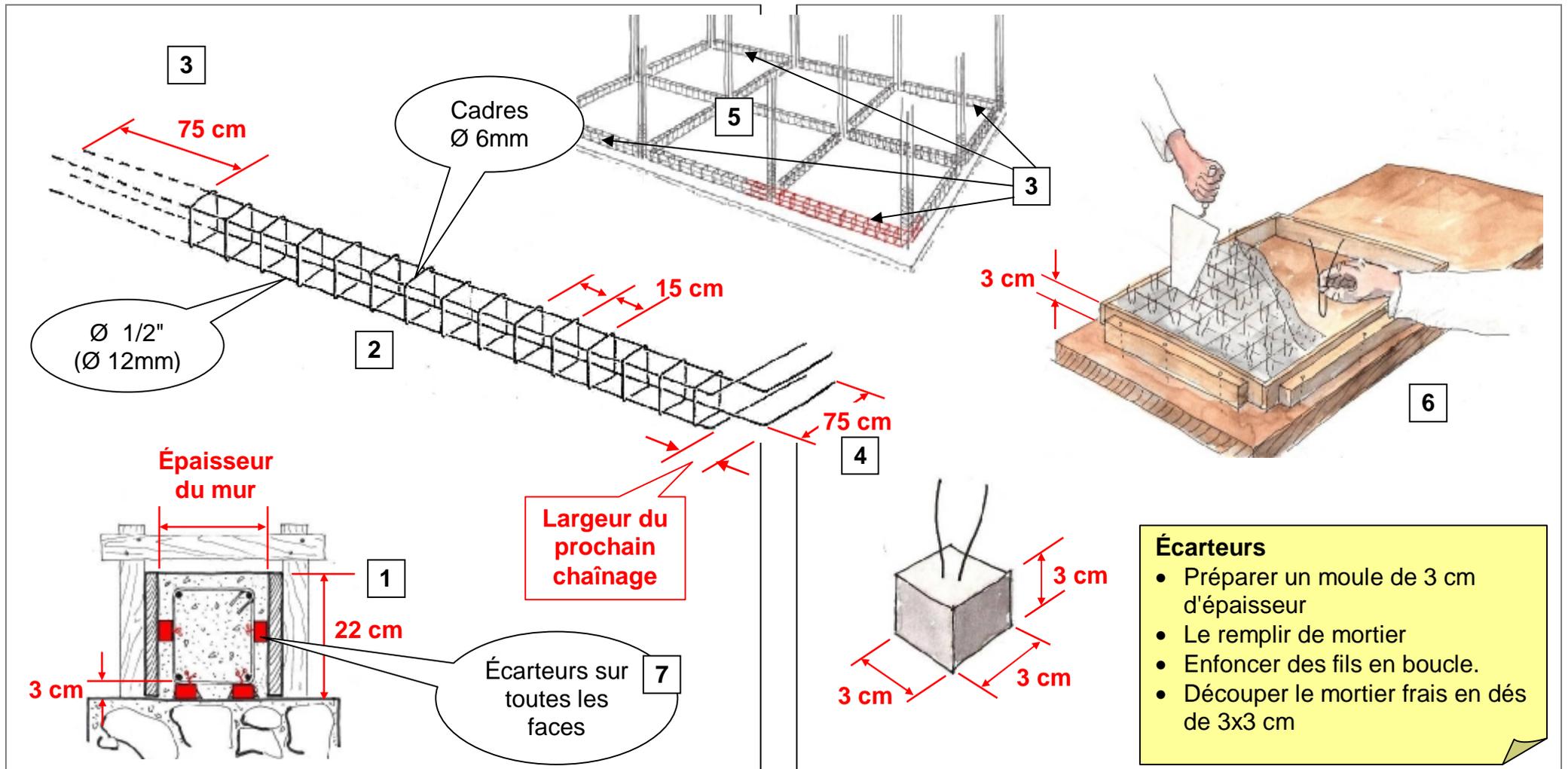


1. Creuser des tranchées de 90 cm de profondeur, et de 60 cm de large sur sol dur (75 cm de large sur sol tendre).
2. Sur sol tendre, coulez une semelle de 10 cm de béton, armé 3 \varnothing 12 mm.
3. Placez les chaînages verticaux sur cette semelle (sur sol dur, préparez des lits indépendants de béton maigre sous chaque colonne).
4. Déalisez les fondations en pierre et béton.
5. Les fondations doivent dépasser le sol de 15 cm.



6. Si les travaux de fondations doivent être interrompus, faites le en oblique avec des pierres bien apparentes (surface irrégulière d'accrochage).
7. Laissez un vide de 5 cm autour l'armature des chaînages verticaux afin de permettre au béton de bien l'enrober.
8. Aucune tuyauterie n'est admissible à travers le chaînage de fondation.
9. Préparez le passage d'éventuels tuyaux à travers les fondations en y disposant un tuyau plus gros, perdu (et non un sac de ciment!).

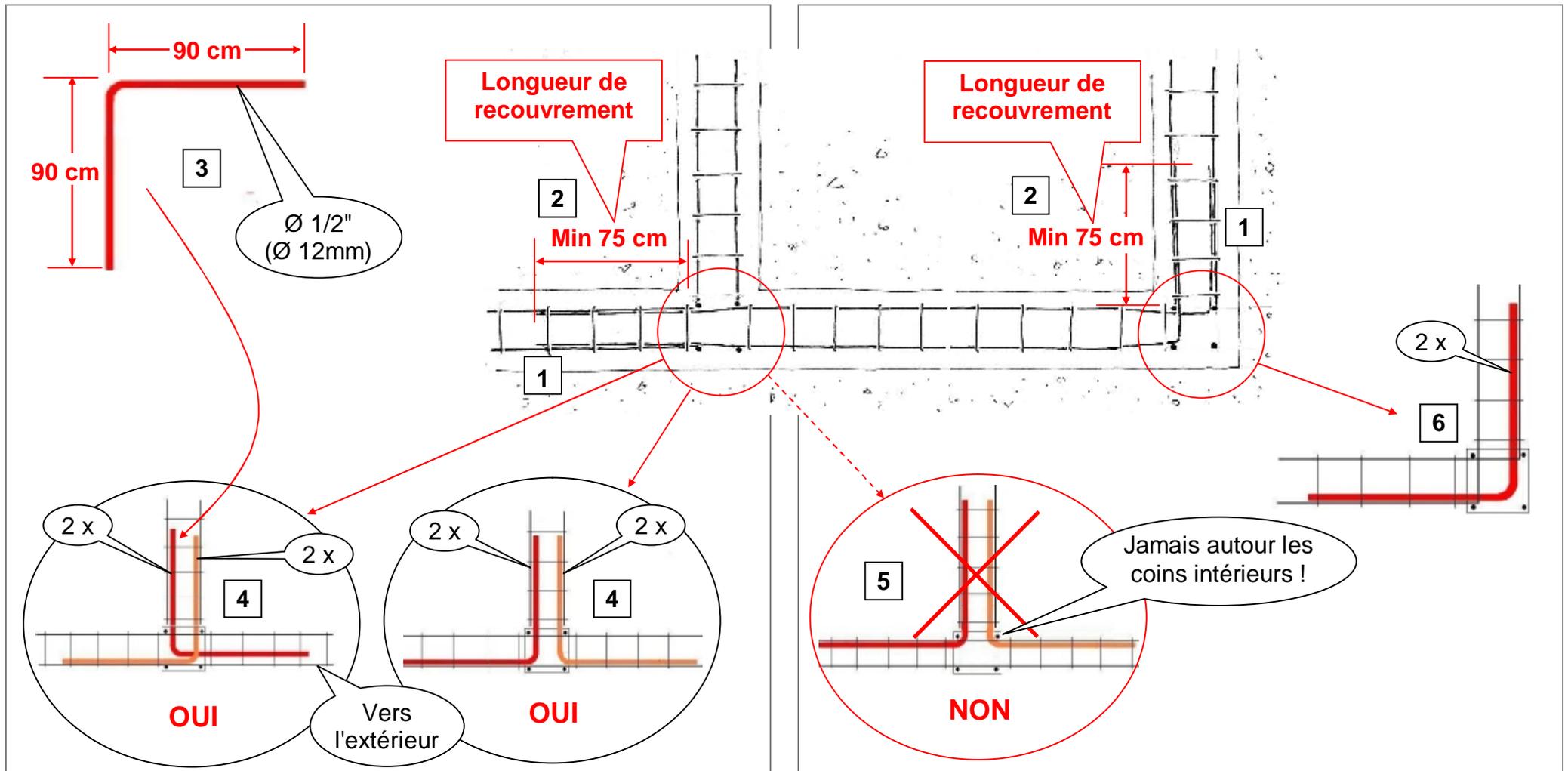
4. Fondations



1. Le chaînage de fondation fait 22 cm de haut et est aussi large que le mur dessus.
2. Placez les cadres tous les 15 cm.
3. Pour les chaînages des extrémités, pliez les barres longitudinales seulement à un bout afin de les connecter avec les chaînages suivants allant dans l'autre direction.
4. Ces bouts pliés doivent avoir une longueur de pas moins de 75 cm.

5. Placez les chaînages de fondation entre les armatures des chaînages verticaux.
6. Préparez des écarteurs en abondance, comme montré ci-dessus.
7. Placez les écarteurs de part et d'autre, ainsi que sous l'armature du chaînage, et ceci tous les 60 à 90 cm.
8. Les écarteurs sont fondamentaux pour assurer le positionnement des armatures et leur bon enrobage (le béton protège l'acier de la rouille).

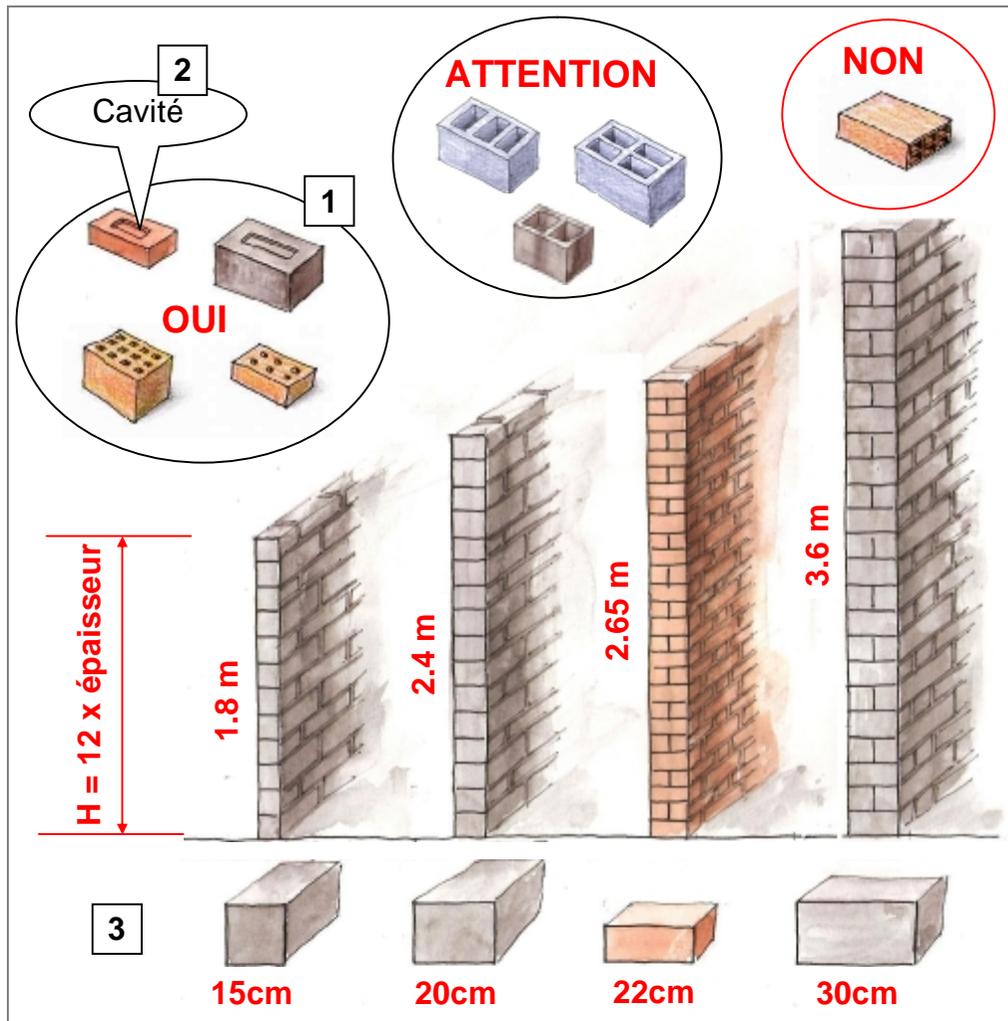
5. Chaînage de plinthe



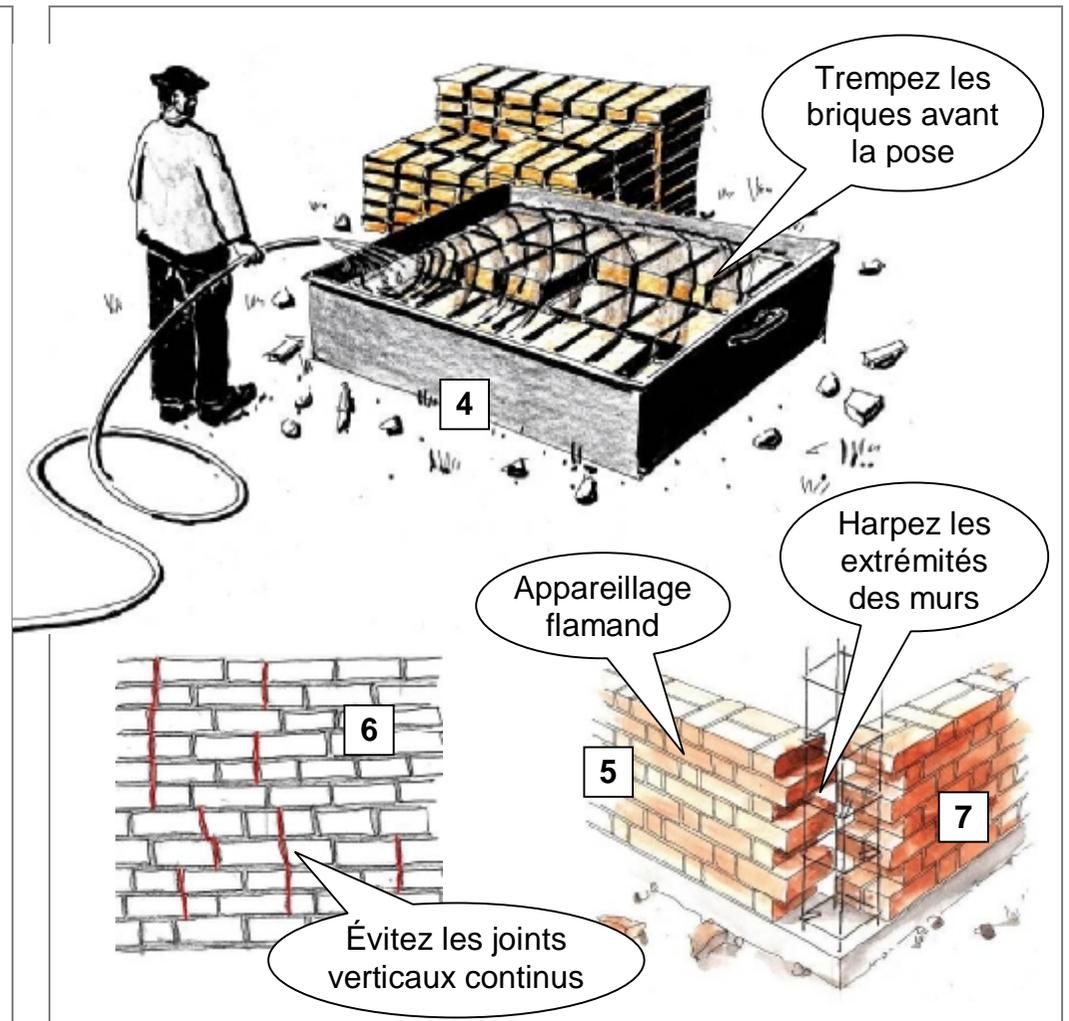
1. Connectez les chaînages en insérant les extrémités de l'armature à l'intérieur de l'armature suivante.
2. Les barres d'armature doivent se superposer sur 75 cm. Ceci s'appelle la longueur de recouvrement.
3. Préparez des barres de connexion Ø 1/2" (12mm), pliées à angle droit avec des cotés de 90 cm. Ces barres de connexions seront utilisées pour relier les chaînages aux points intermédiaires et aux angles.

4. Aux intersections, insérez les barres de connexion en correspondance avec les barres longitudinales (2 en haut, 2 en bas). Elles doivent être placées vers les barres extérieures des chaînages.
5. Ne jamais positionner les barres de connexion sur les faces intérieures des chaînages.
6. Aux angles, insérez deux barres de connexion (1 en haut, 1 en bas) et fixez-les contre l'armature extérieure (ne jamais vers le côté intérieur).

6. Articulations des chaînages



1. Utilisez des briques ou blocs en béton solides et de bonne qualité. Les briques creuses sont interdits. Pour les blocs en béton, observez les spécifications en page 20.
2. Les briques et blocs avec une cavité pour une meilleure adhésion du mortier sont préférables.
3. Les murs ne doivent pas excéder en hauteur 12 fois leur épaisseur.



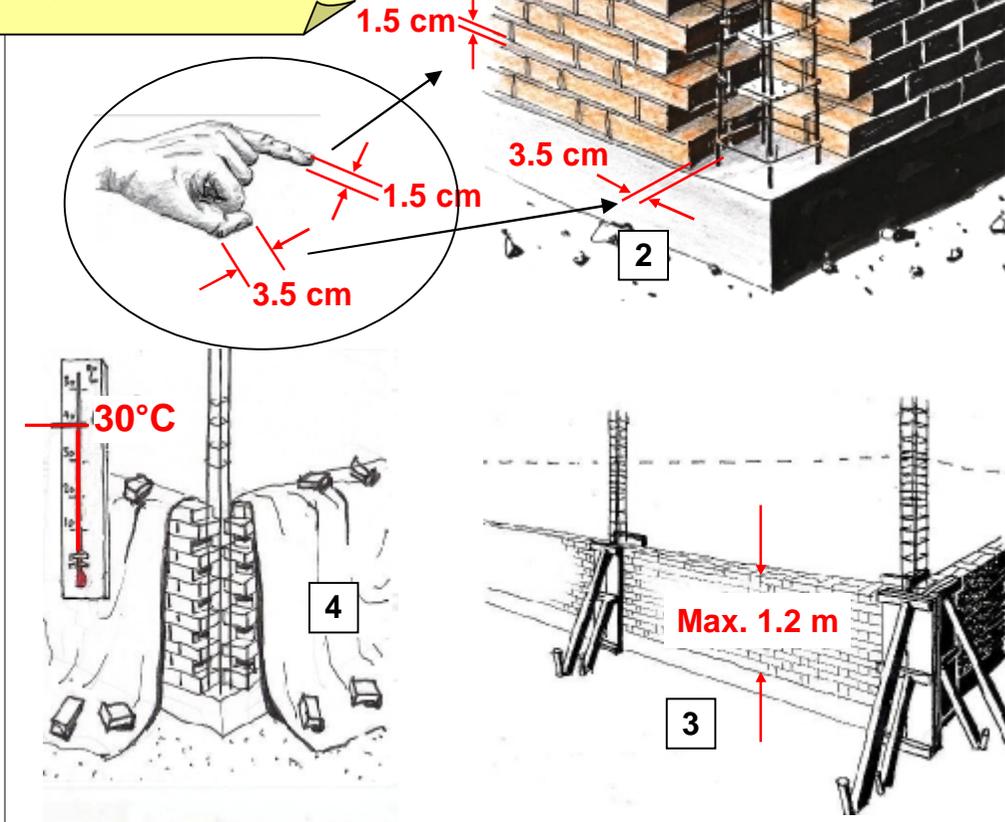
4. Pour éviter que les briques ou blocs absorbent l'eau du mortier, mettez les à tremper 5 heures avant usage.
5. Pour la maçonnerie en briques pleines, utilisez l'appareillage flamand montré ici (cette règle ne s'applique pas aux blocs de béton).
6. Évitez les joints verticaux continus..
7. Pour assurer une meilleure adhésion du béton des chaînages, harpez les extrémités des murs du côté des chaînages verticaux.

7. Maçonnerie

Mortier

- Ciment: 1 part
- Sable: 4 parts

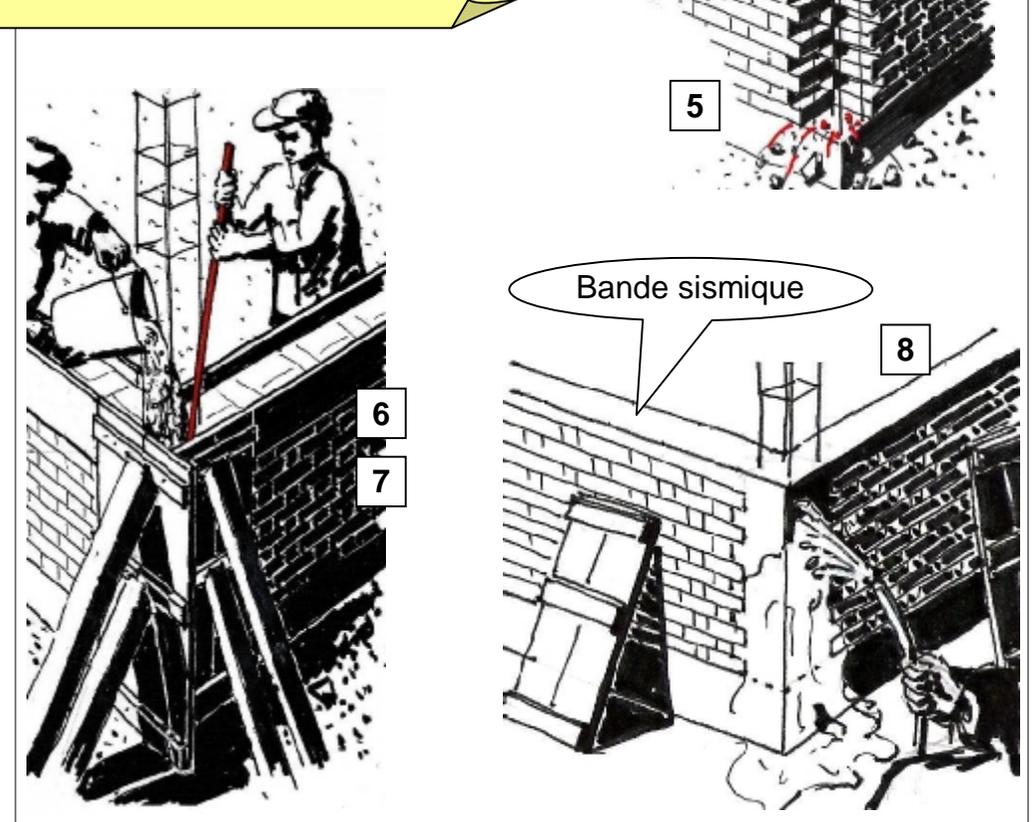
Mélanger à sec avant d'ajouter l'eau



1. Les lits de mortier ne doivent pas être plus gros que 1.5 cm.
2. Laissez 3.5 cm de vide autour des ferrillages pour l'enrobage des aciers.
3. Ne montez pas plus de 1.2 m de mur par jour.
4. Protégez la maçonnerie fraîche de l'évaporation (= du soleil) en la couvrant de sacs mouillés ou de bâches de plastique.
5. Nettoyez attentivement les vides et surfaces de reprise avant de mettre le coffrage.

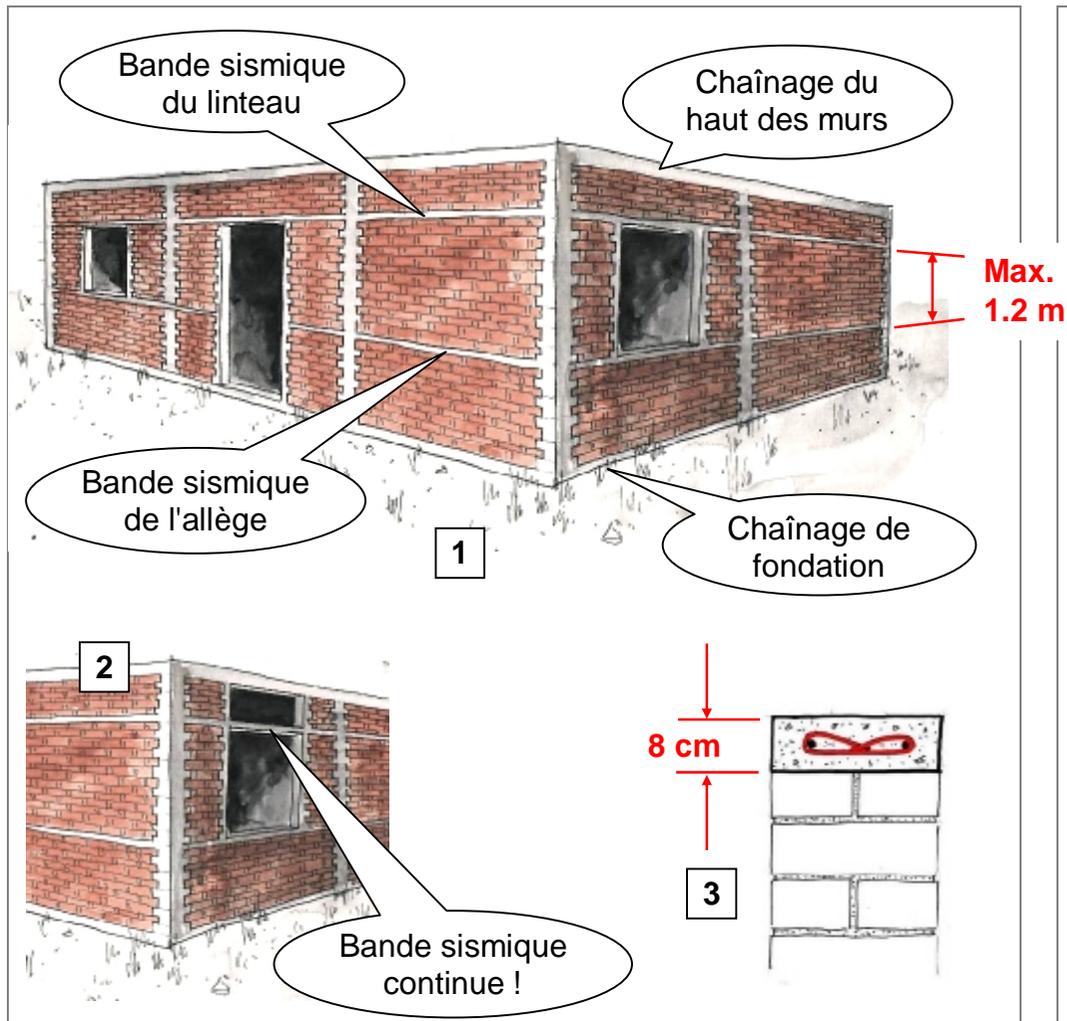
Béton

- Ciment: 1 part
- Sable grossier sec: 2 parts
- Gravier de 18 mm: 4 parts
- Eau: 1 part



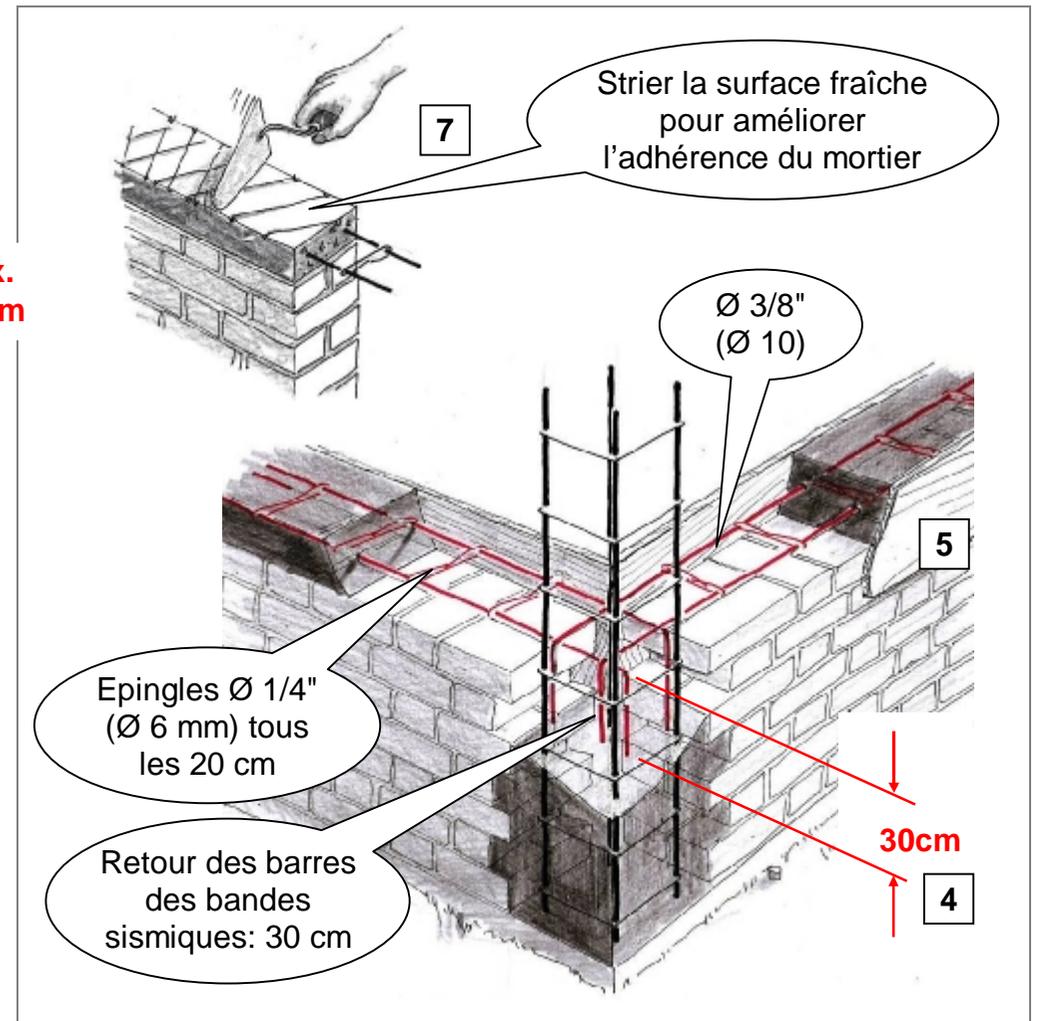
6. Pour assurer la bonne mise en œuvre du béton, coulez les chaînages verticaux en même temps que les bandes sismiques, soit en étapes de pas plus de 1.2 m.
7. Compactez le béton avec une barre d'acier et frappez contre le coffrage avec un marteau. Si possible, utiliser une aiguille vibrante. N'ajoutez jamais d'eau pour rendre le béton plus fluide.
8. Le béton doit rester humide pour faire sa prise: trempez les surfaces deux fois par jour pendant les trois premiers jours et couvrez avec des bâches.

8. Bétonnage des chaînages verticaux



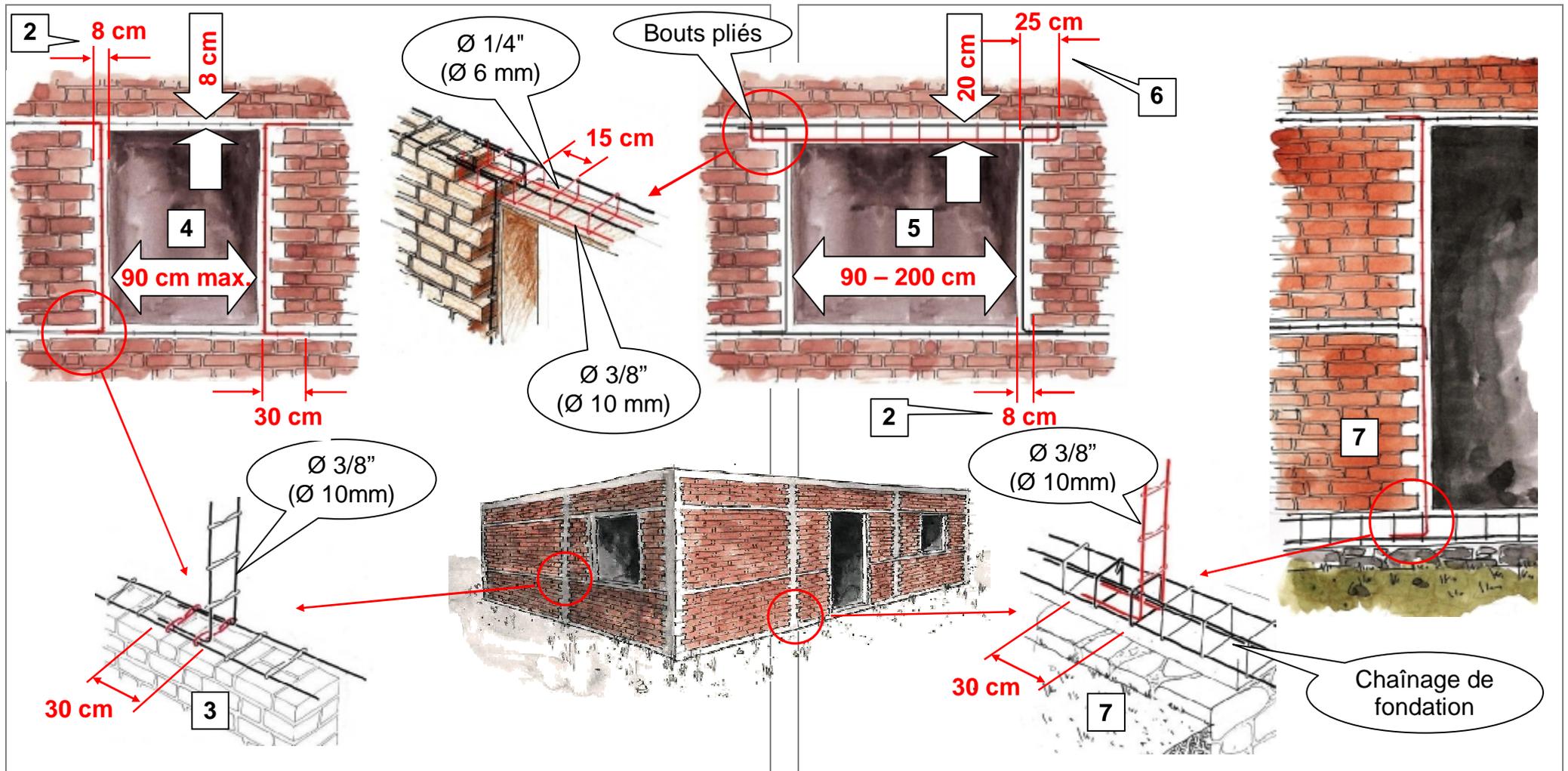
Les 'bandes sismiques' sont des chaînages horizontaux de faible épaisseur. Elles aident à retenir les murs en cas de séisme.

1. Les bandes sismiques courent au niveau des allèges et des linteaux des fenêtres. L'écartement maximal entre les bandes est de 1.2 m.
2. Pour une fenêtre de plus de 1.2 m de haut, il vaut mieux laisser passer la bande à travers (ainsi elle servira aussi de brise-soleil).
3. Les chaînages sismiques font 8 cm d'épaisseur.



4. Retournez les aciers dans la colonne sur une longueur de 30 cm. Veillez à ce que les retours soient placés vers le bord extérieur des chaînages verticaux.
5. Placez les coffrages des bandes.
6. Coulez les bandes en même temps que les chaînages verticaux.
7. Striez la surface des bandes avec la truelle pour assurer une meilleure accroche du premier lit de mortier.

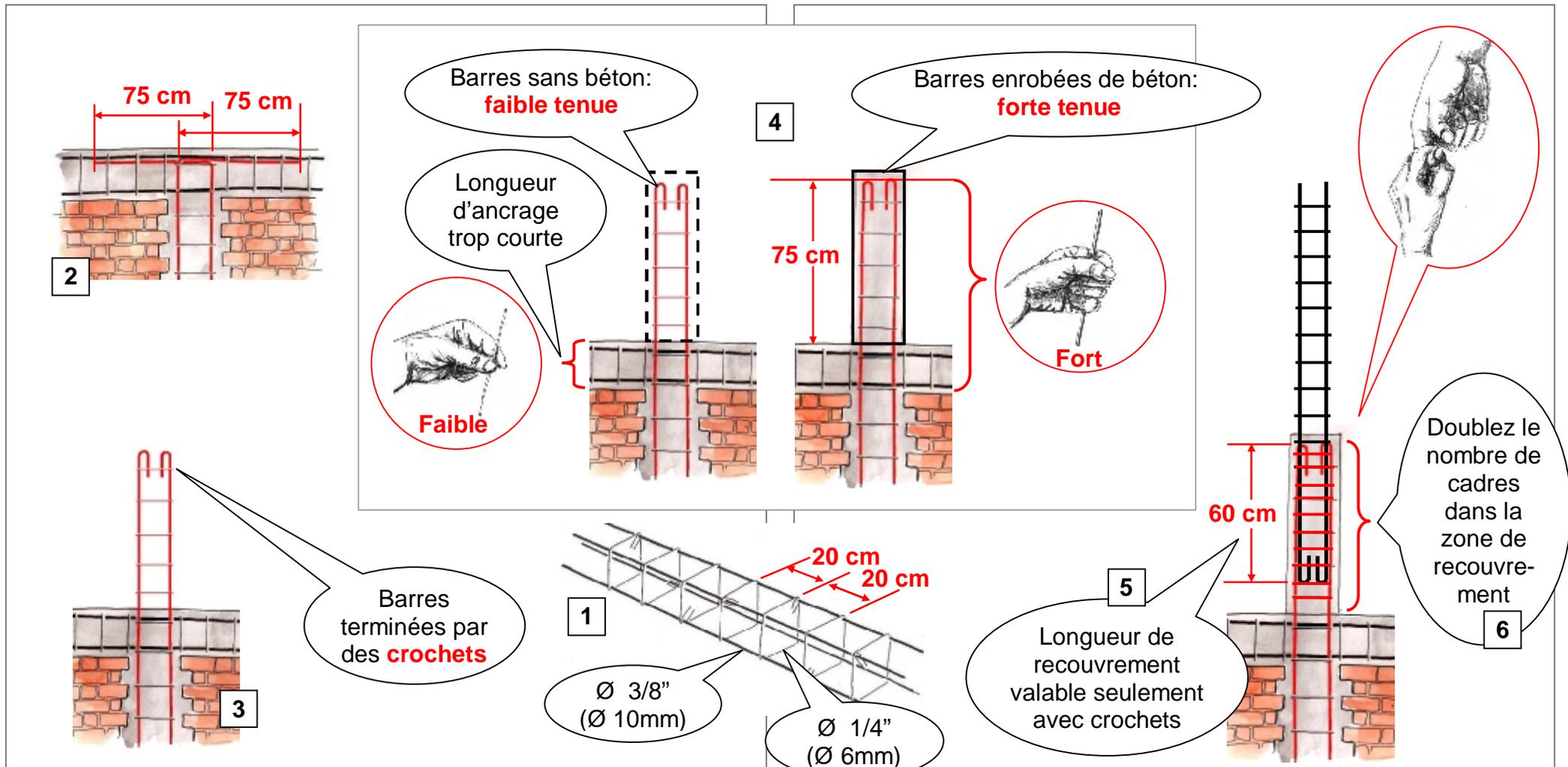
9. Bandes sismiques



1. Les montants de part et d'autre des ouvertures sont en béton armé de 8 cm d'épaisseur.
2. Les retour d'acier de 30 cm des montants doivent être enfilés dans les épingles des bandes ou chaînages correspondants.
3. Jusqu'à 90 cm de portée, la bande sismique standard de 8 cm peut faire office de linteau.

4. Pour les baies de 90 cm à 2 m, le linteau doit faire 20 cm d'épaisseur (renforcé avec 4 barres de 10 mm avec les bouts pliés en crochets)
5. Pour ces plus grandes ouvertures, assurez vous que les linteaux soient appuyés sur au moins 25 cm.
6. **Pour les portes, placez les barres verticales des montants dans le chaînage de fondation avant le bétonnage de ce dernier !**

10. Portes et fenêtres



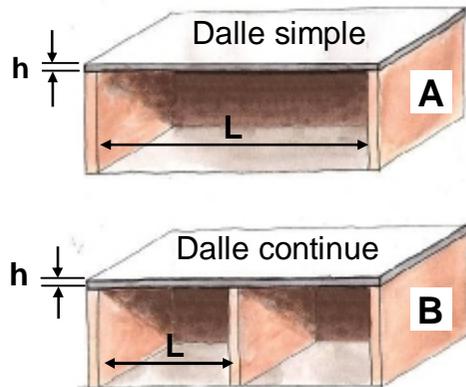
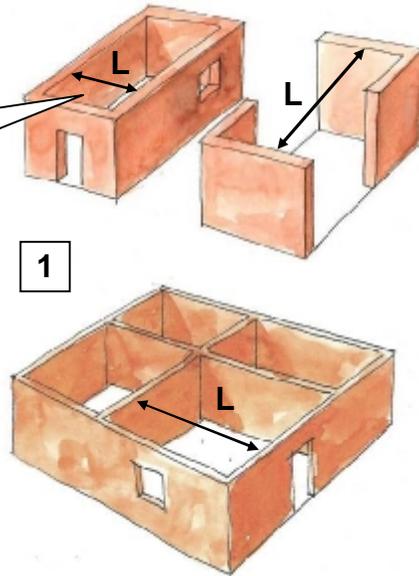
1. Préparez le chaînage du haut des murs avec des cadres tous les 20 cm.
2. Si aucune surélévation n'est prévue, noyez les dépassements des barres verticales dans le chaînage sur 75 cm.
3. Si vous prévoyez d'ajouter un étage dans le futur, pliez les extrémités libres des barres verticales (les 'fers en attente') en crochets. (Si vous voulez ajouter des poteaux porteurs ne faites pas de crochets! Elles sont inadmissibles dans des éléments sous compression).

4. Dans l'attente de l'étage coulez les 'fers en attente' en du béton maigre. Ceci garantie une longueur d'ancrage correcte des barres. En même temps le recouvrement de béton protège l'acier de la rouille.
5. La termination des aciers en crochet permet de réduire le recouvrement à 60 cm.
6. Dans la zone de recouvrement le nombre de cadres doit être doublé.

11. Connexion chaînage vertical - chaînage sommital

Portée L

La portée L est la plus courte distance entre deux murs porteurs opposés.



1. Cherchez la portée la plus petite de la pièce la plus grande. Elle déterminera l'épaisseur de la dalle pour toutes les pièces (Pour des raisons pratiques la dalle aura la même épaisseur sur toutes les pièces).
2. Déterminez l'épaisseur nécessaire d'après la table ci-contre.
3. Lorsqu'un second lit d'acier est nécessaire (voir page suivante), utiliser les mêmes diamètres et écartements que pour le lit précédent.

Ferrailage

Les aciers primaires sont placés dans le sens de la portée L (plus courte distance). Ils sont placés en premier.

Les aciers secondaires servent de répartiteurs. Ils sont placés au dessus des aciers primaires.

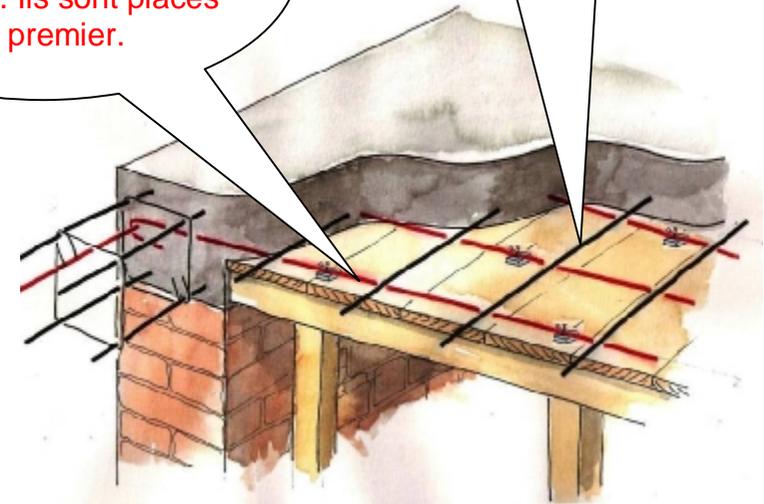
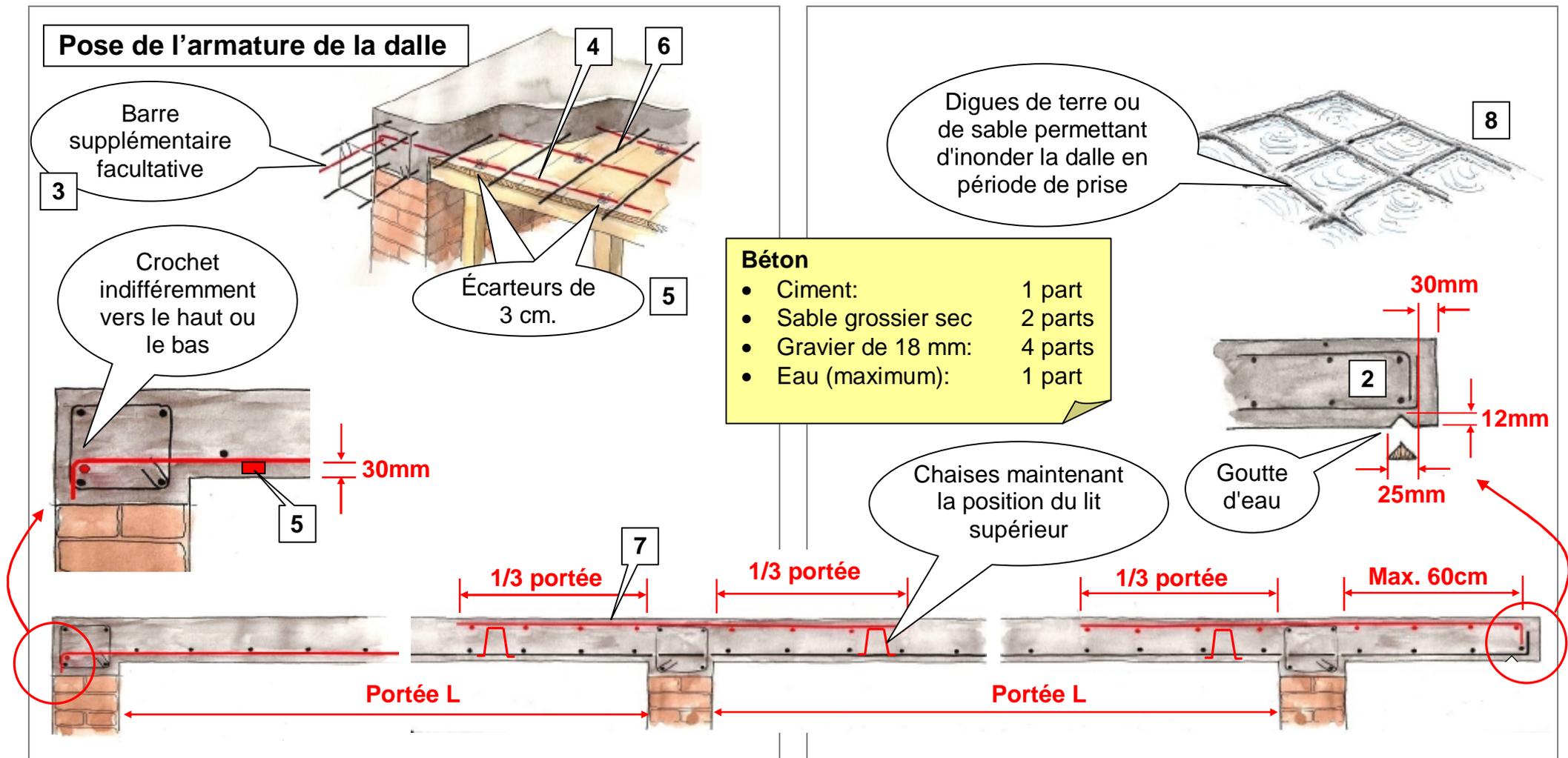


Table 1: Diamètres et distances des barres d'armature

Portée L	h = épaisseur de dalle	Aciers primaires	Aciers secondaires
Jusqu'à 2.4 m	10 cm	Ø 3/8" à 15 cm	Ø 1/4" à 25 cm
2.45 m – 3.0 m	12.5 cm	Ø 3/8" à 15 cm	Ø 1/4" à 25 cm
3.05 m – 3.6 m	15 cm	Ø 3/8" à 20 cm	Ø 3/8" à 30 cm
3.65 m – 4.2 m	18 cm	Ø 3/8" à 20 cm	Ø 3/8" à 25 cm
4.25 m – 4.5 m	20 cm	Ø 1/2" à 20 cm	Ø 3/8" à 25 cm

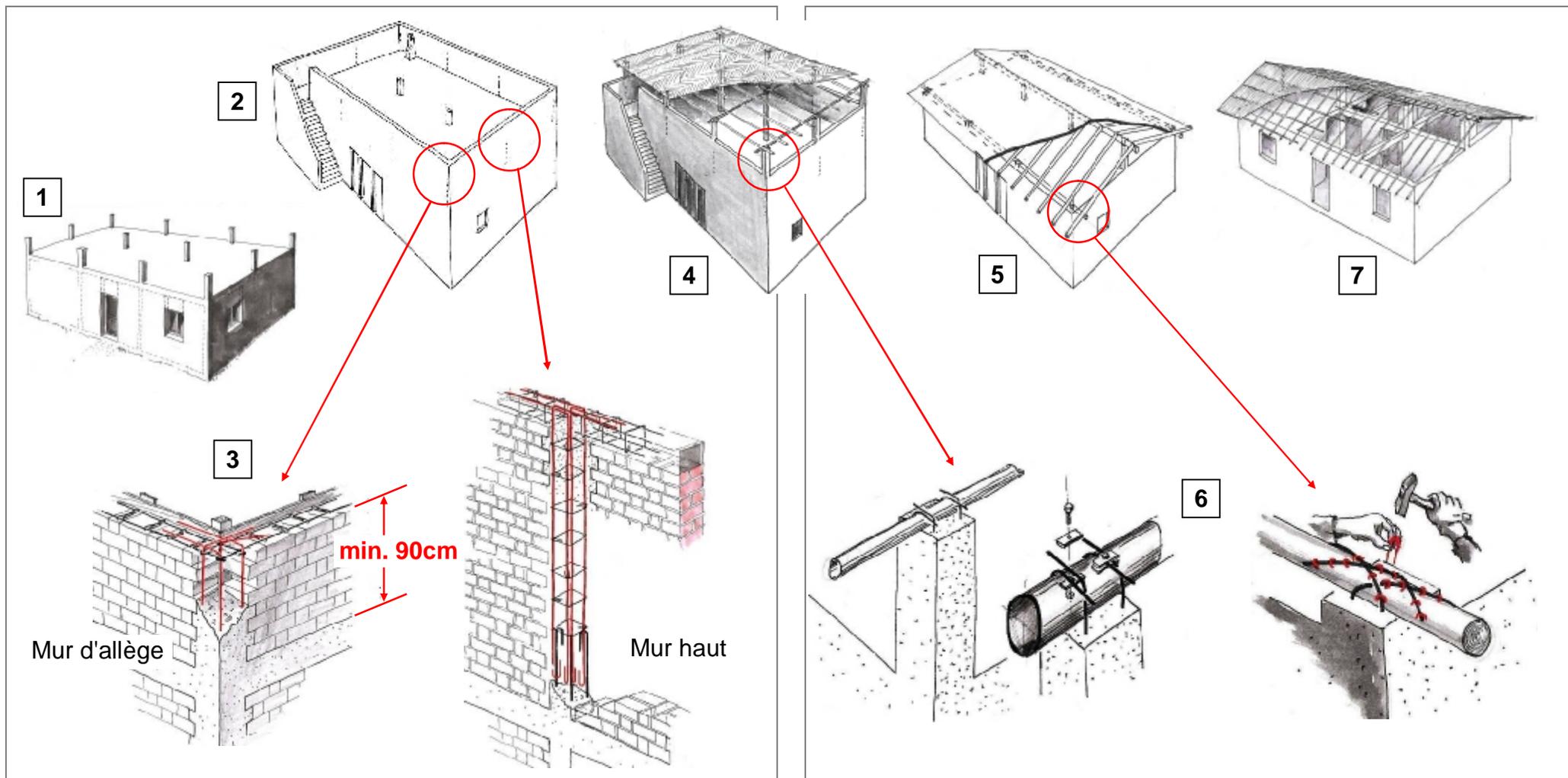
12. Dimensionnement d'une dalle béton

Pose de l'armature de la dalle



1. Assurez-vous que le coffrage de la dalle est étanche. Si nécessaire remplissez les interstices avec de la terre argileuse.
2. Formez une goutte d'eau sous la face inférieure des dalles en porte-à-faux en fixant un taquet en fond de coffrage.
3. Pour faciliter la pose des aciers primaires, vous pouvez ajouter une barre supplémentaire dans le chaînage.
4. Placez les aciers primaires dans le sens de la plus courte portée L.

5. Placez les écarteurs sous les aciers primaires tous le 60-90 cm
6. Ajoutez les aciers secondaires (dits 'de répartitions').
7. Ajoutez un lit d'acier supérieur où nécessaire, posé sur chaises.
8. Coulez toute la dalle en une seule fois. Maintenez la dalle humide pendant deux semaines en formant une mare d'eau sur la dalle (Le béton ne doit pas 'secher' mais 'durcir'. Pour faire cela il a besoin d'eau).
9. Attendez trois semaines avant de décoffrer.

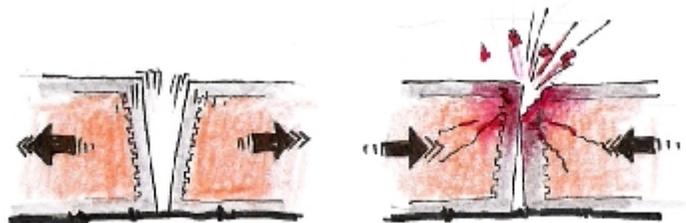


1. Les 'fers en attente' pour un future second étage sont à enrober de béton maigre (qui sera facilement cassé quand on décide de continuer avec els travaux).
2. Les murs d'allège sont à encadrer comme tout autre pan de murs, afin qu'ils ne tombent pas sur les passants durant un séisme.
3. Pour des raisons de sécurité pour les personnes les murs d'allège ne peuvent être plus bas que 90 cm.

4. En climat chaud, ombragez la dalle afin de tempérer l'intérieur. Ceci peut être fait avec de la tôle ou des nattes tressées.
5. En climat humide, ajoutez un toit en tôle ondulée. Il protégera la maison contre la pluie et assure l'ombre pendant la période chaude.
6. Utilisez les 'fers en attente' pour amarrer la structure de la toiture.
7. Il est également possible de faire une maison sans dalle de couverture et de fixer le toit directement sur le chaînage en haut des murs.

14: Toiture

Solution 1: Joint parasismique

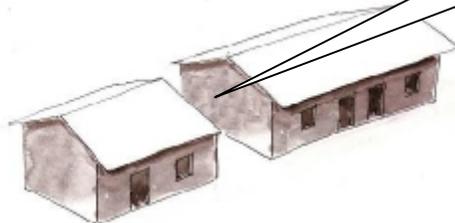


1



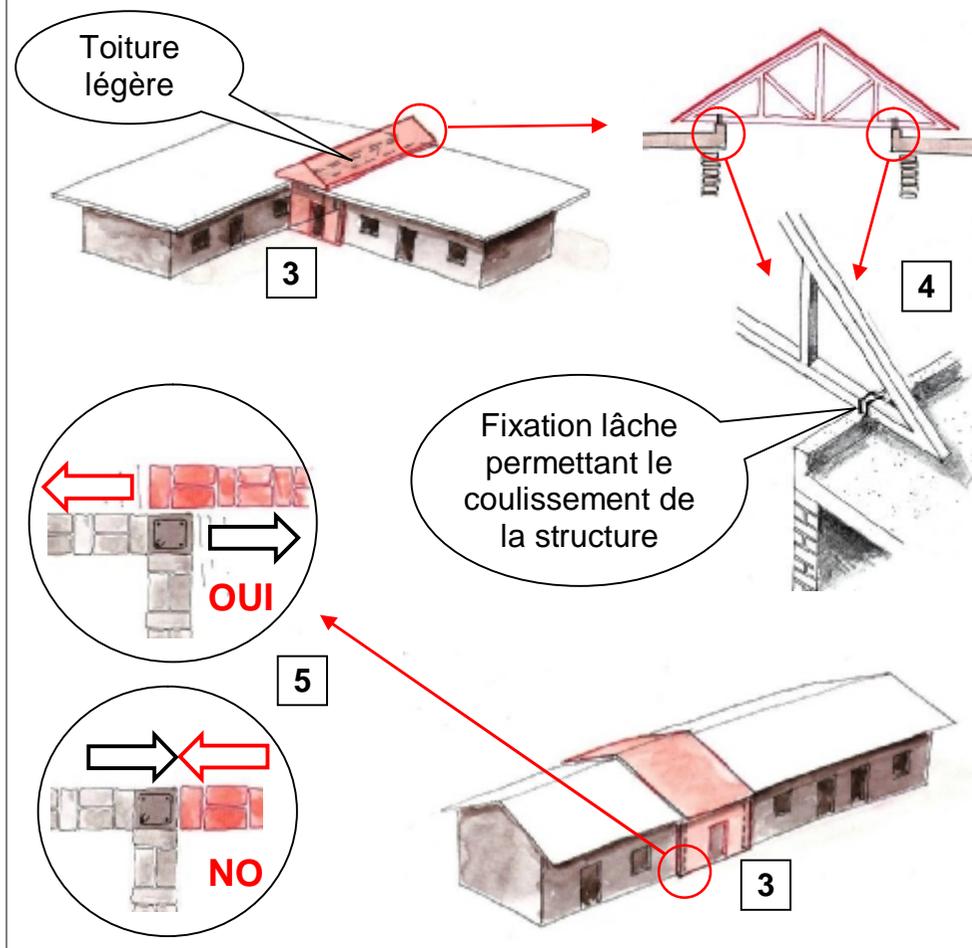
2

Maintenez une bonne distance entre bâtiments

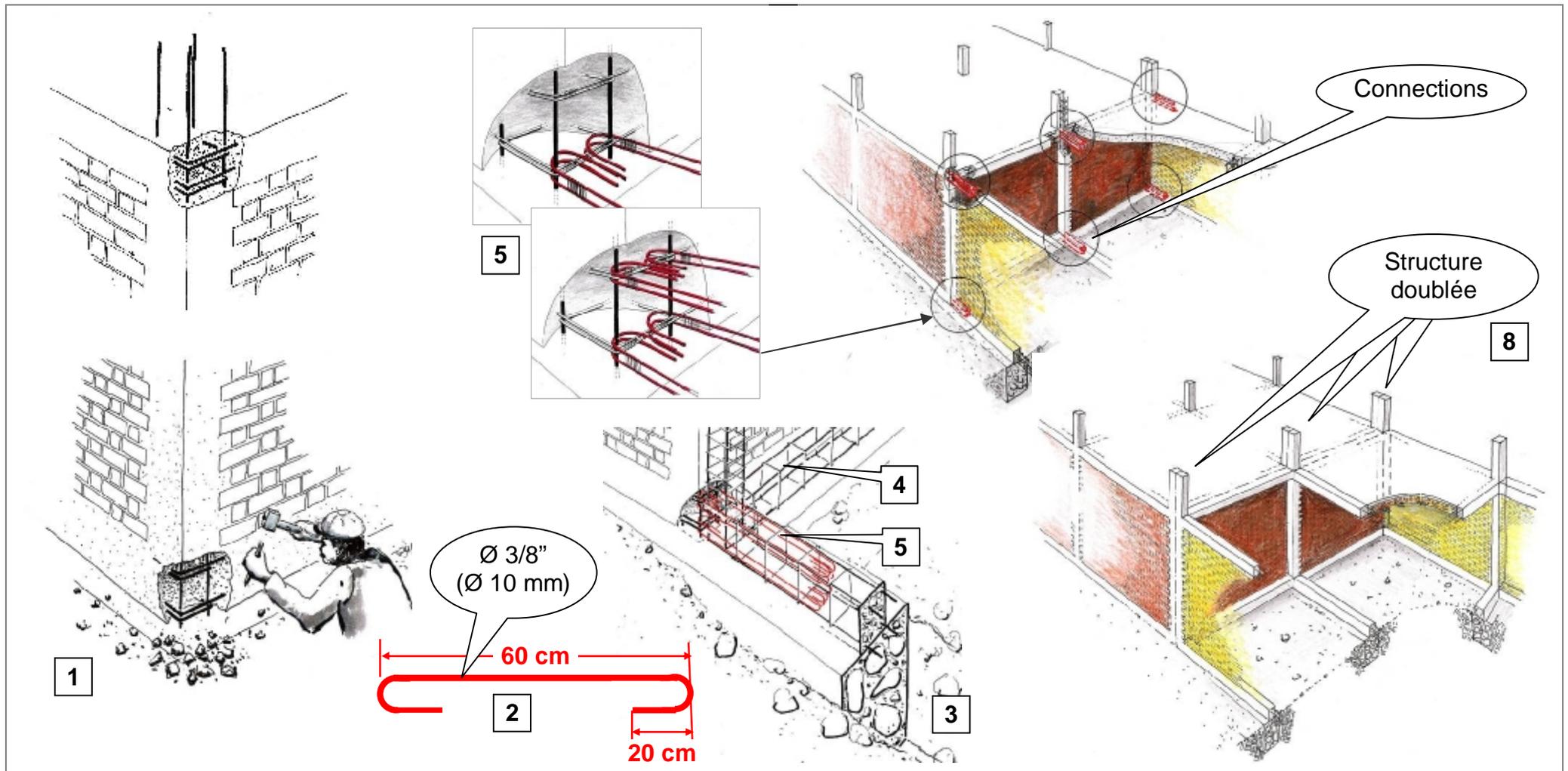


1. Deux bâtiments trop proches vont se heurter durant un séisme ("coup de bélier").
2. Aussi faut-il veiller à maintenir une bonne distance entre les bâtiments.

Solution 2: Espace tampon

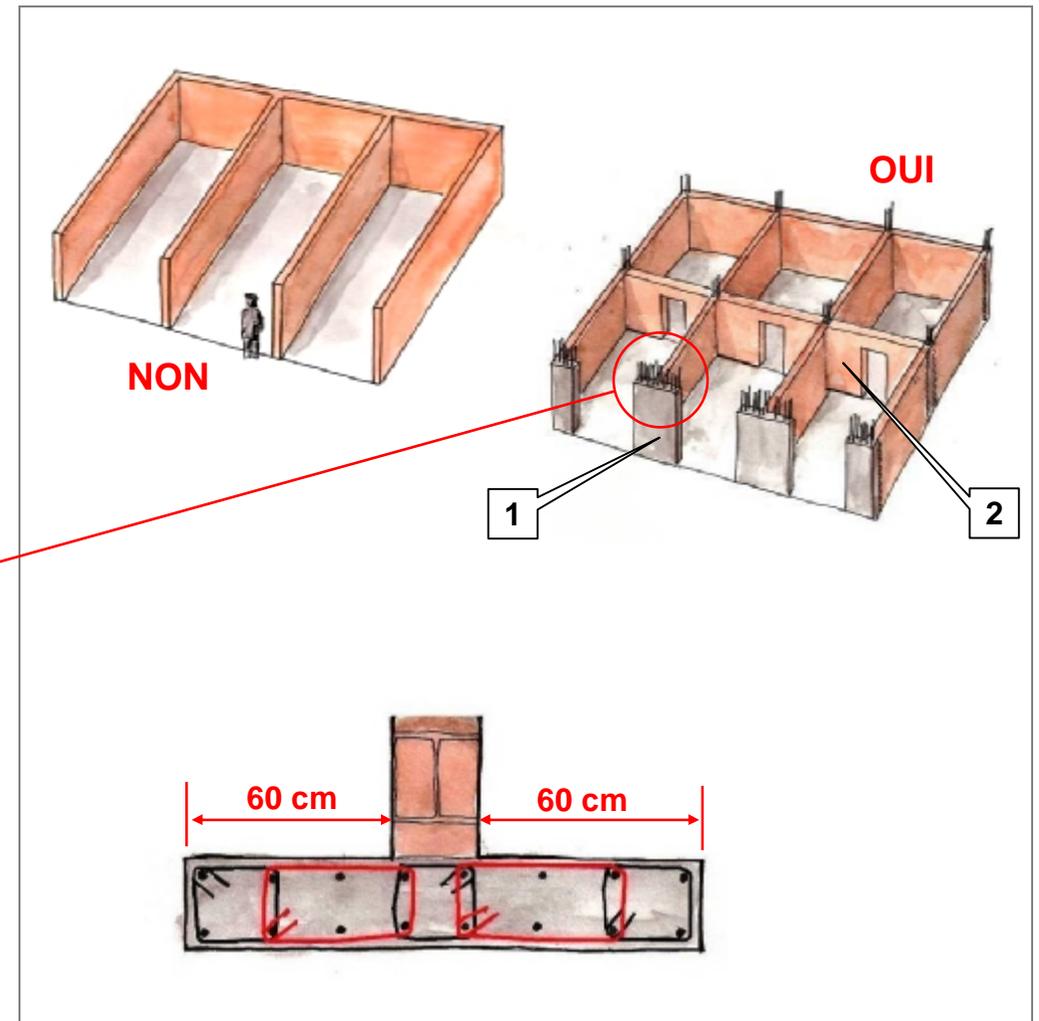
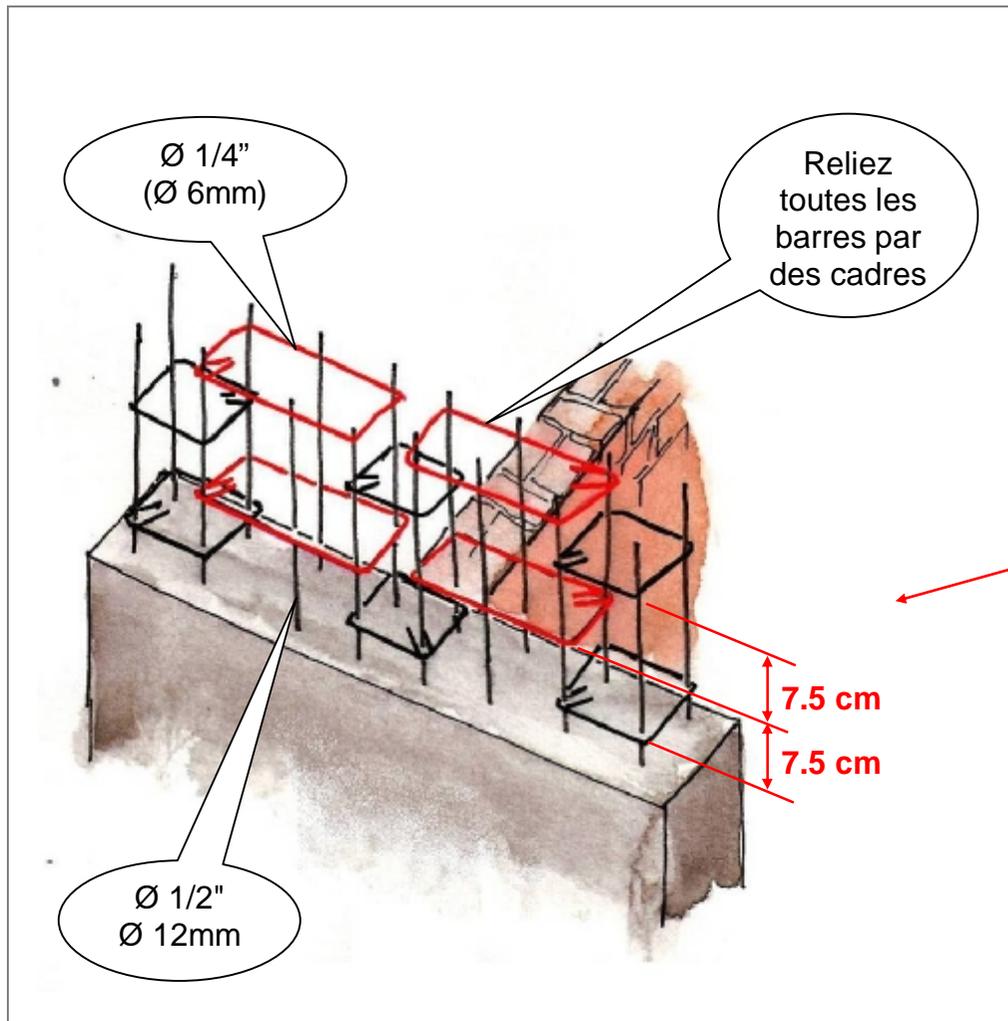


3. L'espace tampon peut être utilisé pour des usages temporaires: toilettes, stockage, etc. (mais pas l'accès principal de la maison puisque cette partie risque de s'effondrer en premier).
4. Pour permettre le mouvement indépendants des bâtiments la couverture de l'espace tampon doit être fixée avec du jeu ou des attaches lâches.
5. N'enfermez pas les murs de l'espace tampon entre ceux des bâtiments, mais placez les à l'extérieur, afin de permettre un coulisage.



1. Mettez les barres principales des chaînages verticaux à nu.
2. Préparez huit épingles d'ancrage pour chaque connexion.
3. Érigez les nouvelles fondations.
4. Installez les ferrailles de l'extension (chaînages et colonnes).
5. Ajoutez les épingles d'ancrage: placez un bout des épingles autour des barres verticales au-dessus et au-dessous des cadres, et faites entrer l'autre bout dans le ferraillement des nouveaux chaînages.
6. Coulez les chaînages en veillant à bien remplir la partie burinée.
7. Érigez les murs et coulez les chaînages verticaux.
8. Note: on aura bien deux colonnes côte à côte, celle de l'ancienne structure et celle de la nouvelle structure.
9. Veillez à ce que la maison agrandie reste de forme simple (cf. page 1).

16. Extensions (attachées)

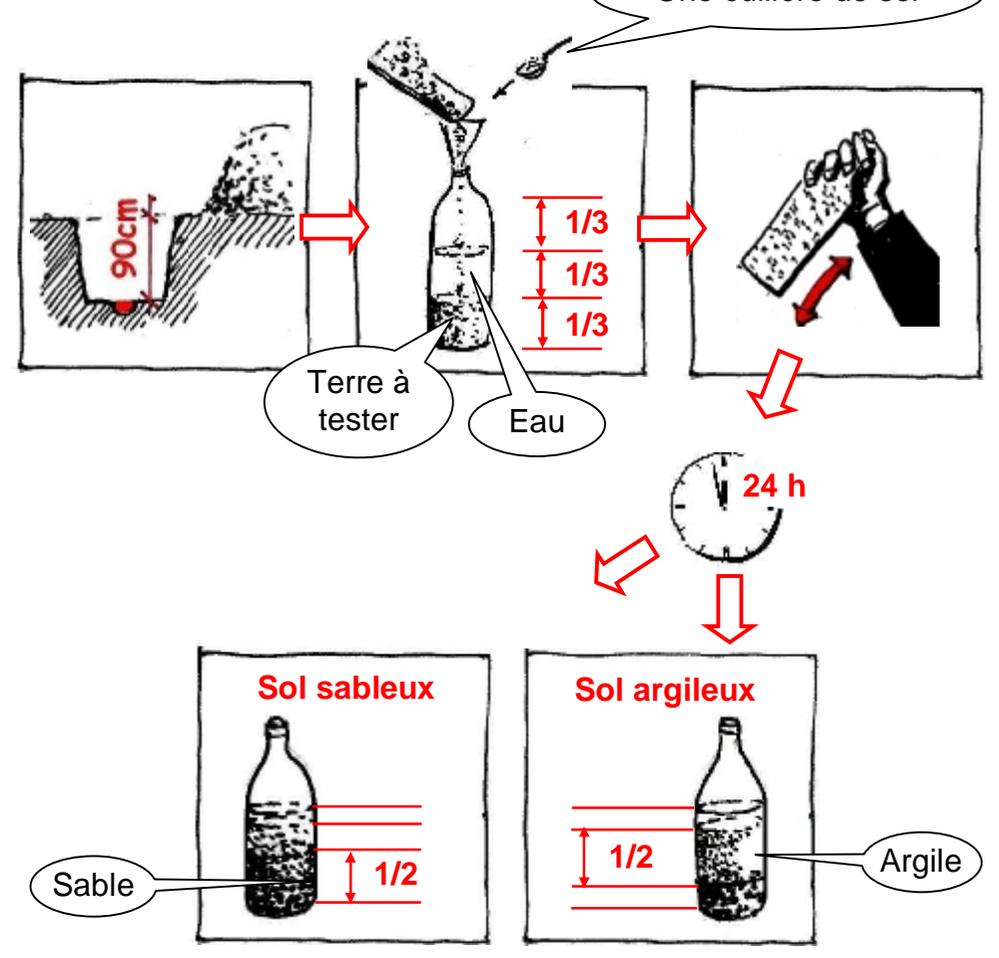


Les magasins sont des bâtiments dangereux car ils offrent une succession de grandes vitrines et des long murs non contreventés.

1. Renforcez les têtes de murs (entre les vitrines, donc) par des pans de mur en béton armé.
2. Ajoutez des murs de contreventement intérieurs interrompre la longueur des parois libres des pièces trop profondes.

17. Le problème des vitrines de boutiques

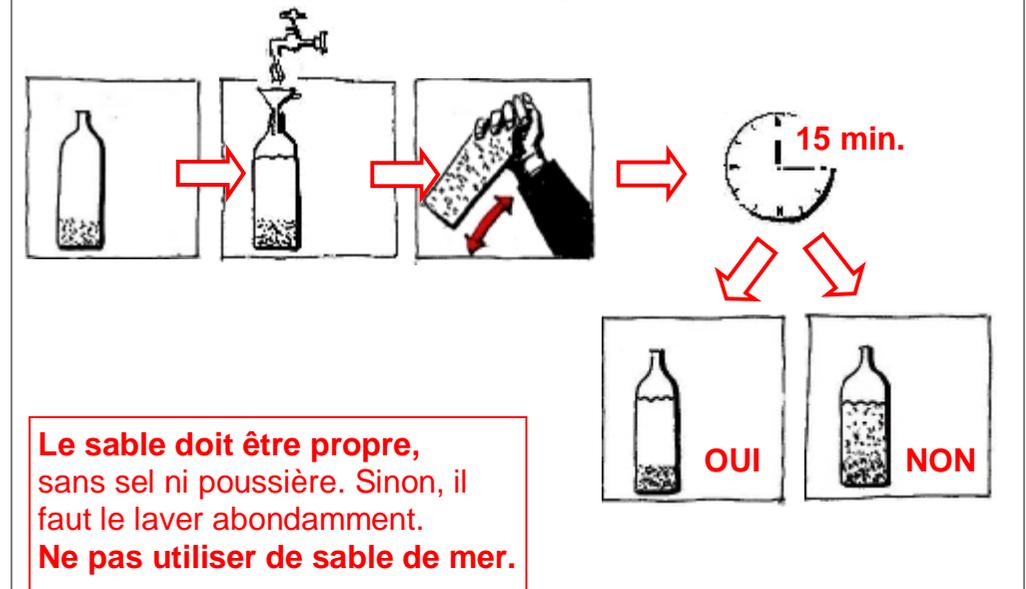
Test du sol



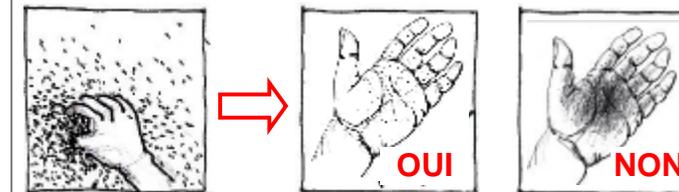
Test du sol:

- Remplir une bouteille d'un tiers de terre et d'un tiers d'eau.
- Ajouter une cuillère de sel et ajouter encore un tiers d'eau.
- Secouer et laisser reposer 24 h.
- Si le fond (= sable) domine, le sol est sableux.
- Si le milieu (= argiles) domine, le sol est argileux.

Test du sable (méthode classique)



Test du sable (méthode simplifiée)



Test du sable (méthode classique):

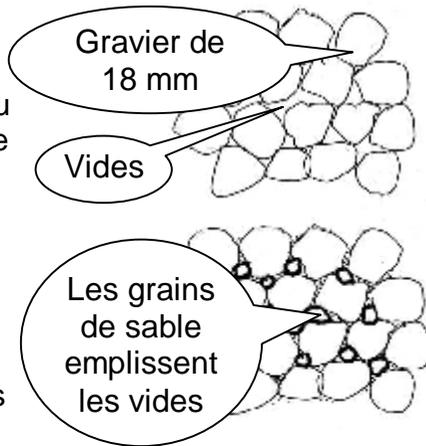
- Mettre du sable dans une bouteille, compléter d'eau, et secouer.
- Laisser reposer 15 minutes. Si l'eau reste claire, le sable est propre.
- Si elle est trouble, le sable est impropre à la construction.

Test du sable (méthode simplifiée):

Prendre une poignée de sable. Si la main reste propre, le sable est utilisable. Si la main reste sale, le sable doit être lavé.

Gravier:

- Le gravier doit être propre (c. à d. lavé). Il peut être roulé (de rivière) ou concassé (toutefois ce dernier risque de contenir plus de poussière et doit donc être lavé davantage).
- Pour remplir les vides entre les graines, le gravier doit être un mélange de graines de différentes tailles (c. à d. 'gradué'). Au besoin, mélanger des graviers de différentes tailles.

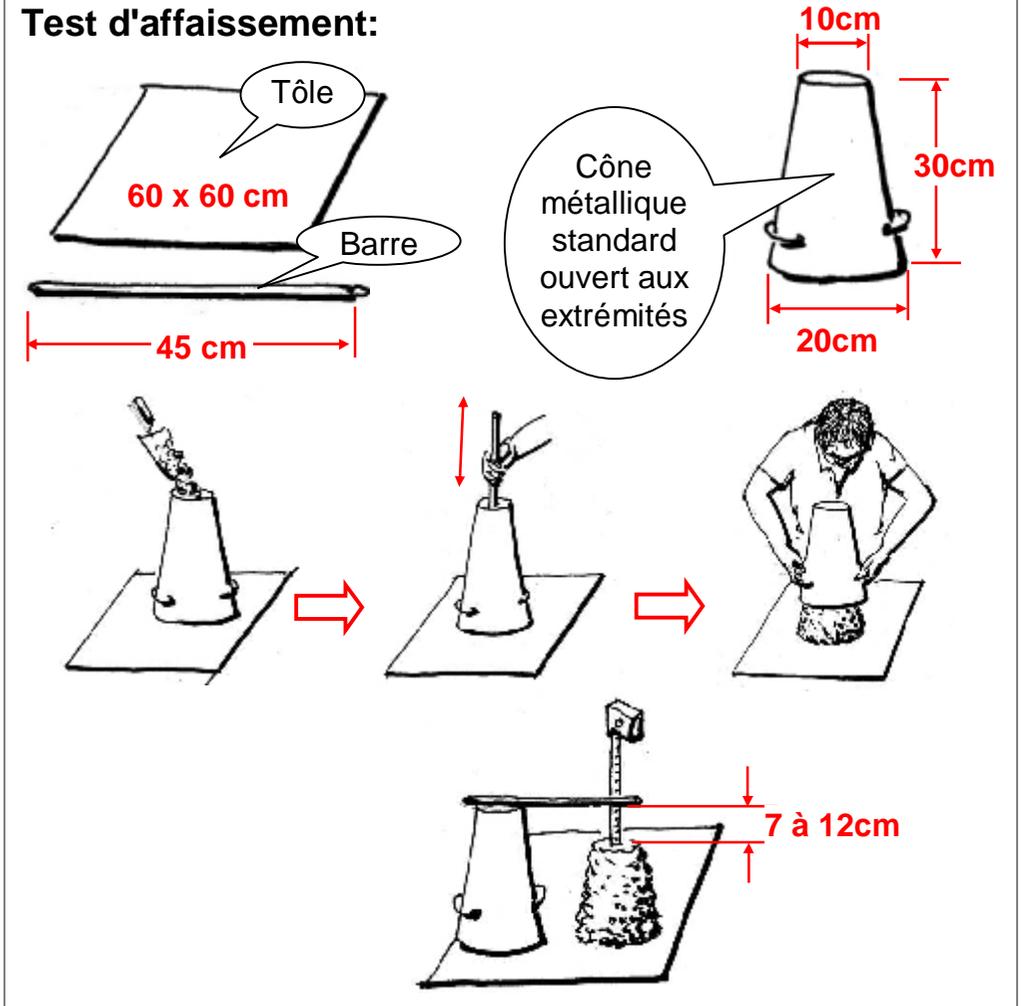


Eau:

- Un béton ne 'sèche' pas, mais 'durcit' grâce à l'eau (il 'fait sa prise'). C'est pour cela que l'eau ne doit pas s'évaporer et qu'il faut arroser du béton frais pendant plusieurs jours.
- Un excès d'eau rend le béton poreux et cause des fissures. **Ne jamais ajouter de l'eau pour rendre un béton plus fluide.**
- Ne jamais utiliser ni 'rafraîchir' un béton qui a commencé à faire sa prise. Du béton séché est à jeter.



Test d'affaissement:

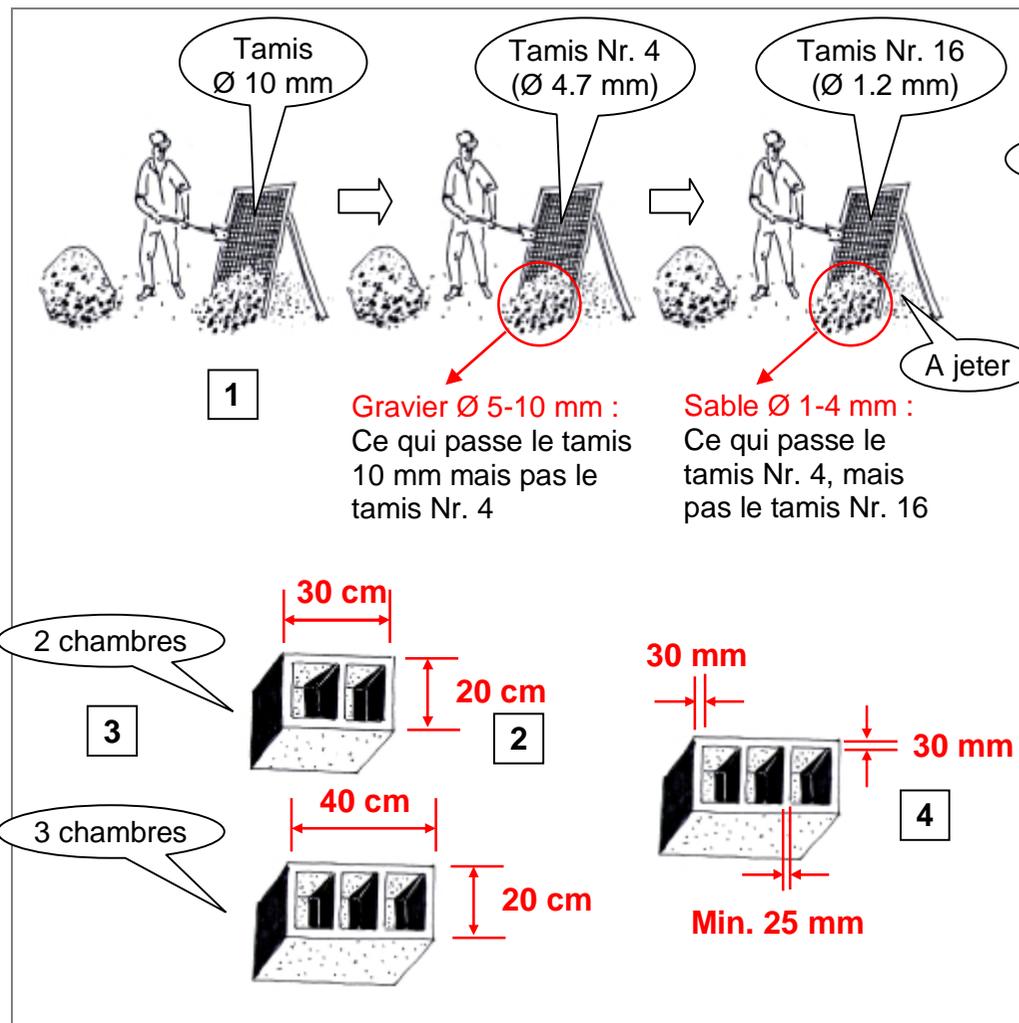


Temps de durcissement du béton:

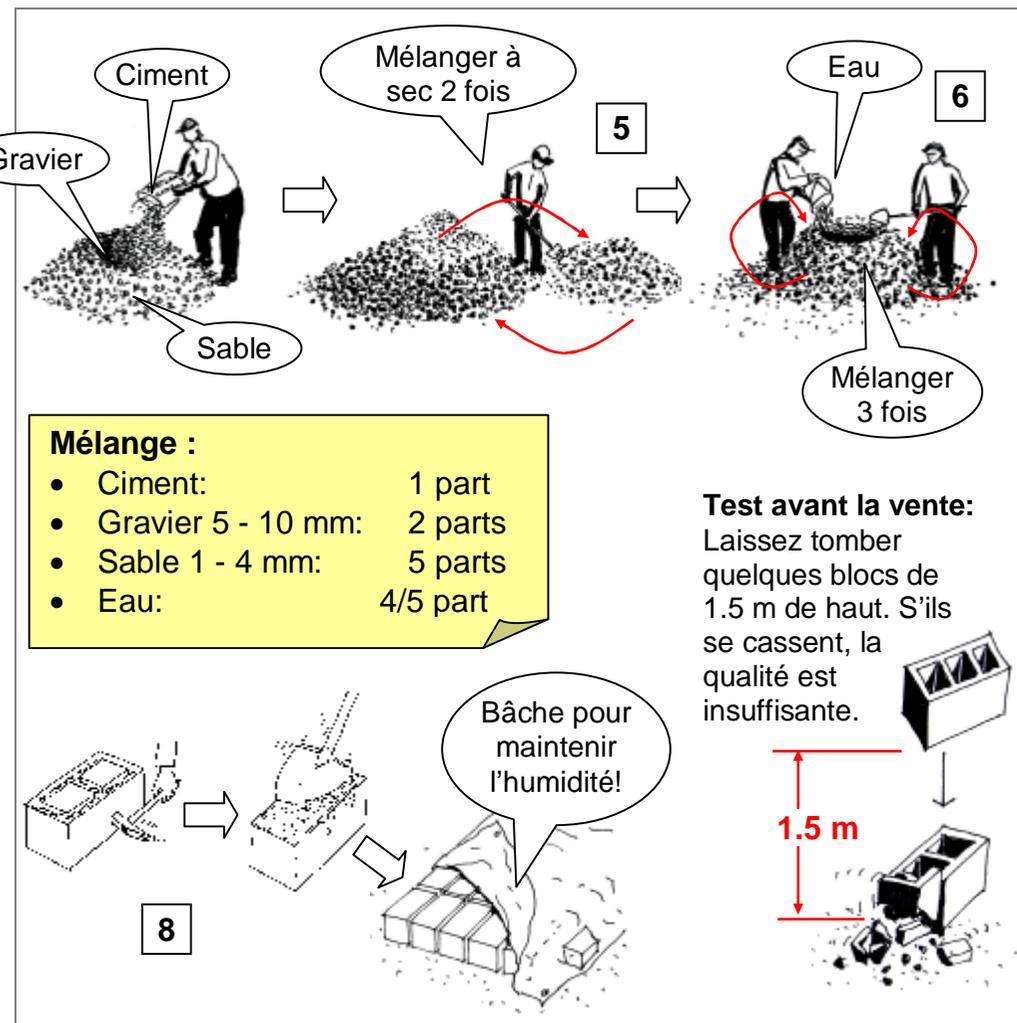
Jours	Résistance à 4°C	Résistance à 20°C
4	20%	40%
7	40%	65%
28	77%	100%

Test d'affaissement:

- Remplir la moitié du cône et compacter avec un bâton ou une barre d'acier. Remplir la deuxième moitié et compacter encore.
- Soulever le moule sans tourner.
- Mesurer la différence de hauteur entre le moule et le cône de béton.
- Un affaissement de 7 à 12 cm est admissible.



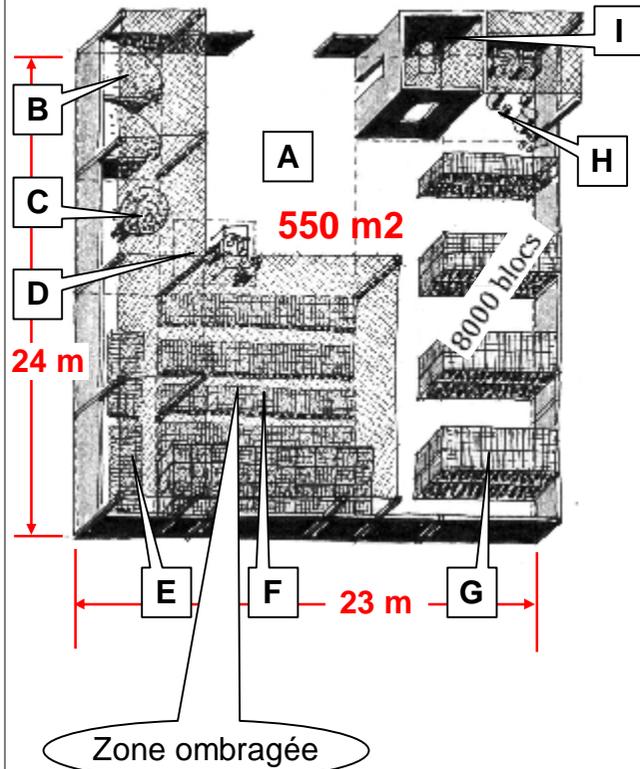
1. Préparez les agrégats propres (voir test p. 18) avec un tamis. Le gravier doit être 1/3 de l'épaisseur d'une paroi de bloc, donc pas plus grand que 10 mm pour des parois de 30 mm. Ce qui est plus petit de 1 mm (c. à d. passe le tamis Nr. 16) ne doit pas être utilisé.
2. Les blocs doivent avoir une largeur minimale de 20 cm.
3. Pour une longueur de bloc de 30 cm, 2 chambres sont admises. Pour des blocs de 40 cm, 3 chambres sont requises.
4. Les parois extérieures ont 30 mm, les parois intérieures au moins 25 mm.



5. Mélangez les agrégats comme montré.
6. Utilisez un peu moins d'eau que du ciment, c'est à dire pour 5 volumes de ciment utilisez 4 volumes d'eau.
7. Utilisez le mélange en moins d'une heure et demie.
8. Remplissez les moules et tapez 3 fois contre les parois. Remplissez encore et compactez avec la pelle. Enlevez le matériel en excès et démoulez avec précaution, sans taper. Couvrez vite avec une bâche.

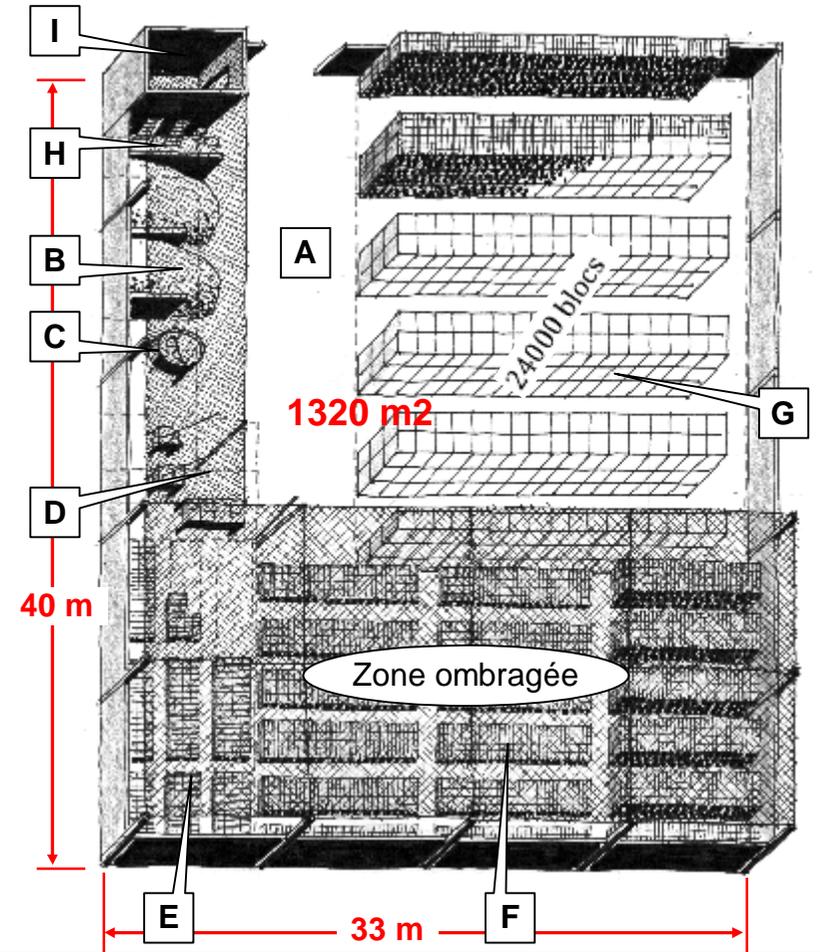
20. La fabrication de blocs de béton

Petite entreprise: 400 blocs/jour



Besoins en surface pour la production de bloc de béton			
	400 blocs/jour	1200 blocs/jour	
A	Circulation camions	123 m ²	186 m ²
B	Agrégats (sable, gravier)	24 m ²	36 m ²
C	Mélange des matériaux	20 m ²	25 m ²
D	Préparation et vibration blocs	12 m ²	12 m ²
E	Démoulage blocs et cure 24 h	50 m ²	160 m ²
F	Cure 7 jours	125 m ²	375 m ²
G	Stockage blocs 7 jours	170 m ²	500 m ²
H	Petit équipement	10 m ²	10 m ²
I	Bureau	16 m ²	16 m ²
	Total	550 m²	1320 m²

Entreprise moyenne 1200 blocs/jour



Petite entreprise : 400 blocs par jour

1. Choisissez un terrain plat d'au moins **550 m²**, hors risque d'inondations et accessible aux camions.
2. Assurez-vous d'avoir au moins **3 m³** d'eau par jour à disposition.
3. Prévoyez une couverture de **230 m²** pour les zones B, C, D, E, F
4. Les blocs doivent rester: 1 jour en zone E (démoulage),
7 jours en zone F (cure avec eau et bâches)
7 jours en zone G (stockage et durcissement)

Entreprise moyenne : 1200 blocs par jour

1. Choisissez un terrain plat d'au moins **1320 m²**, hors risque d'inondations, accessible aux camions et avec électricité.
2. Assurez-vous d'avoir au moins **6 m³** d'eau par jour à disposition.
3. Prévoyez une couverture de **610 m²** pour les zones B, C, D, E, F
4. Les blocs doivent rester: 1 jour en zone E (démoulage),
7 jours en zone F (cure avec eau et bâches)
7 jours en zone G (stockage et durcissement)

Spécifications techniques:

- Utiliser des aciers nervurés (à l'exception des cadres et épingles qui peuvent être lisses).



- Suivre les spécifications suivantes:

- Qualité de l'acier: ductilité classe A, f_y 420 N/mm²
- Qualité du béton: f'_c 30 N/mm²
- Charge utile admissible: (200 kg/m²) 2 kN/m²
- Enrobage des aciers (unifié pour toutes situations): 30 mm

Table de conversion des diamètres d'acier

Nr.	Pouces	(mm effectifs)	Correspondance
#2	1/4"	(6.35)	6 mm
			8 mm
(pas d'équivalent)			
#3	3/8"	(9.52)	10 mm
#4	1/2"	(12.70)	12 mm
#5	5/8"	(15.87)	16 mm



Cadre



Etrier



Épingle

Vocabulaire:

Français

Anglais

Éléments

(Mur de) Refend ou de contreventement	Cross-wall
Chaînage vertical	Tie-column
Chaînage horizontal	Tie-beam
Chaînage en haut du mur	Bond beam, ring beam
Chaînage de fondation	Plinth beam
Bande sismique	Seismic band
Bande sismique de l'allège	Sill band
Bande sismique du linteau	Lintel band
Armature	Reinforcement

Matériaux

Béton	Concrete
Béton maigre	Lean concrete
Gravier concassé	Crushed gravel
Bloc de béton	Concrete block
Brique (pleine, creuse)	Brick (full, hollow)
Cavité (sur les briques)	Frog (in bricks)
Ecarteur	Spacer
(Barre d') acier d'armature	Re-bar
Cadre, étrier, épingle	Stirrup
Crochet	Hook
Acier nervuré	Deformed steel, rippled steel
Acier lisse	Smooth steel
Épingles d'ancrage	Anchor bars

Exécution

Longueur de recouvrement	Overlapping length
Harpage	Toothing
Appareillage	Bond (pattern)
Cure (du béton)	Curing (of concrete)

Organisations

Confined Masonry Network: <http://www.confinedmasonry.org/>

AFPS (Association Française du Génie Parasismique), France, <http://www.afps-seisme.org/>

BuildChange (social entreprise), Indonesia, China, Haiti : <http://www.buildchange.org>

EERI (Earthquake Engineering Research Institute), Californie : <http://www.eeri.org>

Earthquake Hazard Centre, Victoria University of Wellington, New Zealand <http://www.vuw.ac.nz/architecture/research/ehc/>

NICEE (National Information Centre on Earthquake Engineering), Inde : www.nicee.org

Further reading

AIS (2001), *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente en viviendas de mampostería*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, <http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrvm/index.html>

AFPS (2004), *Construction parasismique des maisons individuelles aux Antilles, "Guide CP-MI Antilles"*, Recommandations de l'Association Française du Génie Parasismique, Paris

Blondet M. (2005), *Construction and Maintenance of Masonry Dwellings for Masons and Builders*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, <http://www.confinedmasonry.org/?p=27#more-27>

Brzev S. (2007), *Earthquake Resistant Confined Masonry Construction*, NICEE, Indian Institute of Technology Kanpur, http://www.nicee.org/Confined_Masonry_14Dec07.pdf

ERRA (2008), *Compliance Catalogue: Guidelines for the Construction of Compliant Rural Houses*, Earthquake Reconstruction and Rehabilitation Authority Pakistan, (version mars 2008) <http://www.erra.gov.pk/Reports/Rural%20Housing/Compliance%20Catalogue%20-%20Eng-%2018-Sep-07.pdf> (v. sept. 2007)

Hausler E. (2006), *Earthquake-Resistant Design and Construction Guideline*, <http://www.buildchange.org/resources.html>

Meli R., Brzev S. et al. (2010): *Seismic Design Guide for Confined Masonry Buildings, Draft Version*, The Confined Masonry Network, A project of the World Housing Encyclopedia, EERI & IAEE, www.confinedmasonry.org

Murty C.V.R. (2002-4), *Earthquake Tips 1-24*, Indian Institute of Technology Kanpur (IITK) and Building Materials and Technology Promotion Council (BMTPC), <http://www.nicee.org/EQTips.php>

NICEE (2004), *Guidelines for Earthquake Resistant Non-Engineered Construction, Chapter IV: Buildings in Fired-Brick and other Masonry Units*, National Information Centre of Earthquake Engineering, IIT Kanpur, http://www.iitk.ac.in/nicee/iaee_english/Chapter4.pdf

SENCICO (~1990s), *Bloques de Concreto, Fabricación y Construcción*, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Gobierno del Perú

Virdi K., Rashkoff R. (2005), *Confined Masonry Construction*, City University London, <http://www.staff.city.ac.uk/earthquakes/MasonryBrick/ConfinedBrickMasonryP.htm>

A propos de ce manuel

Ce manuel est destiné aux techniciens, entrepreneurs et ouvriers qui sont impliqués directement dans la construction de maisons parasismiques de un à deux niveaux. Il détaille étape par étape la construction en maçonnerie chaînée, une technique qui a évolué petit à petit au cours des derniers cent ans et qui a donné d'excellents résultats en termes de résistance parasismique, que ce soit en construction formelle ou informelle.

Afin d'optimiser la compréhension et ainsi faciliter l'exécution, beaucoup d'attention a été portée à développer des détails techniques simples et à les présenter en dessins facilement compréhensibles.

A propos de l'auteur

Durant les douze dernières années, l'architecte Tom Schacher a été activement impliqué en réhabilitation post-sismique et dans des projets de reconstruction (Kenya/Soudan, Rwanda, Turquie, Éthiopie, Iran, Pakistan). De 1982 à 1994, il dirigeait son propre cabinet d'architecte en Suisse, spécialisé en construction moderne et en rénovation de structures traditionnelles (maçonnerie en pierre et structures en bois massif). Il est diplômé de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse (MSc en architecture) et de l'Université de Bradford, Grande-Bretagne (MSc en planification de projet et management).

Employé par la Direction pour le Développement et la Coopération suisse comme "consultant technique sur site", Tom Schacher a été profondément impliqué dans la promotion de techniques appropriées de reconstruction parasismique, d'abord à Bam, Iran, après le tremblement de terre de 2003, puis dans le Kashmir Pakistanais après celui de 2005 et depuis août 2010 à Haïti.

Il se concentre actuellement sur le développement et la redécouverte de techniques de construction parasismiques en accord avec les ressources matériel, économique et techniques à disposition de sociétés locales, ainsi que sur la dissémination et la transmission de ces savoirs à travers la production de matériel de formation pour ouvriers et techniciens.

Tom Schacher a aussi été expert technique auprès de la Chaîne du Bonheur, une organisation faïtière en charge de la collecte de fonds des ONG suisses actives dans l'aide internationale, et chercheur à l'Université de Sciences Appliquées de la Suisse italienne.

Swiss Re



A Sharing Solutions initiative
by Swiss Re

