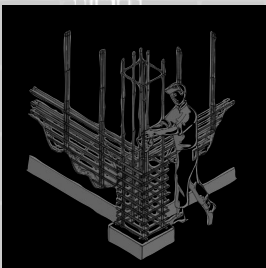
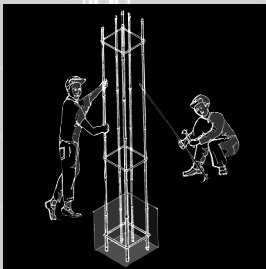


# TORCHIS

## Guide de construction parasismique

Arch. Wilfredo Carazas Aedo  
Arch. Alba Rivero Olmos



## AVANT-PROPOS

Les précédents historiques montrent que la construction mixte a été présente tout au long du développement des civilisations qui ont peuplé notre planète et que l'homme a appris à construire ses maisons en utilisant les matériaux terre et éléments végétaux, donnant ainsi naissance à des formes d'habitations intéressantes qui dénotent une culture de la construction intelligente.

Aujourd'hui, dans différentes parties du monde, on peut apprécier ce patrimoine de la construction et également vérifier la poursuite de son développement, malgré les colères de la nature et en particulier les tremblements de terre.

Ces solutions de constructions de substitution (structure et remplissage) portent différentes appellations selon la région : au Pérou la "Quincha", à Cuba le "Cuje", au Salvador le "Bahajareque", le "Pao pique" au Brésil ou la "Tabiqueria" dans d'autres pays, c'est ainsi qu'on peut rencontrer dans le monde entier une grande variété de types et formes de construction, qui présentent toutes les mêmes caractéristiques.

Il a été montré que la technique du torchis (bahareque) résiste de façon satisfaisante aux séismes, ses caractéristiques mécaniques sont appropriées, les récents séismes (par exemple en Amérique centrale) en attestent. En outre, les études scientifiques réalisées ont confirmé l'efficacité de ce système de construction.

L'objectif de ce guide de construction est ainsi de proposer un soutien technique et théorique qui pourra être utilisé par tous les techniciens de la construction, maçons et tous ceux qui décident de construire leur propre maison.

Ce guide est structuré en trois parties:

- 1 - **Les séismes** : leur origine, comment ils agissent sur une maison et ce qu'est une maison parasismique.
- 2 - **Les matériaux** : tous les principaux matériaux qui interviennent dans la construction en torchis (bois, bambou ou similaire, terre).
- 3 - **Construction parasismique** : depuis la conception, l'implantation et les étapes de la construction.

En outre, ce guide comprend une annexe décrivant le projet "Semilla : Torchis - Ceren" et son évolution.

Nous avons cherché à structurer ce guide de façon que le constructeur ou la population ait une idée plus claire du pourquoi des dimensions, de la forme et de la technique de construction qui, s'il est vrai qu'elles imposent au départ certaines limitations, procurent au final un avantage en produisant une habitation présentant une plus grande sécurité contre les séismes.

Une maison peut être considérée comme parasismique quand elle satisfait principalement aux caractéristiques qui exigent **une bonne conception, un terrain de qualité, une construction et des matériaux de qualité**, sans qu'aucun de ces aspects ne soit omis.

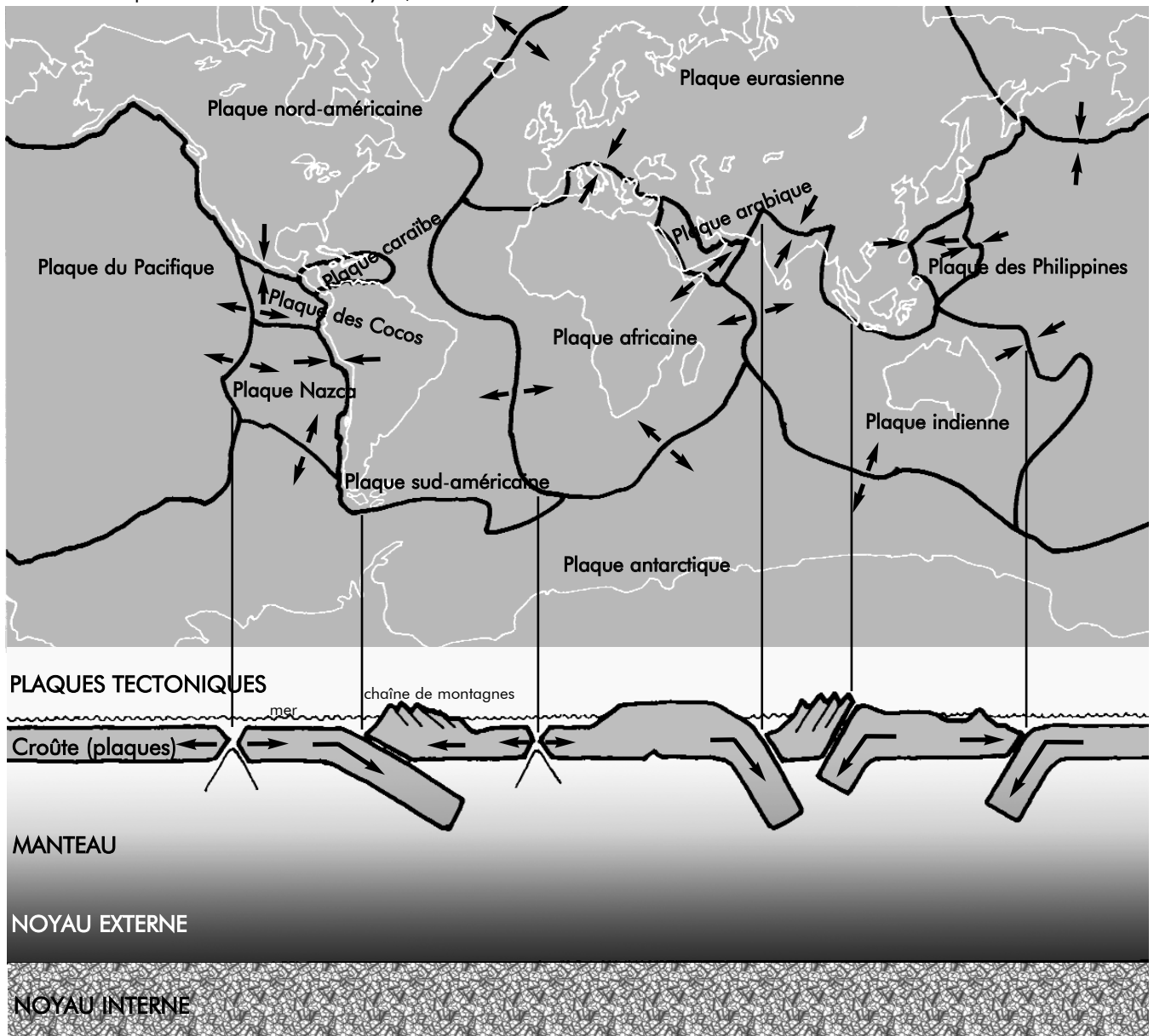
### "TORCHIS : GUIDE DE CONSTRUCTION PARASISMIQUE"

Auteurs : Wilfredo Carazas Aedo - Alba Rivero Olmos, architectes  
Coordination scientifique : Equipe CRATerre - EAG.  
Schémas : Alba Rivero Olmos, architecte  
Dessins : Wilfredo Carazas Aedo, architecte  
Document financé par MISEREOR

Editions CRATerre  
Maison Levrat, Parc Fallavier, BP53  
F-38092 Villefontaine Cedex, France

# ORIGINES DES SEISMES

Les origines de la terre remontent à environ 4,5 millions d'années, et depuis toujours la terre est en mouvement constant dans sa masse interne, ce mouvement provoquant des transformations des continents. La sphère terrestre a un rayon de 6.400 km et est composée de différentes couches successives. Une coupe transversale permet d'observer le noyau, le manteau et la croûte terrestre.



Dans la croûte terrestre existent différentes plaques qui se différencient par la manière dont elles agissent : certaines se séparent, d'autres s'opposent, d'autres se déplacent simplement l'une sur l'autre. Ces plaques se déplacent de façon lente et à une vitesse moyenne de 1 cm à 15 cm par an. Ces mouvements produisent des déformations qui génèrent des forces qui dépassent la résistance des matériaux et finissent par libérer les énergies accumulées, c'est ce qui produit les **SEISMES**.

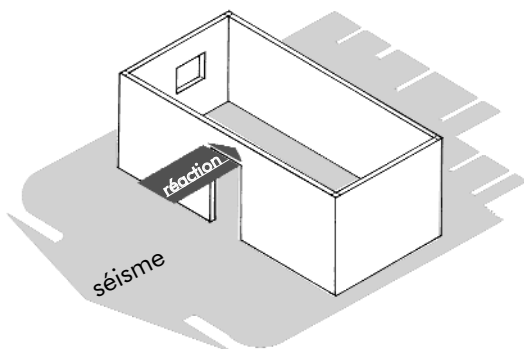
## PRINCIPES SISMIQUES :



## FORCES SISMIQUES

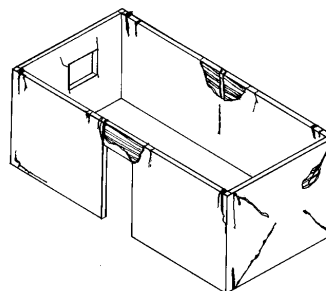
Quand un séisme se produit, une habitation est secouée simultanément par des mouvements d'oscillation verticale, des forces horizontales et de torsion, et elle réagit au séisme en fonction de ses caractéristiques : forme et type de matériau. Pour mieux comprendre ce phénomène, nous allons séparer les trois mouvements.

### ACTION

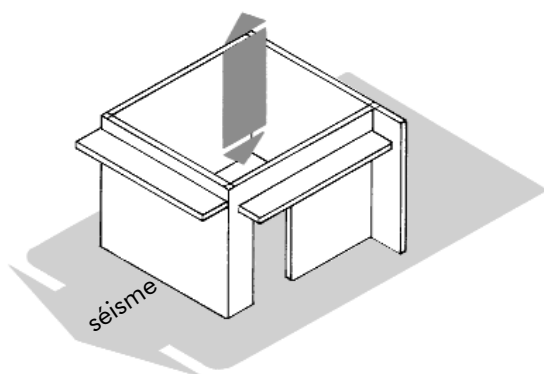


### Forces horizontales

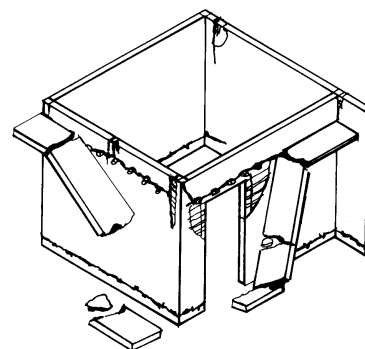
### EFFETS



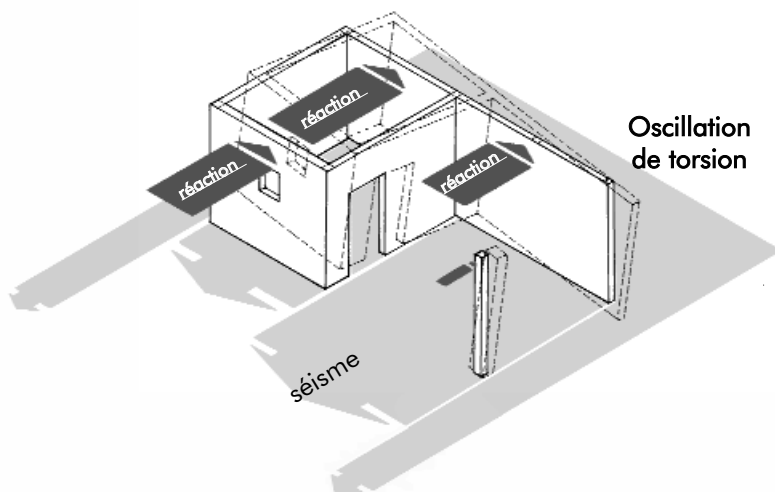
Forces horizontales : le passage des ondes sismiques provoque des vibrations du sol générant dans la construction des forces horizontales qui la secouent, la balancent, la déforment et la démolissent. La flexion et le cisaillement des murs provoquent des éboulements et glissements par rapport aux fondations.



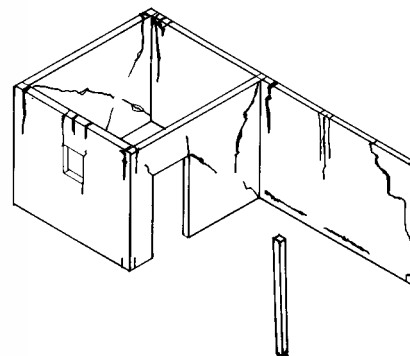
### Oscillation verticale



C'est l'autre type d'oscillation qui se produit sur le chemin d'un séisme, les effets qu'il produit sont minimes, seuls seront affectés les éléments de poids considérable comme peuvent l'être les arches, colonnes, structures de toiture, ainsi que les éléments suspendus tels que balcons, auvents, etc.



### Oscillation de torsion



Enfin, l'oscillation de torsion est produite par le déplacement horizontal du sol, associé à des forces latérales. Les effets de la torsion sont plus ou moins importants selon la forme de construction, par exemple une habitation de forme irrégulière dont le centre de gravité ne coïncide pas avec le centre de rigidité est plus exposée à des dommages.

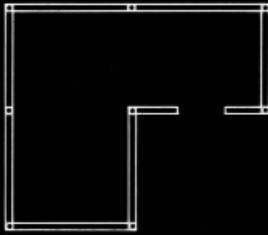
## EFFETS DES SEISMES SUR UNE MAISON

Pour résister à un séisme, une maison doit réunir certaines conditions minimales en termes de techniques de construction, de bon usage des matériaux et de conception adaptée. Voici quelques exemples des effets à éviter : maisons de forme irrégulière dans leurs dimensions ou leur hauteur.

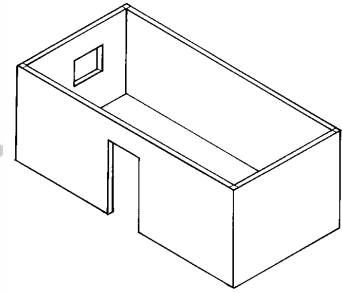
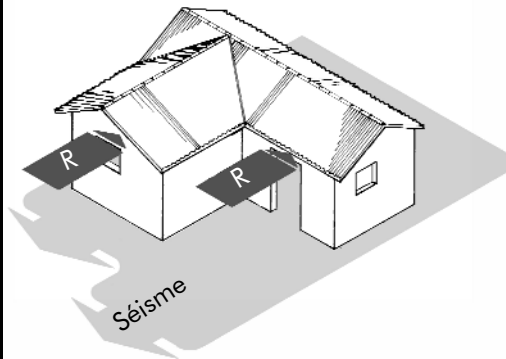
### Type de mur

### Mouvement

### Effet



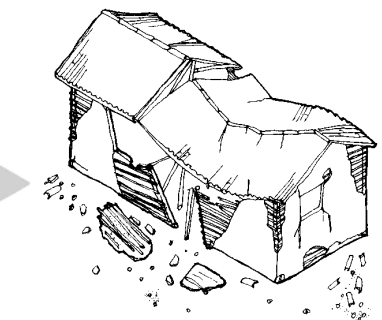
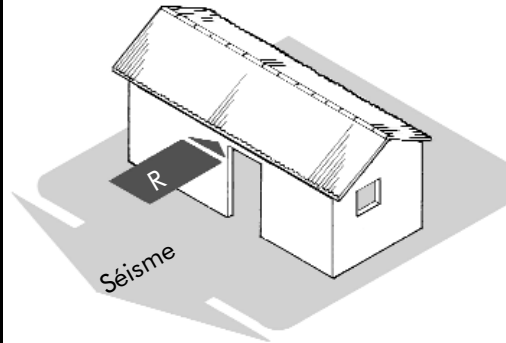
Construction en "L"



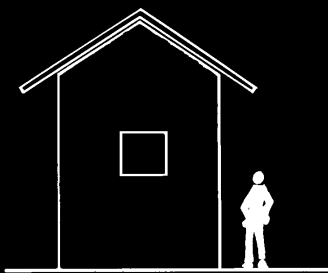
Cette habitation présente des murs de différentes dimensions qui, face à un séisme, n'auront pas des comportements satisfaisants, ce qui conduit rapidement à l'écroulement de la maison.



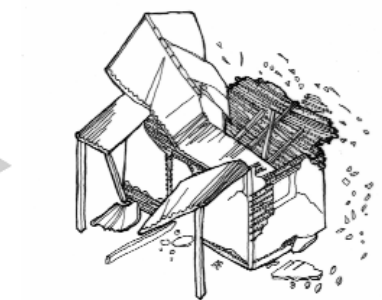
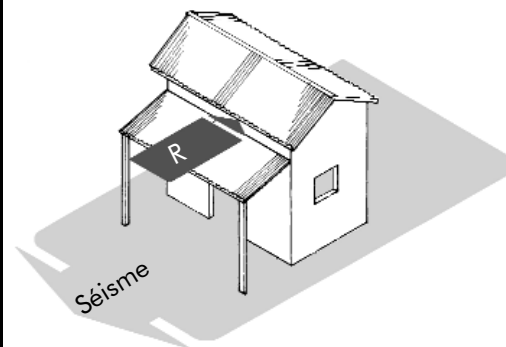
Construction rectangulaire



Les parois de grandes dimensions sans murs de soutien intermédiaires et sans contreforts résistent moins bien et s'écroulent rapidement.



Construction en hauteur



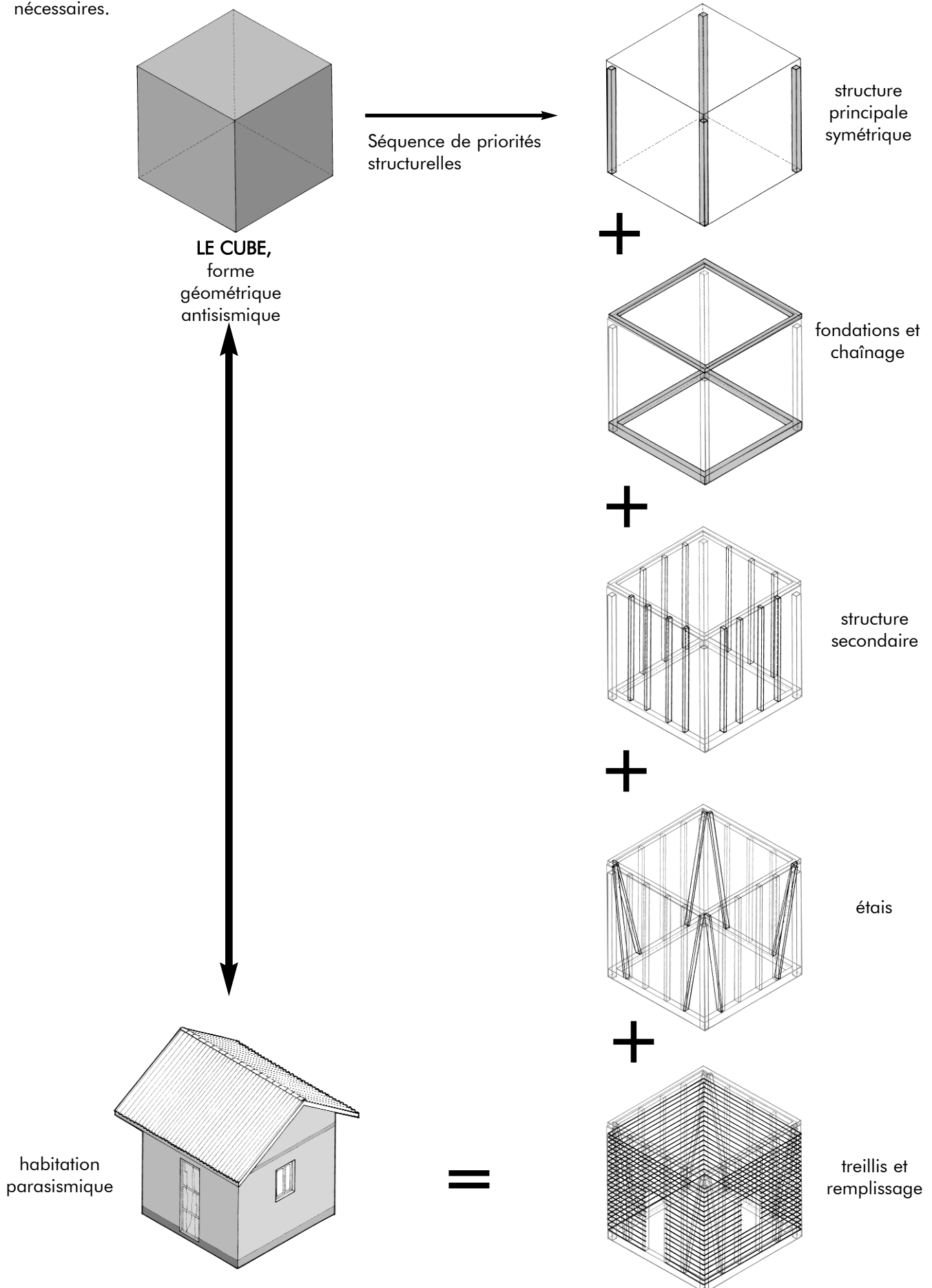
Des maisons aux murs hauts et minces, présentent de moindres résistance et stabilité au séisme.

On peut également signaler d'autres exemple à éviter :

- Formes de construction en "T" ou en "C".
- Eviter les poutres de toitures séparées.
- Maisons sans soubassements.
- Structures de toiture excessivement lourdes.
- Constructions réalisées sur terrains en pente.
- Grands espaces ouverts entre les murs.

# MAISON PARASISMIQUE

Une maison parasismique est une maison construite selon une conception et un ensemble de principes de construction appropriés pour résister à un séisme. La maison en forme de cube constitue le principe de base pour garantir la résistance au séisme, et partant de ce principe on peut développer les étapes techniques structurelles nécessaires.



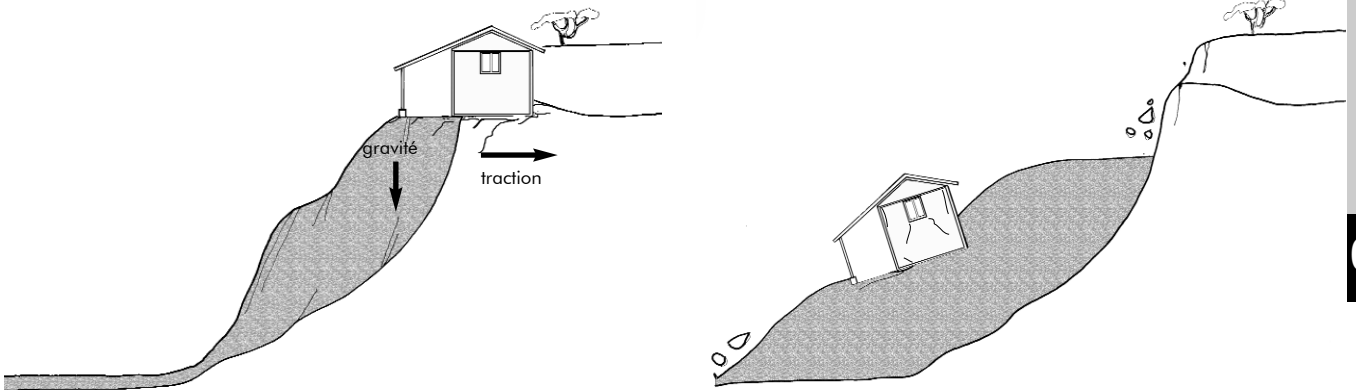
## CHOIX DU TERRAIN POUR LA CONSTRUCTION

Construire une maison nécessite une décision appropriée quand au choix du terrain. Il convient de respecter certains critères de base : les caractéristiques appropriées sont un terrain plat et sec avec un sol dur. Il est préférable d'éviter les zones non adaptées à la construction : marécages, falaises, abords des rivières, présence d'anciennes mines, remblais sanitaires, etc. Une maison construite correctement mais sur un terrain de mauvaise qualité présente les mêmes risques qu'une construction de mauvaise qualité.

Position

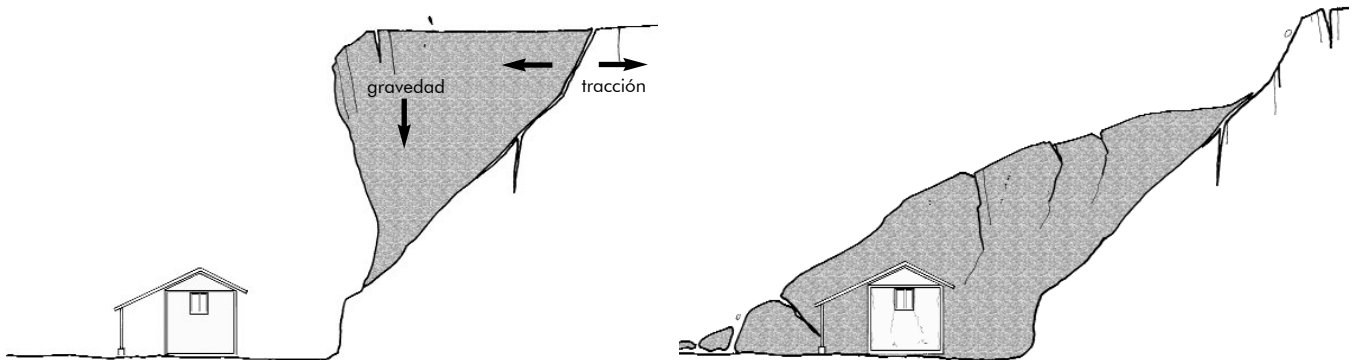
Effets

### CONSTRUCTION SUR FALAISE



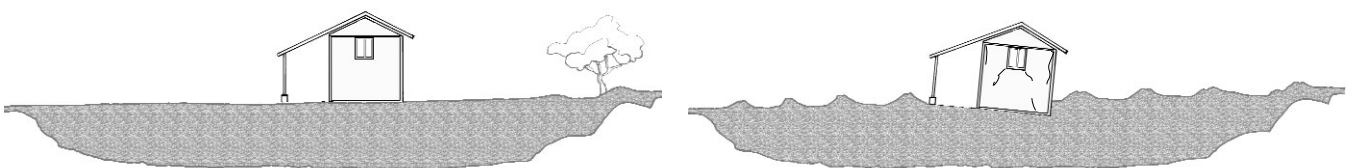
Les falaises constituées de terres meubles ou peu consistantes, d'argiles limoneuses, dépôts de matériaux, etc., ne sont pas des zones adaptées pour recevoir une maison.

### CONSTRUCTION EN ZONES BASSES



Il n'est pas recommandé de construire une habitation sous une falaise présentant des parois perpendiculaires et d'importantes crevasses, qui risquent de se propager en cas de séisme.

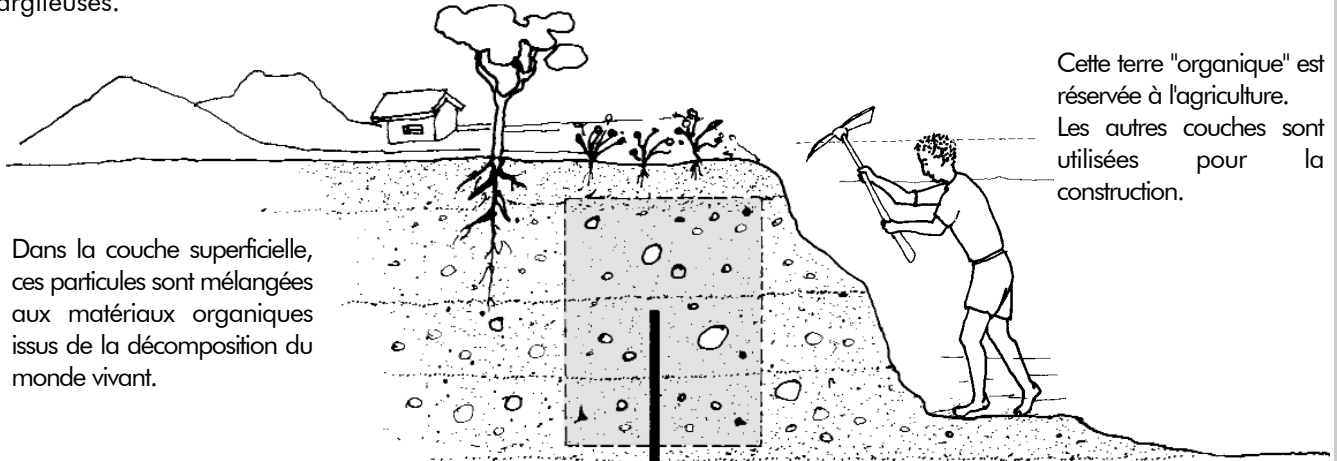
### CONSTRUCTION SUR TERRAIN MEUBLE



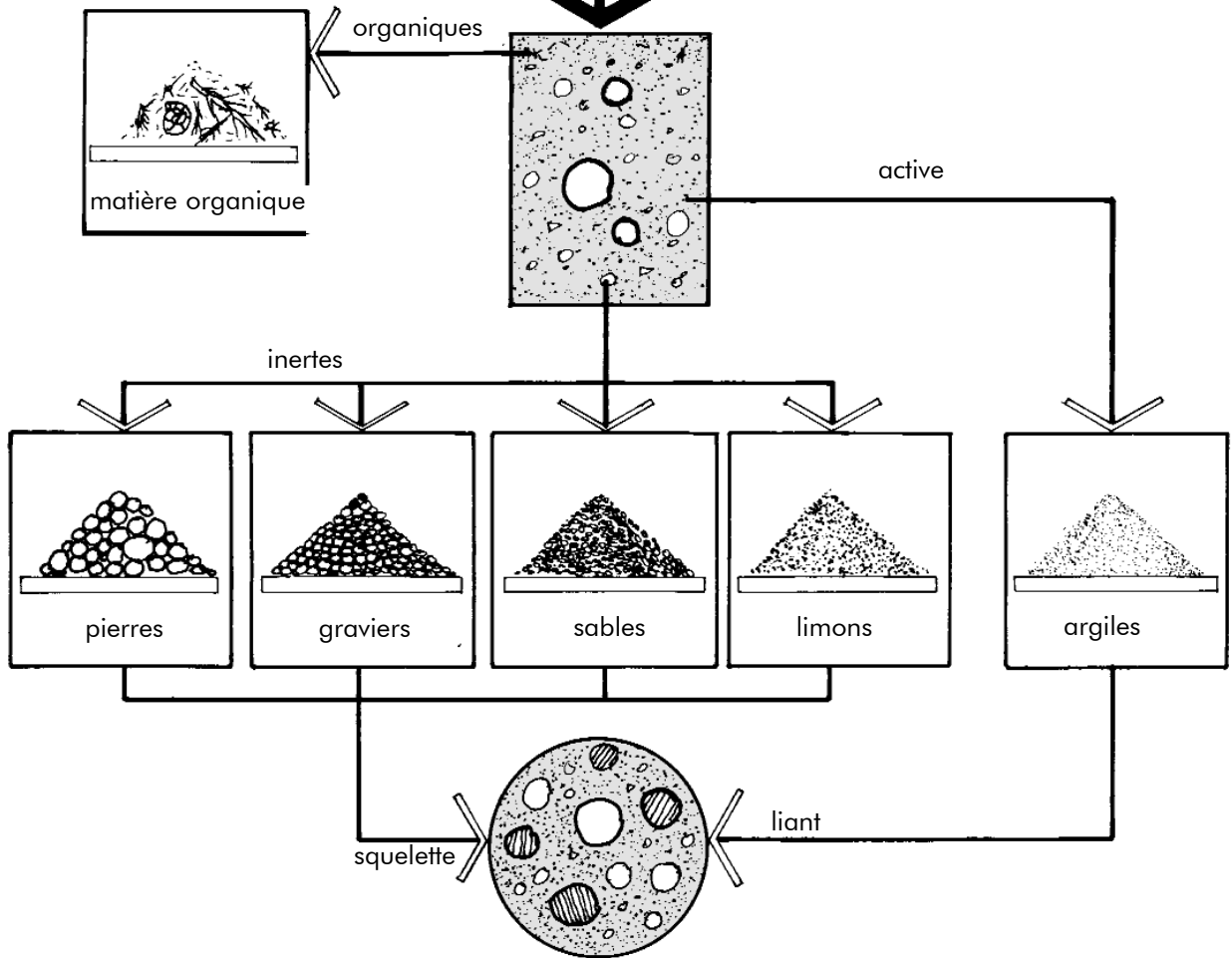
En cas de séisme, la présence d'eau provoque un effet de "liquéfaction" et le processus d'écroulement total du sol conduit à la ruine des constructions.

# LE MATERIAU TERRE

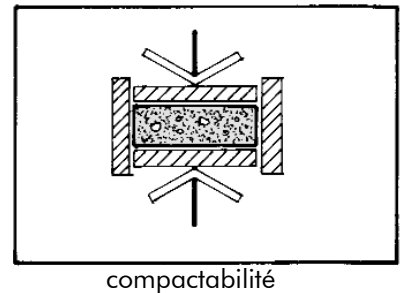
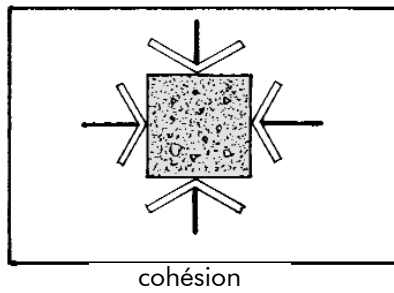
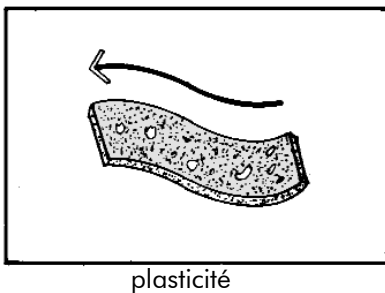
**ORIGINE:** la terre, en tant que matériau, est issue de l'érosion mécanique et chimique de la roche-mère. Cette roche se désagrège en particules minérales de dimensions variables, depuis les cailloux jusqu'aux poudres argileuses.



Dans la couche superficielle, ces particules sont mélangées aux matériaux organiques issus de la décomposition du monde vivant.



## PROPRIETES DE LA TERRE



Il existe différents types de terres selon l'importance des différents composants possibles :  
 TERRE A GRAVIERS - TERRE SABLONNEUSE - TERRE LIMONEUSE - TERRE ARGILEUSE



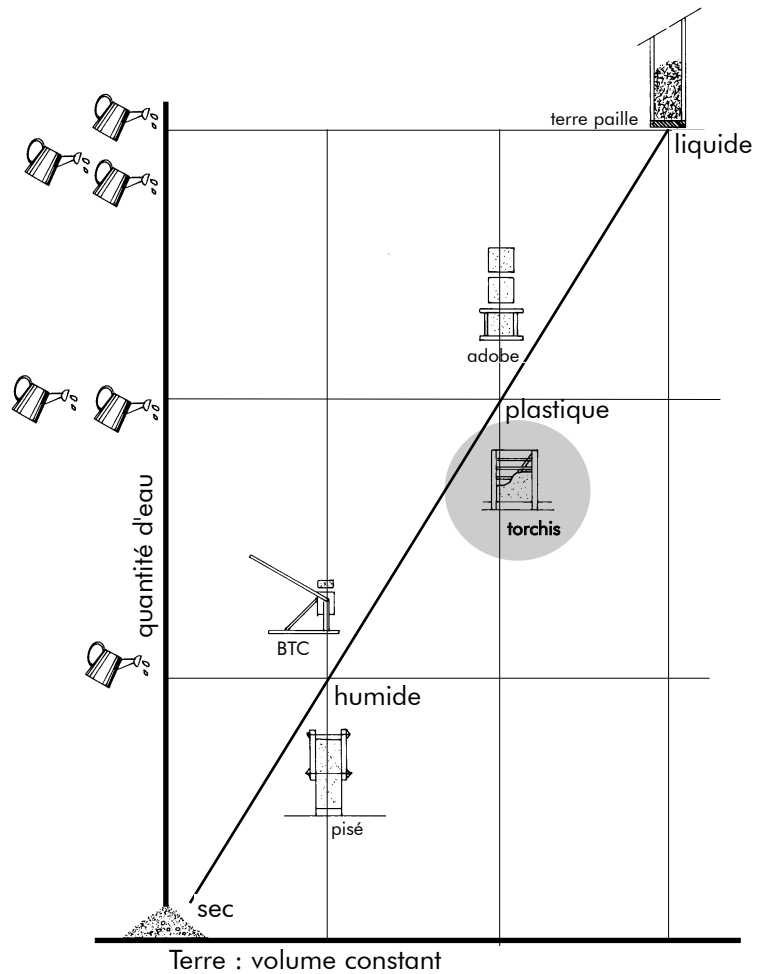
# ETATS HYDRIQUES, COHESION ET STABILISATION

## ETATS HYDRIQUES :

A mesure que la terre absorbe l'eau, (de 20 à 30% selon le type de terre), elle change d'état.

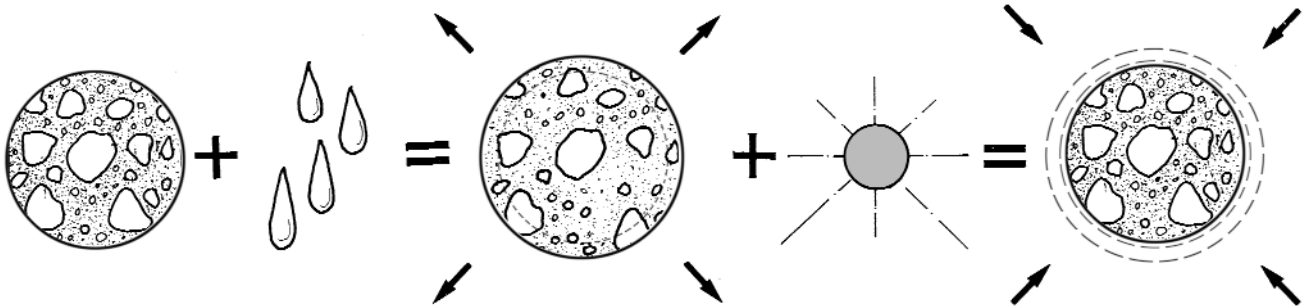
Il en existe 4 états fondamentaux :  
**SEC - HUMIDE - PLASTIQUE - LIQUIDE :**

Le mortier est produit à l'état **PLASTIQUE**, il facilite la réalisation de panneaux puisqu'il pénètre mieux et va adhérer aux tiges.



## PROPRIETE DE COHESION

Pour préparer le mortier de remplissage des panneaux, on utilise le phénomène de la cohésion, qui fonctionne en deux phases :



**Phase 1** : la terre absorbe l'eau, les argiles commencent à gonfler, c'est un processus lent qui nécessite du temps.

**Phase 2** : la terre sèche, les argiles diminuent de volume en attirant vers elles les autres composants qui se trouvent à l'état totalement sec et liés.

Si l'interpénétration entre les grains est telle qu'elle ne laisse pas de vides, la terre une fois sèche est capable de résister à des forces de compression de l'ordre de 3 MPa.

## STABILISATION

Quand la terre est très argileuse, il existe un risque de fissuration excessif après le séchage, et il faut respecter la quantité nécessaire puisque c'est l'argile qui permet un meilleur accrochage entre les cannes ou tiges :

Si la terre est très argileuse, la correction possible consiste :

- à augmenter la proportion de sable afin de réduire la cohésion.
- à incorporer de la paille afin de limiter la taille des fissures.



## ANALYSE DE LA TERRE

**OBJECTIF:** A l'aide d'essais de terrain simples, vérifier si la terre convient à la production d'adobes. Ces essais indiquent les caractéristiques de la terre. Pour vérifier sa composition et sa granulométrie: essai de manipulation-d'odeur; pour la plasticité: le "cigare" et pour la cohésion: la "pastille". Le résultat de ces essais indique la qualité de la terre.

### MANIPULATION - ODEUR



- Avec l'eau, les sens permettent d'identifier les composants de la terre par le dégagement d'une odeur.

**terre ORGANIQUE** - dégagement d'une odeur.

**terre SABLONNEUSE** - rugueuse, cassante, légèrement collante

**terre LIMONEUSE** - fine, facile à réduire en poudre, collante

**terre ARGILEUSE** - difficile à rompre, lente à se dissoudre dans l'eau, très collante et fine.

### TERRE CONVENABLE

L'idéal est d'avoir une terre à la fois sablonneuse et argileuse.

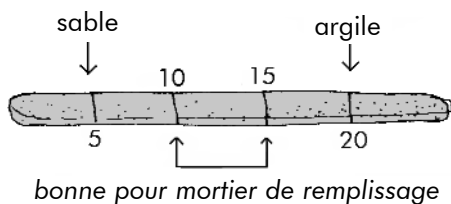
Il faut se méfier des terres limoneuses dans la mesure où une fois sèches, elles ne résistent pas à l'eau.

### ESSAI DU "CIGARE"



- Retirer les graviers de l'échantillon
- Mouiller, mélanger et laisser reposer la terre une demi-heure jusqu'à ce que l'argile puisse réagir avec l'eau.
- La terre ne doit pas salir les mains.
- Sur une planche, former un cigare de 3 cm de diamètre.
- Pousser lentement le cigare vers le vide.
- Mesurer la longueur du tronçon qui se détache
- Recommencer 3 fois et calculer la moyenne.

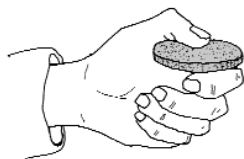
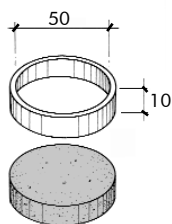
moins de 5 cm. **TROP SABLONNEUSE**  
plus de 20 cm. **TROP ARGILEUSE**



### TERRE CONVENABLE :

Entre 7 et 15 cm, la terre est bonne.

### ESSAI DE LA "PASTILLE"



- Pas de rétraction, facile à réduire en poudre :

**Terre SABLONNEUSE**



- Rétraction, facile à réduire en poudre :

**Terre LIMONEUSE**



- Rétraction importante, très difficile à réduire en poudre :

**Terre ARGILEUSE**



Récupérer la terre de l'essai précédent à l'état plastique; Mouler deux pastilles à l'aide d'un morceau de tube ou autre.

Après séchage :

- Observer les éventuels phénomènes de rétraction.
- Evaluer la résistance de la terre à la rupture et l'écrasement entre le pouce et l'index.

### TERRE CONVENABLE :

Moins de 1 mm de retrait, difficile à réduire en poudre : bonne terre.

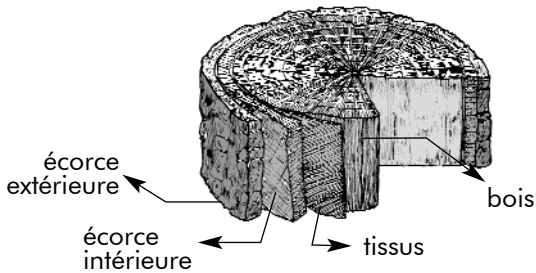
### RECOMMANDATION :

Vérifier directement l'aspect dans le torchon après séchage : type de fissures, adhérence et cohésion.

# LE BOIS

Parmi les ressources forestières tropicales, le bois, qui constitue la ressource renouvelable la plus abondante, contribue à la solution du problème du logement.

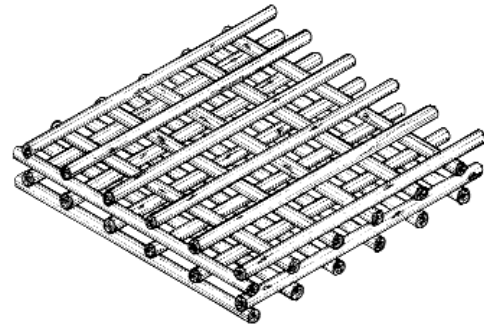
Le bois présente des propriétés de résistance physique et mécanique très importantes et son utilisation est accessible pour la population quand elle est faite de façon rationnelle.



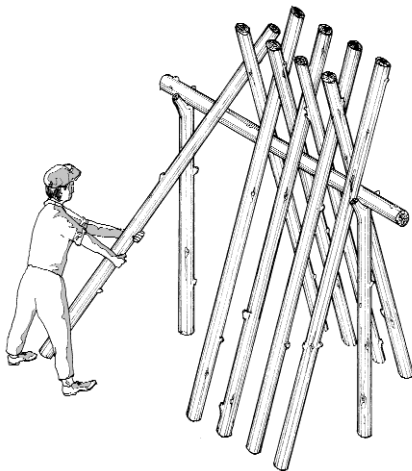
**Coupe:** la coupe du bois doit être réalisée quand la teneur en sève est faible (lune pleine) et au saison sèche. Ceci permet de réduire les risques d'attaques d'insectes. Après avoir coupé le tronc avec son écorce, on laisse reposer sur sol sec 30 jours, en évitant les flexions.

**Séchage:** après la coupe, le bois doit être séché pour améliorer ses propriétés technologiques et sa stabilité dimensionnelle, ainsi que pour éliminer la sève éventuellement présente. Pendant ce processus, des changements dimensionnels se produisent, pouvant entraîner des défauts dans la pièce. Une autre fonction du séchage est d'obtenir un produit dont la teneur en humidité soit compatible avec celle qu'il aura tendance à acquérir une fois mis en œuvre.

Séchage à l'air libre par empilage horizontal



Séchage à l'air libre sur chevalet



**Méthodes de séchage :** à l'air libre, ou séchage naturel et séchage artificiel

- à l'air libre, on ne doit pas exposer le bois directement au sol, et le séchage doit être fait sur terrain plat, propre et bien drainé. L'empilage peut être fait de diverses façons, empilage horizontal ou en chevalet et par les extrémités.

- dans le séchage artificielle, on utilise la température, l'humidité et la ventilation dans des conditions différentes des conditions naturelles, obtenues au moyen d'installations spéciales (fours). Cette méthode réduit le temps de séchage et le bois acquiert une teneur en humidité beaucoup plus faible.

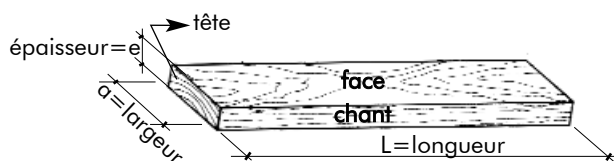
**Préservation :** la préservation ou l'immunisation du bois a pour objet de modifier sa composition chimique en la rendant vénéneuse ou repoussante pour les éléments biologiques. Les conservateurs peuvent être des composés chimiques purs ou des mélanges de composés, ceux-ci doivent pénétrer jusqu'à une profondeur considérable, pour cela le bois doit être sec et déjà coupé.

**Méthodes de préservation :** par application et par pression.

- application avec broches, pulvérisation, immersion ou par bain chaud ou froid.

- par pression, le produit de préservation est appliqué en utilisant des pressions différentes de la pression atmosphérique, en autoclave.

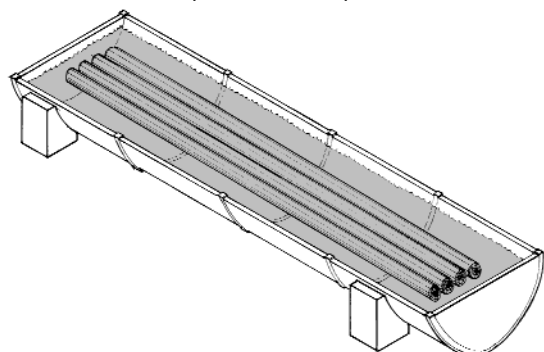
## Terminologie d'utilisation



1 pied = 12 pouces = 30.48 cm

1 pouce = 2.54 cm

Méthode de préservation par immersion



## TIGES - Cannes / Bambous

Classifiés en botanique comme **graminées**, ces sortes de tiges verticales, cylindriques et creuses, offrent une série de caractéristiques physiques et mécaniques qui permettent leur utilisation dans la construction.

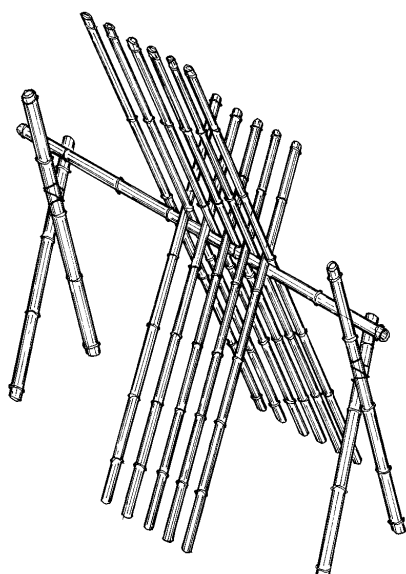
Il s'agit d'un matériau accessible, facile à travailler avec des méthodes manuelles et simples.

**Coupe.** Le moment le plus adapté est la saison sèche, en lune décroissante, et à l'âge adulte, en fonction de la variété.

### Méthode de coupe recommandée :

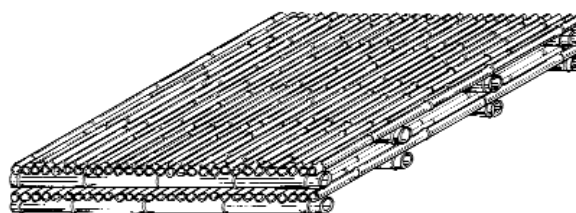
- La coupe doit se faire à 30 ou 40 cm au-dessus du sol et après un nœud.
- Si la canne est utilisée comme élément structural, elle doit être coupée à l'âge adulte.
- La coupe doit être faite de façon "propre" pour ne pas blesser la tige et l'instrument utilisé doit être bien affûté.
- Après la coupe, il est nécessaire de prévoir une période de séchage destinée à expulser la sève qui se trouve à l'intérieur de la tige. Pour cela, on laisse les tiges reposer sur le site de coupe en position verticale, sans enlever les branches et en évitant le contact avec le sol pendant 4 à 8 jours.

Séchage à l'air libre sur chevalet



**Séchage:** nécessaire afin d'éviter les déformations, fissures et changements de dimensions après mise en œuvre. Les organismes biologiques ne peuvent pas vivre dans les cannes dont la teneur en humidité est inférieure à 15%. Une faible teneur en humidité augmente les propriétés de résistance de la canne. Le séchage peut être fait à l'air libre ou sous abri ouvert, pendant 60 jours. Il est également possible d'utiliser la chaleur produite par un radiateur ou un feu ouvert. On prendra soin que ce feu soit modéré afin de ne pas fendre les tiges, le séchage sera terminé au bout de 2 à 3 semaines.

Séchage à l'air libre par empilage horizontal

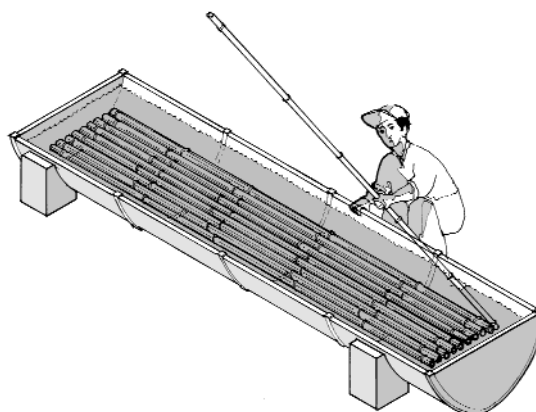


**Conservation :** cette opération permet d'améliorer la durabilité des perches. Elle consiste à utiliser les espaces entre les fibres intérieures en y déposant des produits germicides, fongicides et insecticides pour les tiges qui sont exposées. Pour les tiges qui seront noyées dans le mur, il suffit d'éliminer les amidons et sucres qui peuvent rester à l'intérieur.

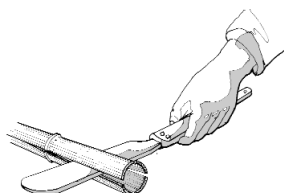
Pour cela, différentes méthodes existent :

- Par immersion dans une solution de conservation (saline, de chaux ou asphalte brûlé) pendant 5 heures ou simplement à l'eau claire pendant un mois, en changeant l'eau tous les jours.
- Procédé "Boucherie", en reliant les tiges à un réservoir surélevé contenant du produit de conservation.
- Remplissage des tiges bouchées à une extrémité avec du produit de conservation.

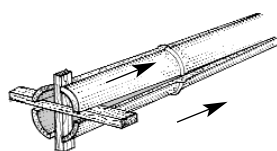
Méthode de conservation par immersion



### Outils permettant de découper le bambou en lattes.



Découpe à la machette



Croix en bois dur

### Espèces les plus utilisées dans la construction en Amérique centrale ;

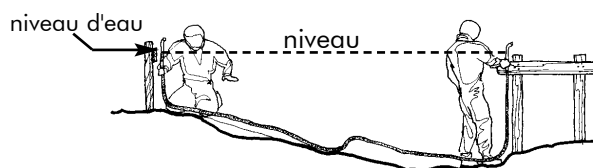
- *Arundo donax* (canne géante, canne de bambou, canne de Coheta)
- *Gynerium sagittatum* (canne sauvage, canne blanche, canne amère, canne de Tusa)
- *Phragmites communes* (canne aquatique commune)
- *Guada angustifolia* (canne de guayaquil, bambou, guada)
- *Chusquea spp* (chusque, carrizo suro)

# TRACE ET IMPLANTATION

La première opération à réaliser au début de la construction d'une maison consiste à reporter sur le terrain le dessin réalisé sur le papier. Un tracé correct est important puisque de lui dépend la réussite des étapes suivantes de la construction.

**1 - Niveau vertical.** A l'aide d'un tuyau transparent flexible et d'eau, on procède :

- à la vérification du pourcentage de dénivelé du terrain
- à la définition des hauteurs des fondations
- au transfert des hauteurs d'un point à un autre.



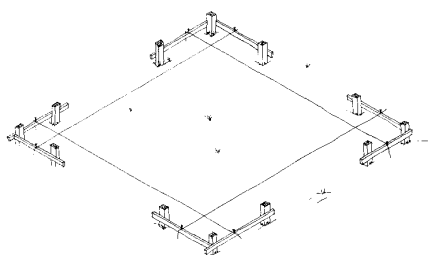
**2 - Tracé.** Une fois préparé le terrain : propre et nivelé, définir à l'aide de piquets provisoires et d'une corde une ligne AB appelée ligne "principale" ou de référence.

Pour tracer la ligne orthogonale CD (angle droit) à la ligne de référence, utiliser la méthode des 3, 4, 5 ; et réaliser une équerre à l'aide d'un décimètre.

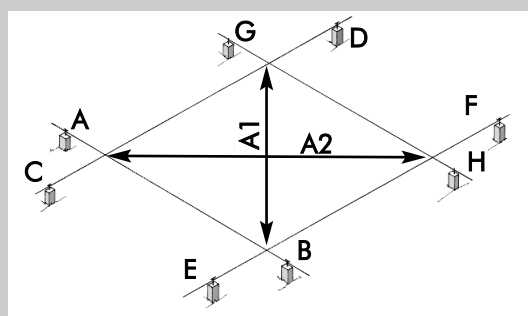
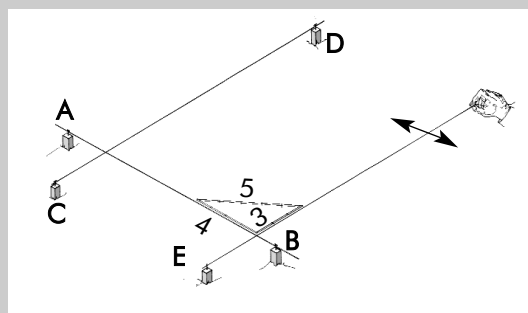
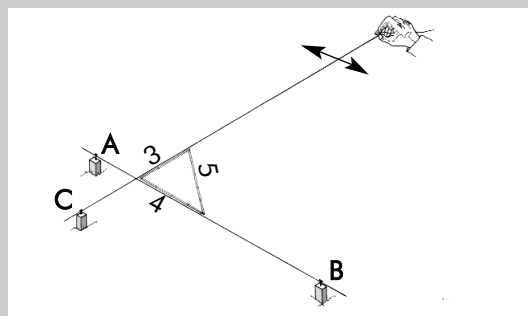
Placer le point d'intersection, placer le point D, tirer la corde jusqu'au point E en s'efforçant d'aligner l'équerre précédemment définie.

La ligne suivante orthogonale EF est réalisée comme la précédente. Enfin, tracer la ligne GH parallèle à la ligne de référence, en prenant les distances préalablement requises.

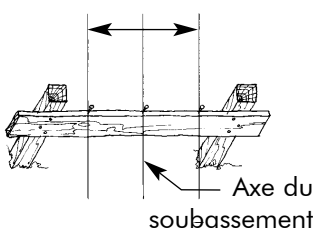
**Installation des chaises en bois et des cordes**



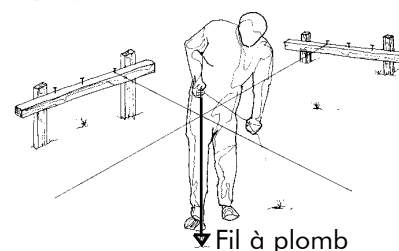
Une fois défini le cadre, on vérifie le bon angle des 4 côtés, en mesurant les deux diagonales :  $A1 = A2$



**Largeur des fondations**



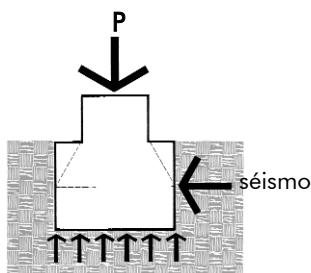
**Marquage des limites de la tranchée**



Procéder ensuite au tracé des lignes définitives afin de définir l'axe et la largeur de cimentation et du mur avec les dimensions définitives de la maison.

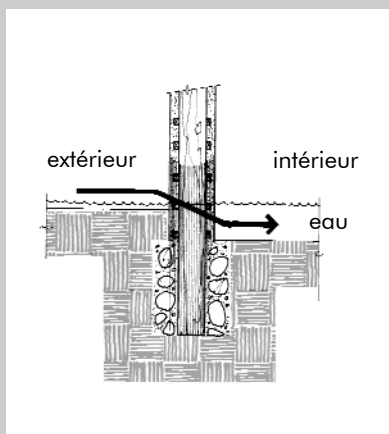
Procéder ensuite au report des points sur le sol pour le tracé et l'excavation à l'aide d'un fil à plomb et des cordes tendues.

# FONDATIONS



Le travail des fondations est de transmettre la charge de la construction au terrain. Le poids de la structure doit être adapté à la capacité portante du terrain qui doit à son tour être un sol stable. On s'assure ainsi d'une bonne connexion entre la structure et les fondations et un bon ancrage de l'ensemble dans le sol.

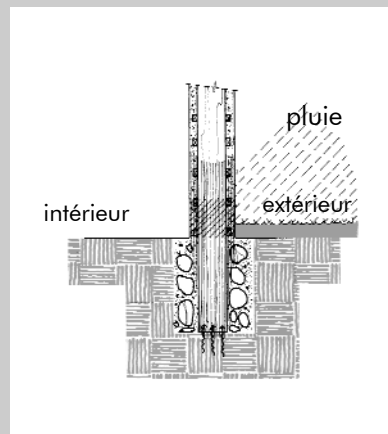
## PROBLEMES - PATHOLOGIES : fondations défectueuses



Inondation

Il est nécessaire d'avoir de bonnes fondations et il faut aussi que les soubassements de la maison dépassent de 20 cm environ le niveau du terrain à l'extérieur pour éviter :

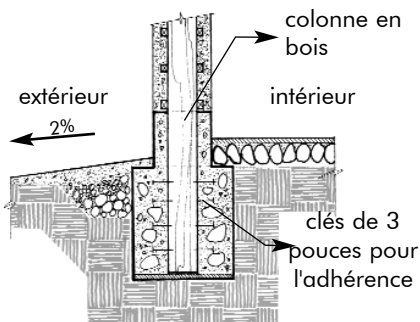
- qu'en cas de pluie, le mur n'absorbe l'humidité.
  - qu'en cas d'inondation, si niveau du sol intérieur est inférieur au niveau extérieur, l'eau ne pénètre à l'intérieur.
- Ces phénomènes entraînent la fragilisation des murs qui ne sont plus capables de résister en cas de séisme.



Absorption de l'humidité

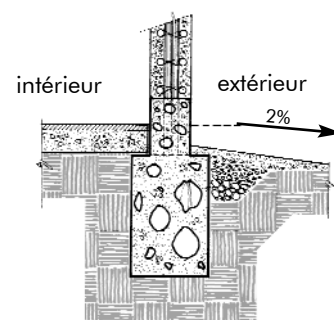
## TYPES DE SOUBASSEMENTS ET FONDATIONS

Le choix d'un type de matériel pour les fondations se fera en fonction de la disponibilité du matériau, des coûts et de la rapidité de mise en œuvre.

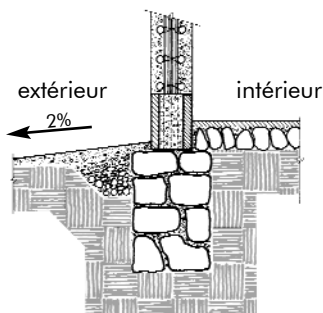


Type de fondation : colonne enfoncée dans le béton.

La largeur minimale des fondations sera de 40 cm. Toutefois, la largeur recommandée est de 1,5 fois la largeur du mur.

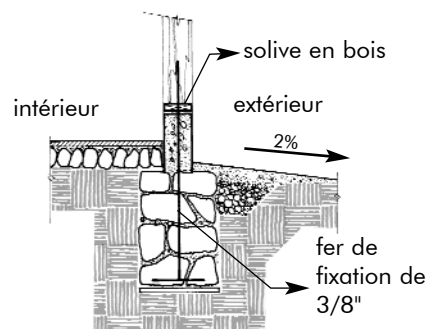


Fondations en béton cyclopéen



Soubassement en blocs de béton (39 x 19 x 14 cm) remplis de béton.

La hauteur minimale sera de 20 cm.

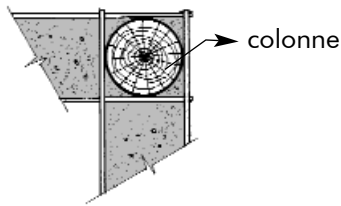


Ciment avec colonne de bois fixée au soubassement en béton.

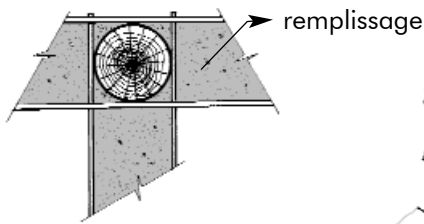
# STRUCTURE ET REMPLISSAGE - Torchis Traditionnel

Le torchis traditionnel se compose d'une structure en bois rond ou en bambou (guadua) remplie de terre paille, logée à l'intérieur d'une ossature double en tiges de bambou ou cannes minces.

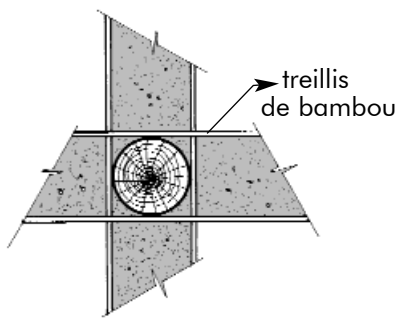
Raccordement en coin



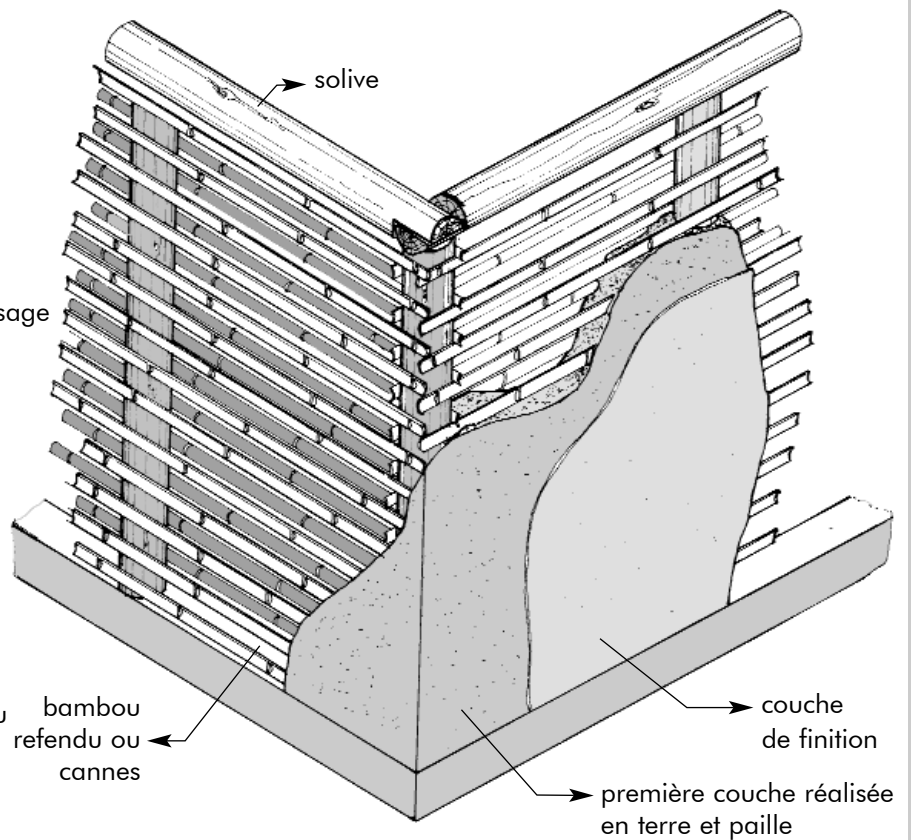
Raccordement en "T"



Raccordement en "+"

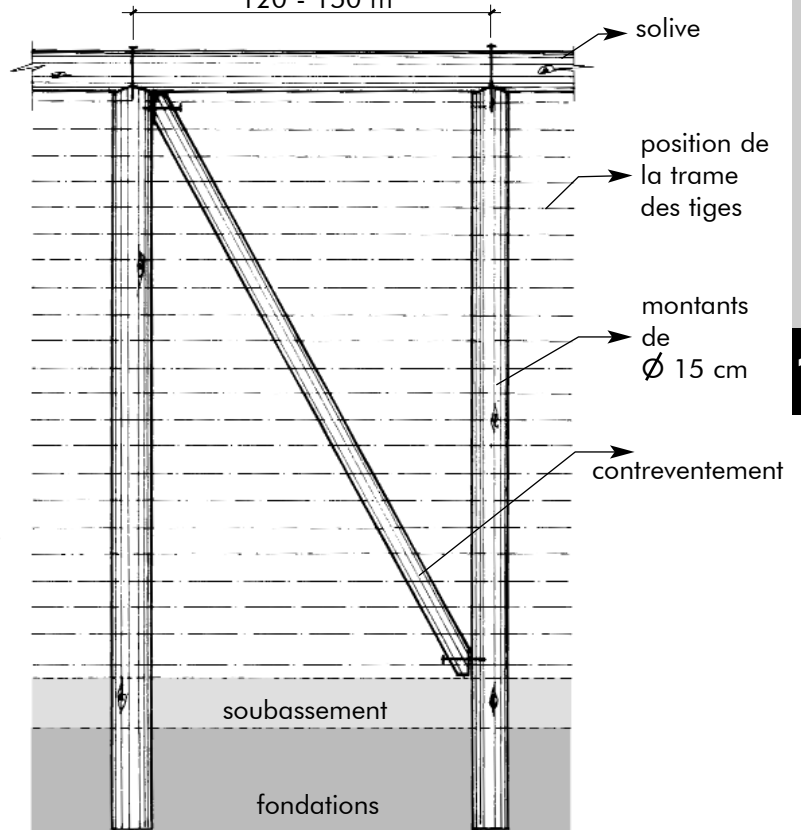


Détail de la structure du mur

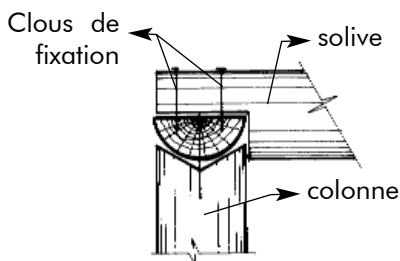


Élévation type pour mur

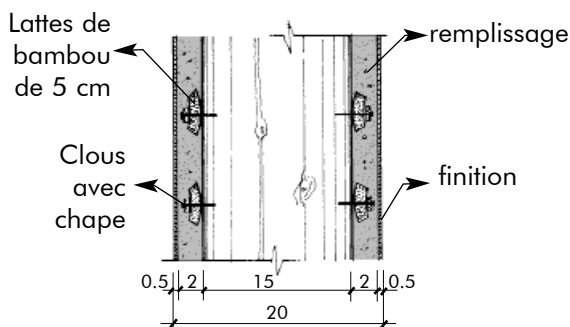
120 - 150 m



Détail de la solive-colonne



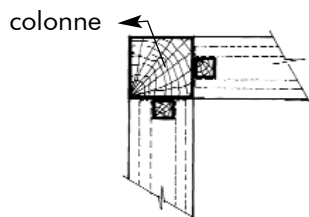
Coupe du pur



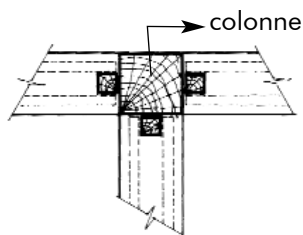
# STRUCTURE ET REMPLISSAGE - Torchis Conventionnel

Ce type de torchis est une version plus moderne du torchis traditionnel, c'est aussi le type le plus utilisé. Il s'agit d'un treillis de perches en canne ou bambou liées avec du fil de fer et des clous sur une structure de bois scié, ce qui permet d'obtenir un meilleur assemblage.

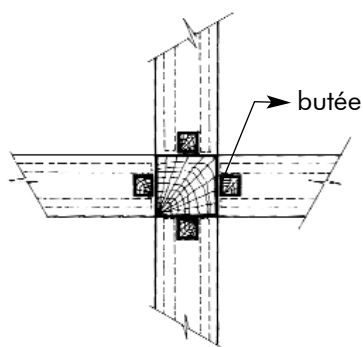
Raccordement en coin



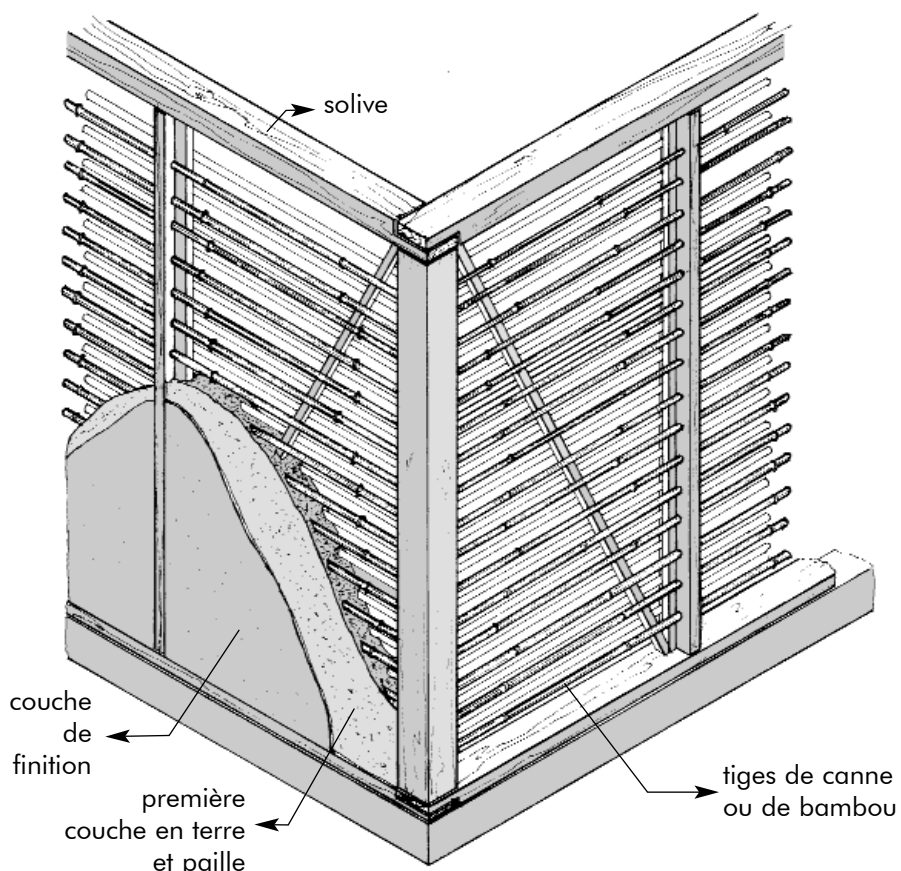
Raccordement en "T"



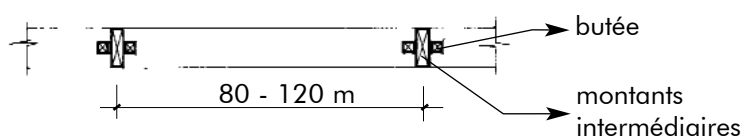
Raccordement en "+"



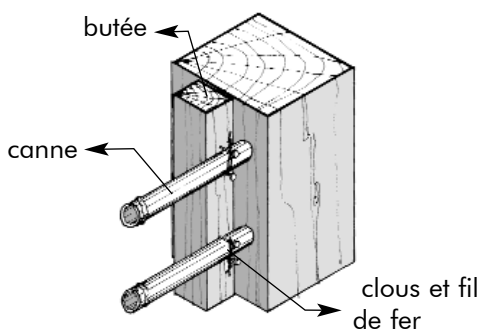
Détail de la structure du mur



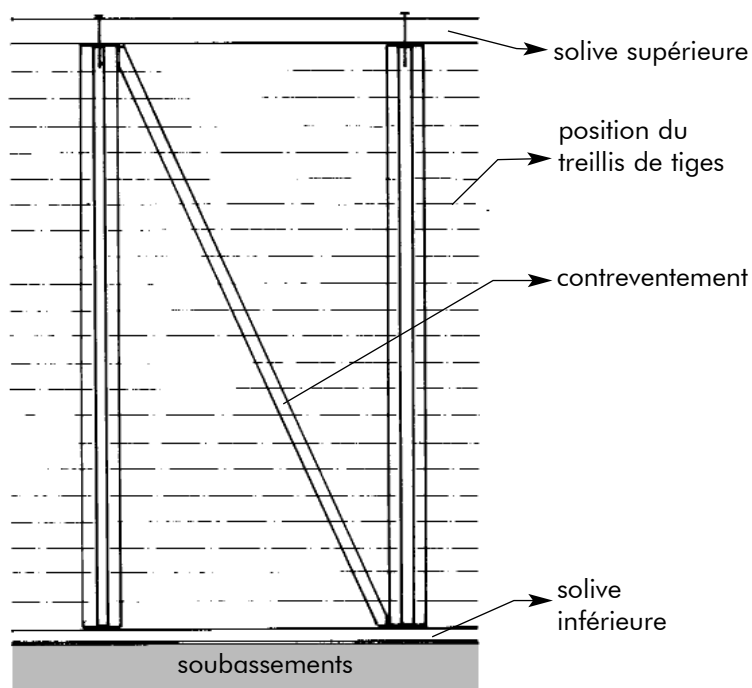
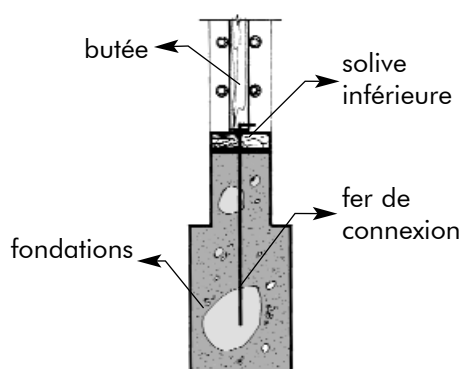
Elévation type pour mur



Détail de la fixation des cannes



Détail de la fixation de la solive et des fondations

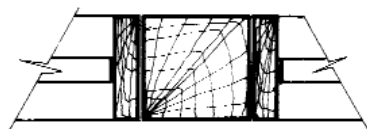




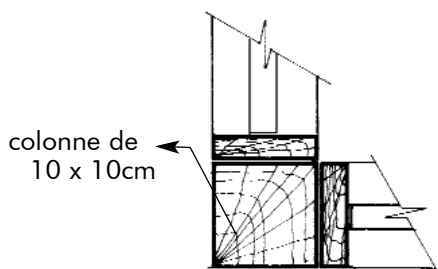
## STRUCTURE ET REMPLISSAGE - Panneaux Préfabriqués

Le panneau préfabriqué "Quincha" est un châssis de bois scié, entretoisé avec des tiges en canne ou des lattes de bambou, tressées de façon à permettre leur autofixation, ces panneaux après avoir été montés constituent des parois qui seront revêtues d'une première couche de mortier terre, paille et d'une couche plus fine de finition. L'avantage du panneau préfabriqué est qu'il permet de réaliser simultanément les panneaux et la structure qui sera portante dans le mur, ce qui réduit le temps de montage du panneau.

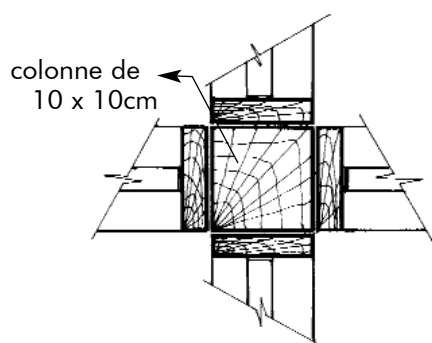
Raccordement intermédiaire



Raccordement en coin



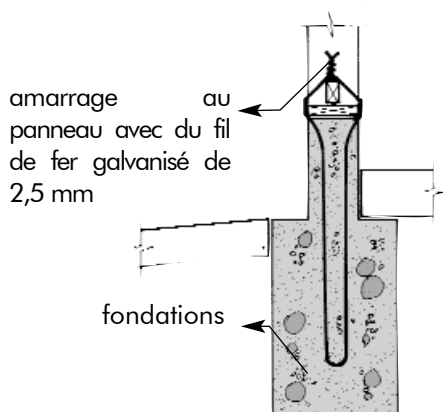
Raccordement en "+"



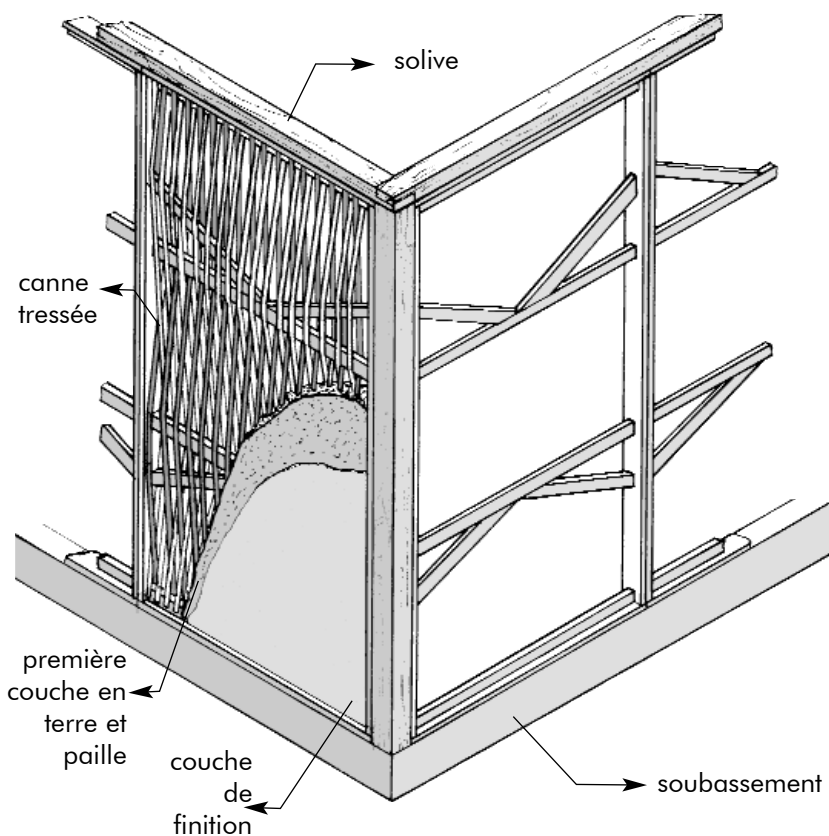
Raccordement de deux panneaux



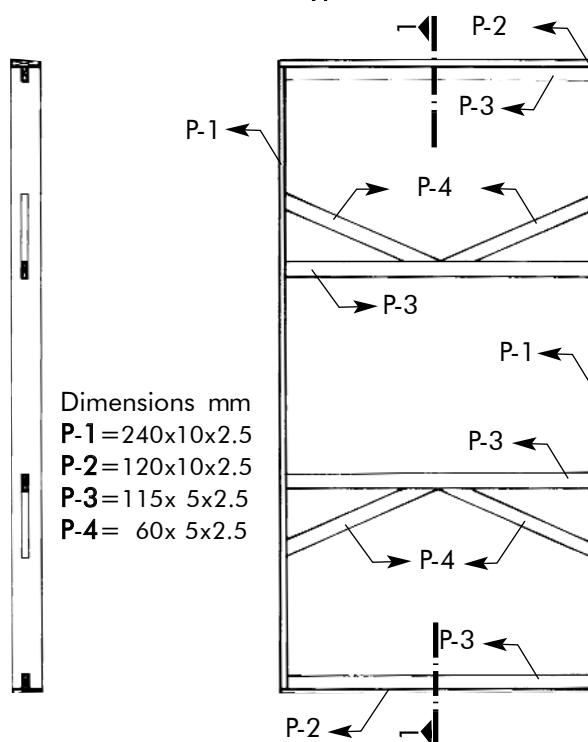
Détail de la fixation des fondations aux panneaux



Détail du mur en panneaux préfabriqués



Panneau de mur type



Dimensions mm

P-1 = 240x10x2.5

P-2 = 120x10x2.5

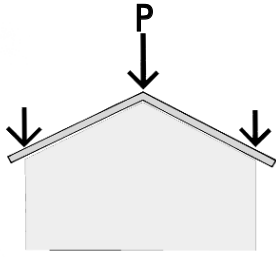
P-3 = 115x 5x2.5

P-4 = 60x 5x2.5

Coupe 1-1

Elévation

# STRUCTURES DE TOITURE



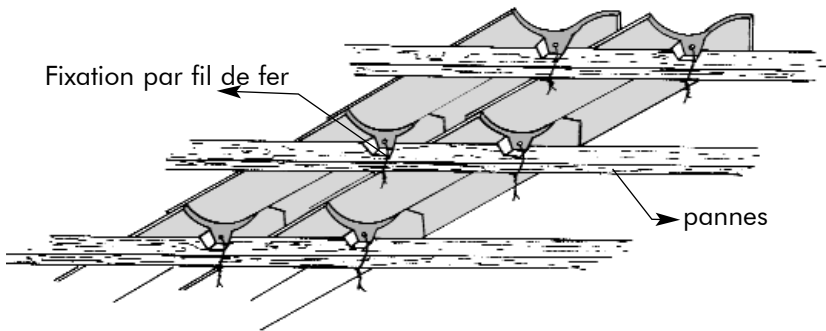
Le toit : structure et couverture se comportent comme un diaphragme (rigide et souple) qui résiste à la flexion et au cisaillement.

Une maison en zone sismique nécessite un toit léger et qui répartit la charge de façon homogène sur les murs.

Il est également nécessaire de considérer les auvents comme faisant partie de la protection du mur, ceux-ci ne doivent pas faire moins de 50 cm ni plus de 1 m.

## TYPES

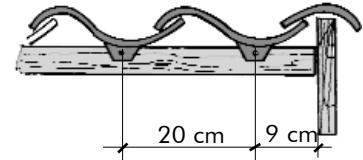
### TUILES DE MICRO-BETON



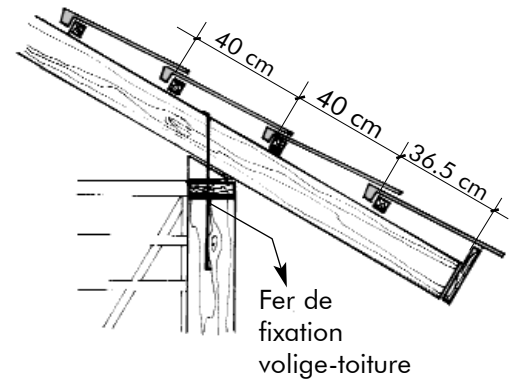
Les tuiles en micro-béton isolent mieux l'intérieur de la chaleur et du bruit de la pluie mais elles nécessitent une structure uniforme et une plus grande quantité de pannes.

Pour un mètre carré de toiture, il faut 12,5 unités de tuiles.

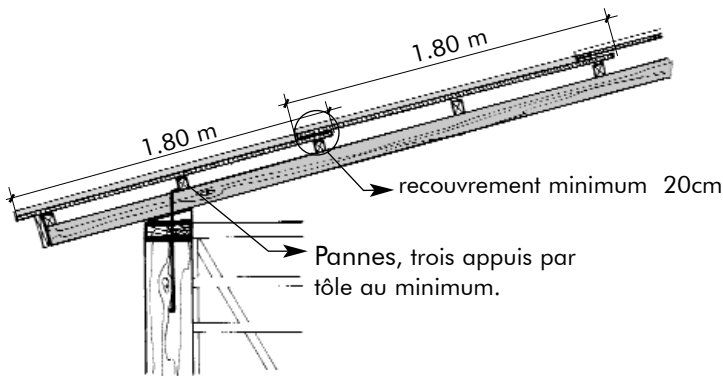
### Installation latérale



### Détail du recouvrement et de l'ancrage



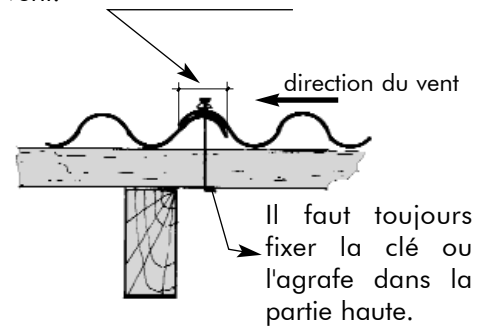
### TOLES ONDULEES



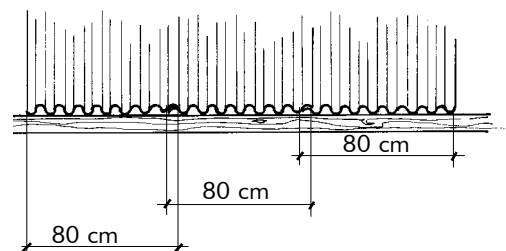
Les tôles ondulées (zinc) sont plus faciles à installer dans une maison, et elles sont en outre plus économiques, mais elles laissent passer la chaleur et le bruit. Si elles se percent, il est nécessaire de changer tout le panneau. Pour une surface de 1,20 m<sup>2</sup> de toiture, il faut 1 tôle.

### Recouvrement et fixation

Pour les tôles à ondulations serrées (25 mm), le recouvrement se fait sur une ondulation complète, et dans le sens du vent.



### Recouvrement latéral



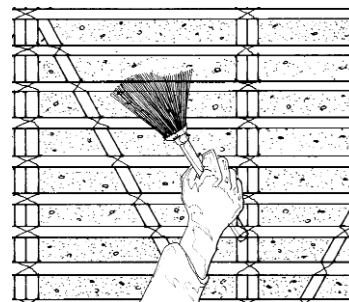
## REVETEMENTS

Traitement appliqué sur la surface de la paroi afin de la protéger des effets néfastes du climat et de l'utilisation. Les revêtements servent aussi à rehausser l'allure esthétique de la maison. Une paroi protégée par un revêtement sera mieux à même de résister à un séisme.

**Le travail de réalisation des revêtements de mur comprend plusieurs étapes :**

### 1. Préparation :

Nettoyer le mur afin d'éliminer les particules isolées de terre et de sable et garantir l'adhérence du remplissage à la trame du mur. Si on décide d'humidifier le mur, il faut attendre un certain temps afin que le mur puisse évaporer et absorber l'eau jusqu'à l'intérieur.



### 2. Première couche :

Elle sert à niveler les imperfections du mur et à recevoir la couche de finition.

L'épaisseur de cette couche est de 8 à 20 mm.

Le mortier doit avoir les proportions suivantes :

1 part de terre argileuse à 5 mm de diamètre.

2 parts de sable (qui passe le tamis de 5 mm).

1/3 de paille coupée à 3 cm de long.



### 3. Incisions

Aussitôt après la pose de la première couche, avant le séchage, on réalise des "incisions" à l'aide d'une brosse métallique ou de clous, ce qui permet d'améliorer l'adhésion de la seconde couche sur la première.



### 4. Seconde couche : " la finition"

Couche fine de scellement ou de protection qui confère à la maison son esthétique, celle-ci est réalisée quand la première couche est complètement sèche.

Son épaisseur est de 1 à 2 mm.

Les proportions approximatives du mortier sont :

1 part de terre (qui passe le tamis de 2 mm)

3 ou 4 parts de sable fin.

Au moment de réaliser cette couche, il est important de réaliser plusieurs échantillons en modifiant les proportions jusqu'à obtenir un mélange approprié qui ne se fissure pas et soit résistant.

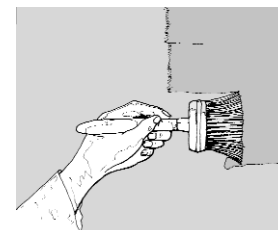


### 5. Tamponnement

Réalisé avec une éponge en effectuant des déplacements circulaires, et en attendant quelques minutes (15 à 20 minutes) pour passer un pinceau sec en mouvement rectilignes, l'objectif étant de tamponner la surface.

Il existe d'autres solutions ou combinaisons.

chaux et sable,  
chaux, sable et terre,  
plâtre et sable,  
plâtre, chaux et sable



# Annexe

## HABITATION EN TORCHIS CEREN RENFORCE

Cette proposition est basée sur une technique ancestrale développée par les anciens habitants dans le région de Ceren au Salvador. Il reste aujourd'hui quelques témoignages archéologiques qui attestent de sa présence et permettent de vérifier les formes et techniques de construction utilisées.

A la suite d'une visite réalisée en 1995 sur ce site archéologique, l'auteur se propose de réaliser une recherche pour développer une nouvelle technique, en partant et en prenant comme base les formes de construction propres de cette civilisation et en les adaptant aux formes et matériaux contemporains mais surtout aux conditions sismiques. Les premières expérimentations ont auparavant été réalisées au centre d'études CRATerre - France.

En 2001, il a été possible de concrétiser la réalisation d'un prototype baptisé la "semilla", dans le cadre du "programme de reconstruction de maisons au Salvador", à la demande de MISEREOR et FUNDASAL. Cette expérimentation sur le terrain a permis de vérifier les avantages et l'efficacité du système, qui pourra à l'avenir contribuer à la solution du problème du logement.

Les caractéristiques de cette technique sont l'élimination du bois (ce qui permet d'éviter les déforestations non contrôlées), sa résistance structurale et une exécution simple. Cette technique a été baptisée "CEREN" précisément en hommage à cette culture préhispanique et pour témoigner d'une certaine continuité dans la culture de la construction.

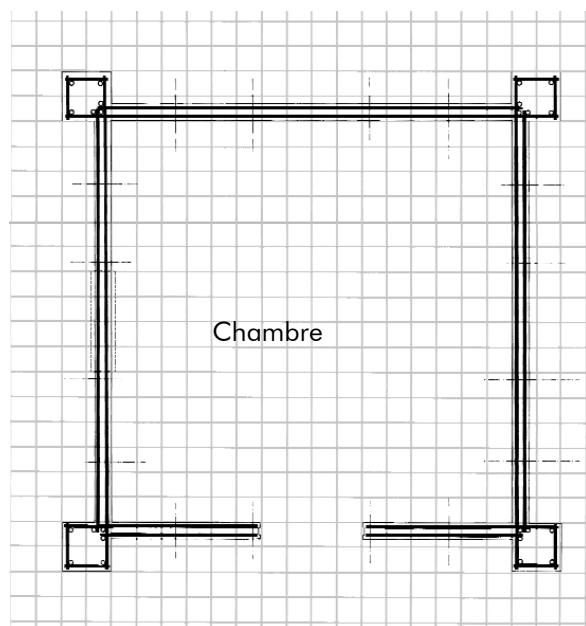
Wilfredo Carazas Aedo, architecte

## EVOLUTION DE LA SEMILLA

Les dimensions de la maison sont développées en prenant un module appelé "semilla", qui satisfait des critères parasismiques. A partir de ce module, des agrandissements successifs peuvent être réalisés.

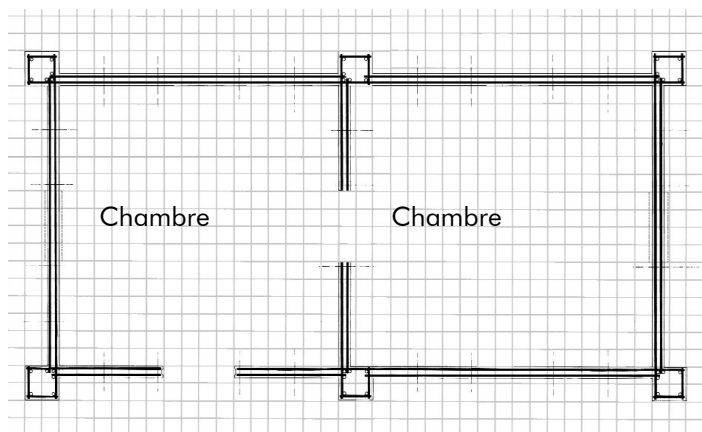
La dimension et l'agrandissement de la maison interviendront en fonction des conditions économiques, de la disponibilité des matériaux et du temps.

Si les conditions appropriées sont réunies, on peut passer directement à la dernière étape.



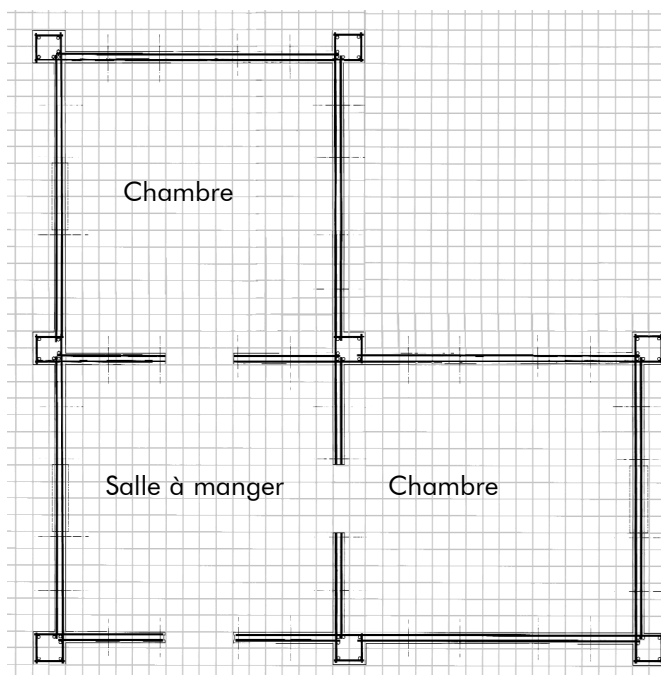
**LA SEMILLA**

Espace habitable = 10.24 m<sup>2</sup>



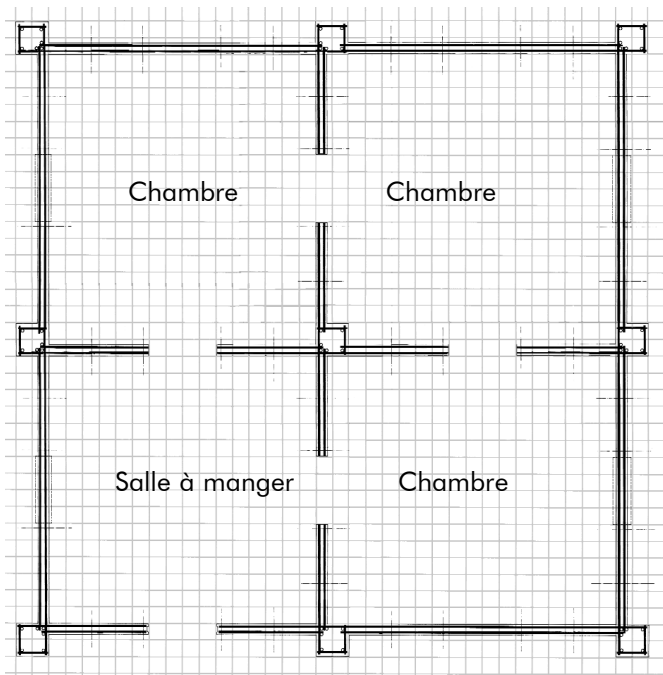
**MAISON RURALE DE BASE**

Espace habitable = 21.28 m<sup>2</sup>



**MAISON INTERMEDIAIRE**

Espace habitable = 32.32 m<sup>2</sup>



**MAISON COMPLETE**

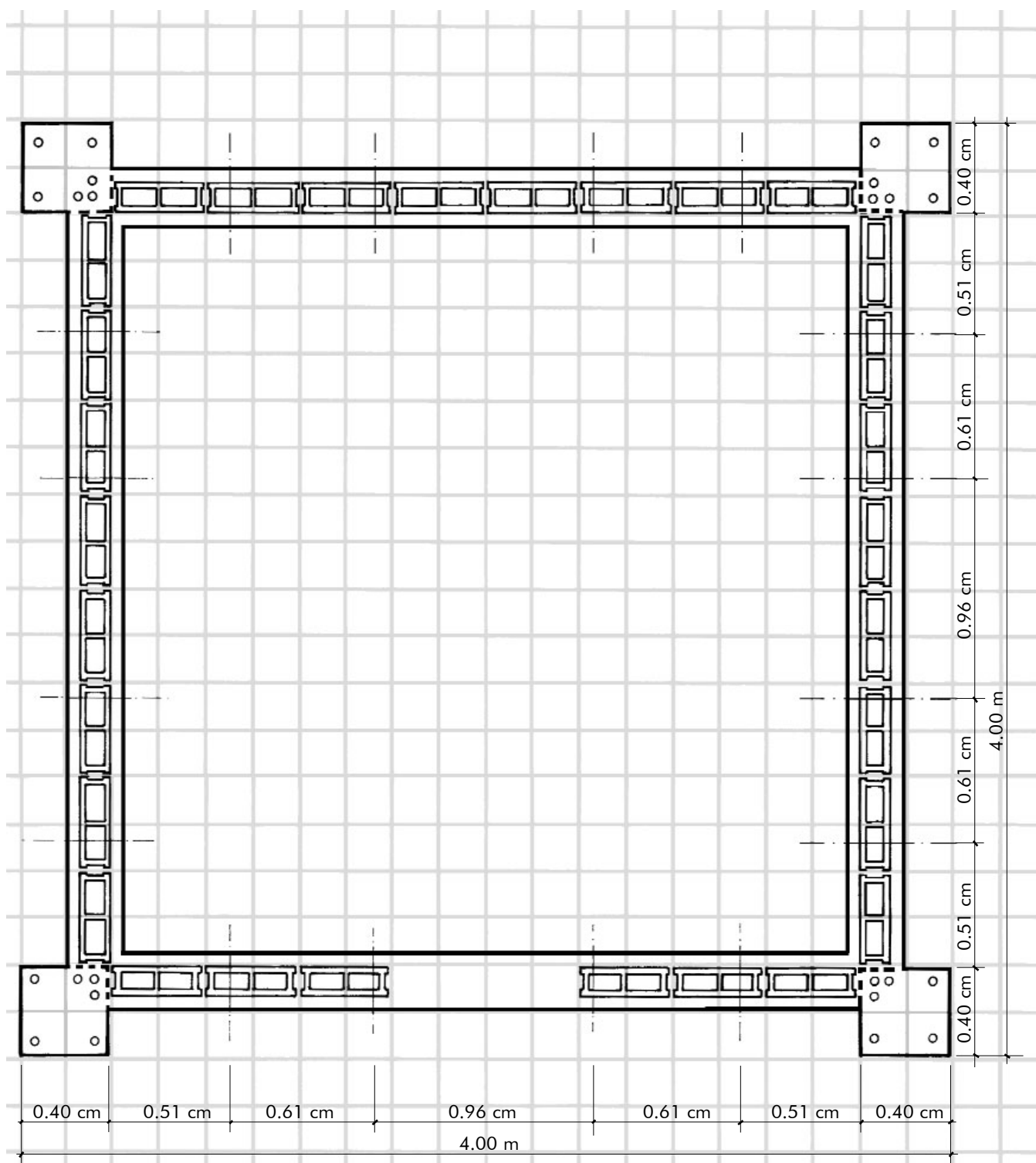
Espace habitable = 44.2 m<sup>2</sup>

**ATTENTION:** ces formes ne sont pas équivalentes à une maison rectangulaire ou en "L". Il s'agit ici de la somme de modules assemblés de façon appropriée

**IMPORTANT.** on ne tient pas compte de l'espace destiné à la cuisine, puisque traditionnellement cette activité est située dans une annexe. Si les conditions le permettent, on peut envisager de réaliser la "semilla" comme une cuisine

## PLAN DES FONDATIONS ET SOUBASSEMENTS

Après avoir réalisé les fondations et l'installation des colonnes, on procède à l'exécution des soubassements qui consistent à poser des blocs de béton creux, puis à installer les perches verticales à la distance indiquée.



Nombre de blocs 39 x 14 x 19 ou similaire = 30 blocs x cellule  
Le soubassement en béton cyclopéen sera de 25 cm de large x 40 cm de haut

## PLAN D'INSTALLATION DES TIGES

Pour une meilleure compréhension, les tiges ont été classées en fonction de leur longueur, les quantités nécessaires à la réalisation d'une cellule sont précisées ci-dessous.

Tiges horizontales

	Quantité	Dimension
V-1	80 tiges	3.98 m
V-2	80 tiges	3.36 m
V-3	40 tiges	1.78 m
V-4	40 tiges	1.24 m
V-5	200 tiges	0.38 m

Tiges verticales

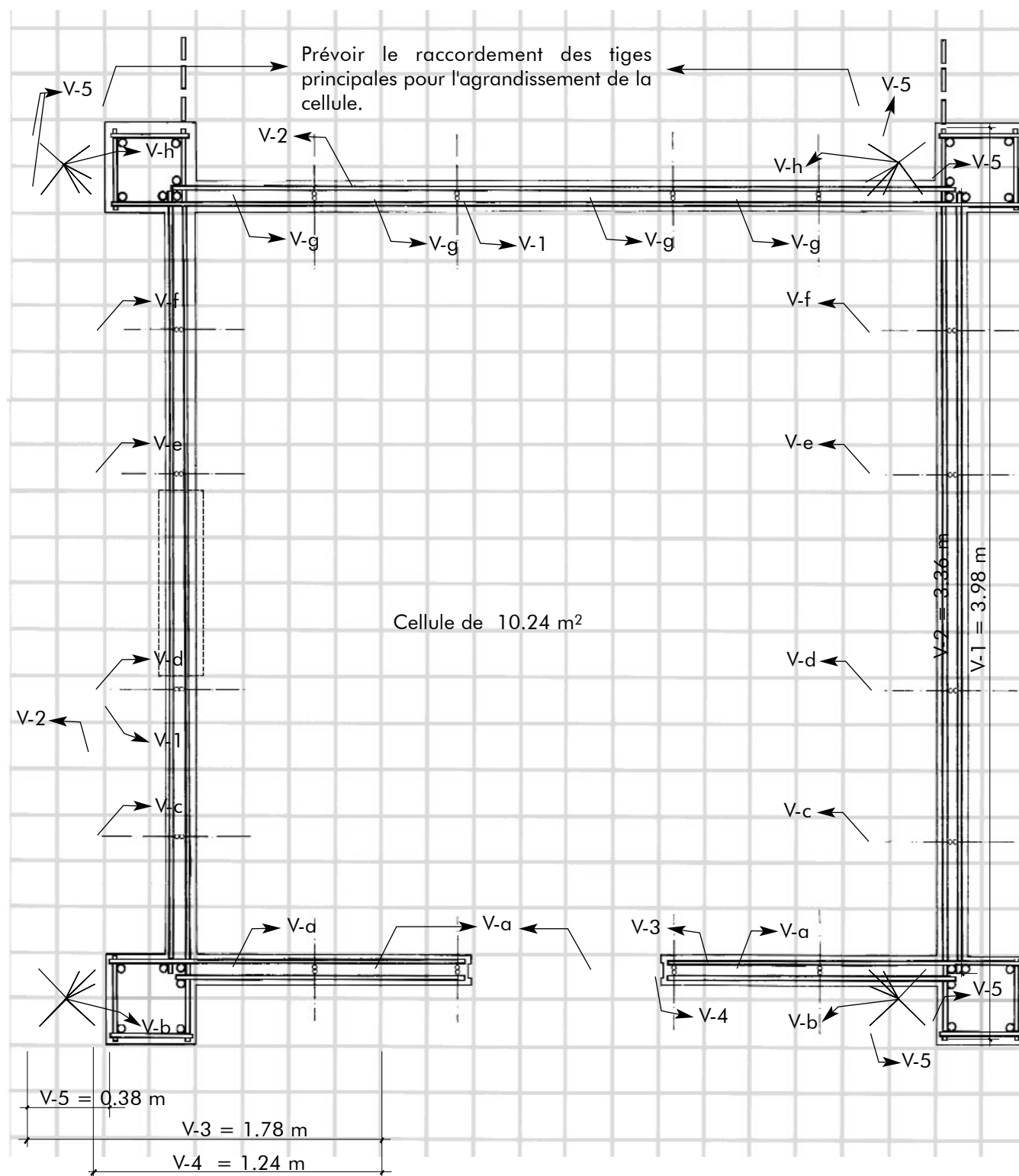
	Quantité	Dimension
V-a	8	2.30 m
V-b	12	2.60 m
V-c	4	2.41 m
V-d	4	2.53 m
V-e	4	2.80 m

Tiges verticales

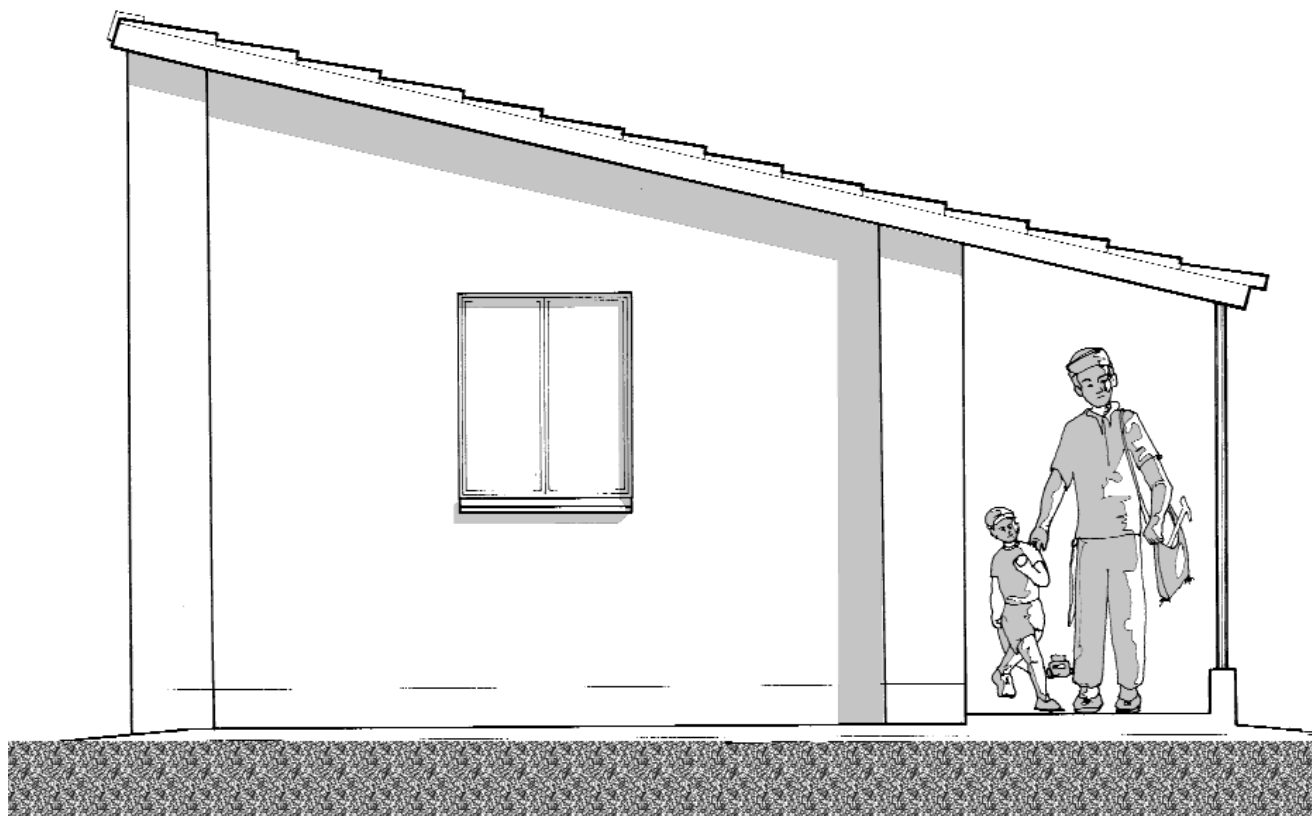
V-f	4	2.92 m
V-g	8	3.10 m
V-h	12	3.40 m

Contreventements:

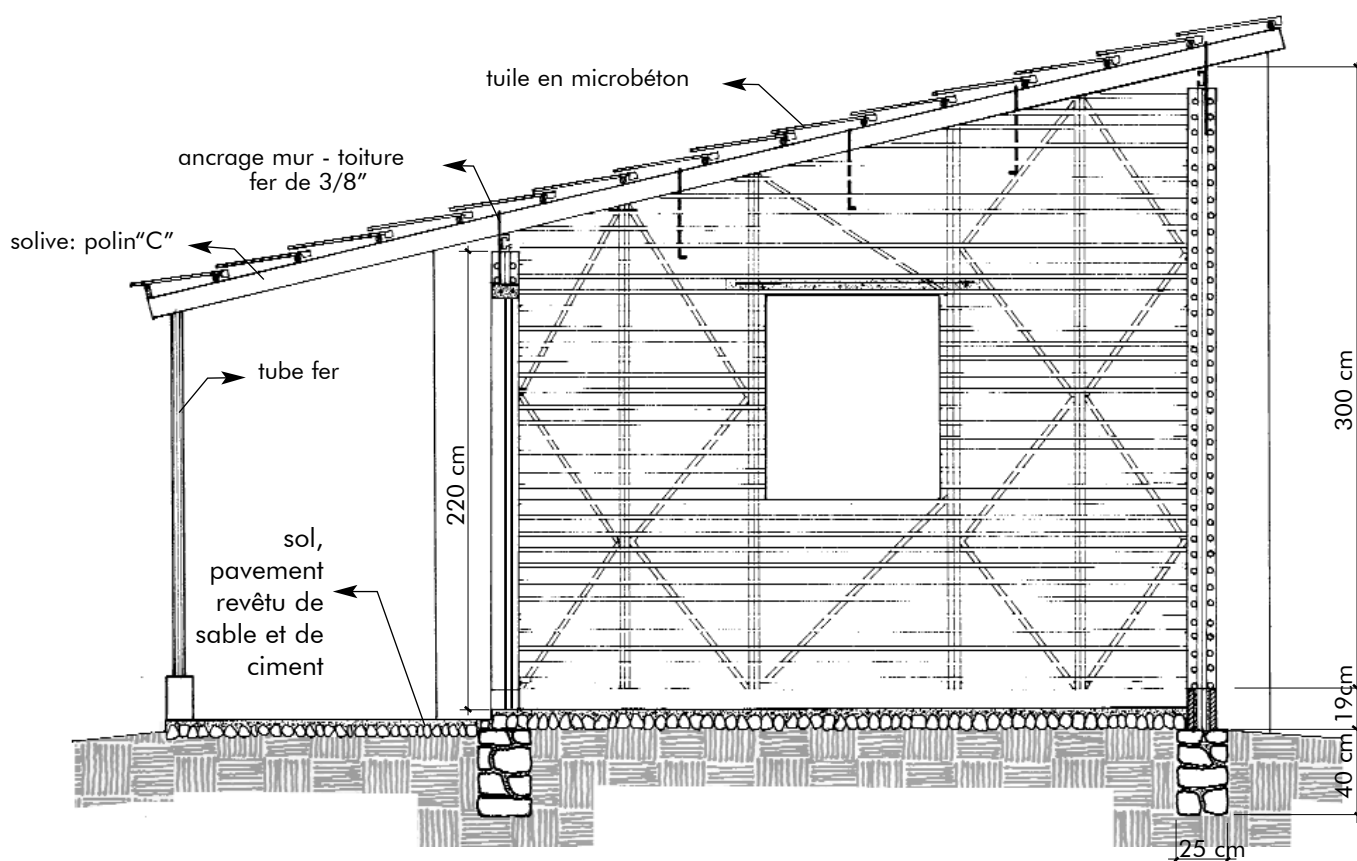
quantité 60	dimension 0.90m
-------------	-----------------



# ELEVATION ET COUPE



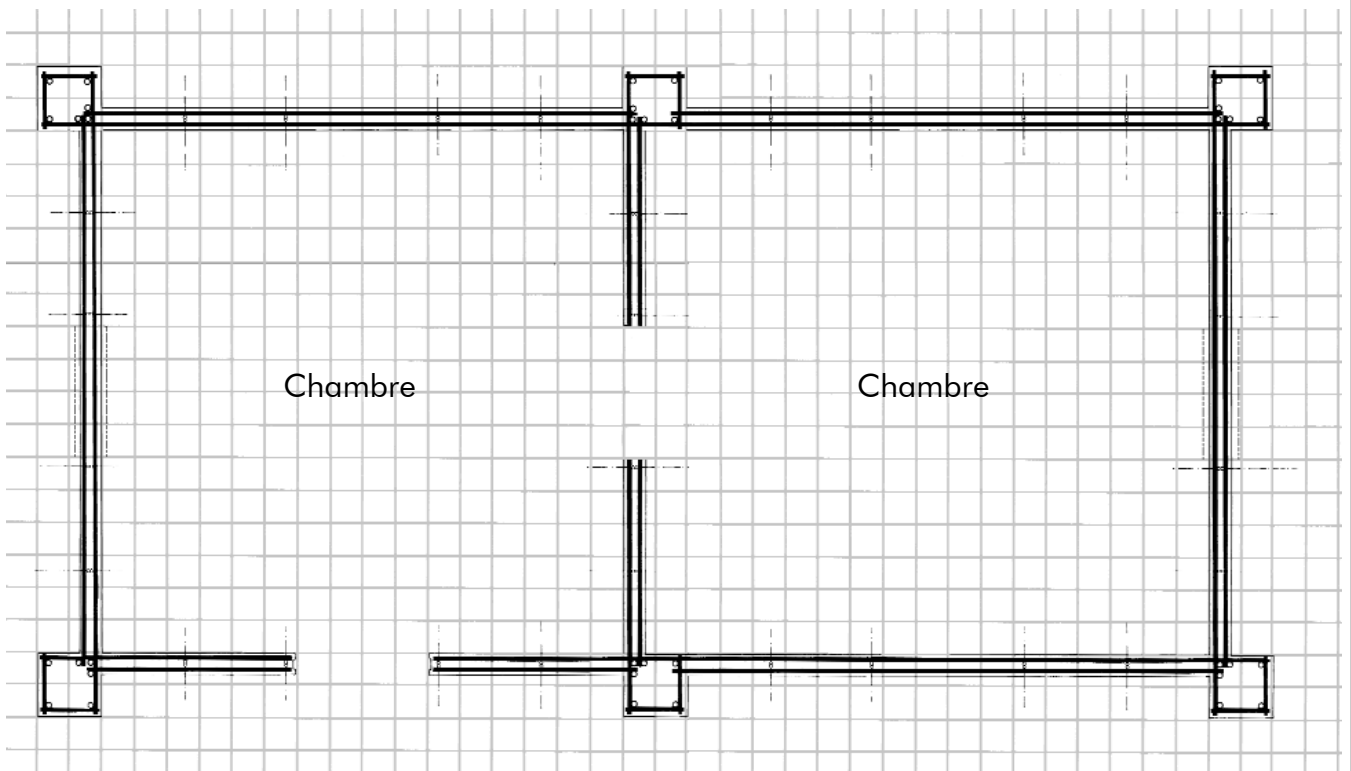
ELEVATION LATÉRALE GAUCHE



COUPE A-A

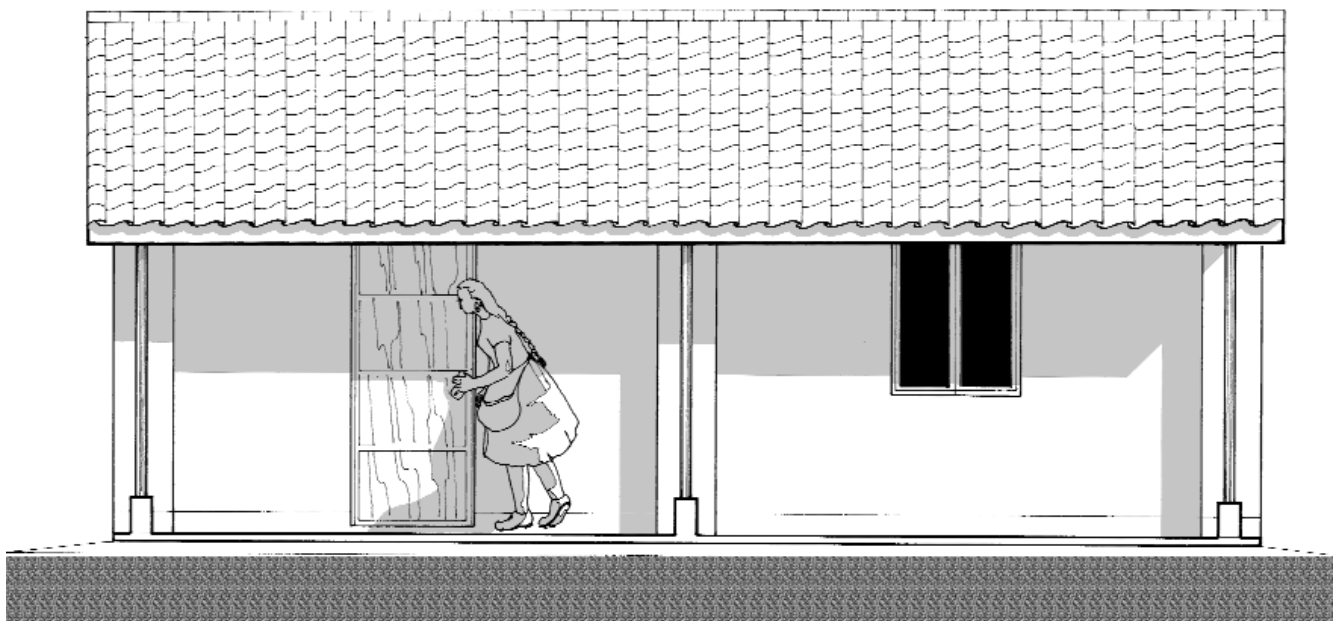


# MAISON RURALE DE 21,28 M2 D'ESPACE HABITABLE



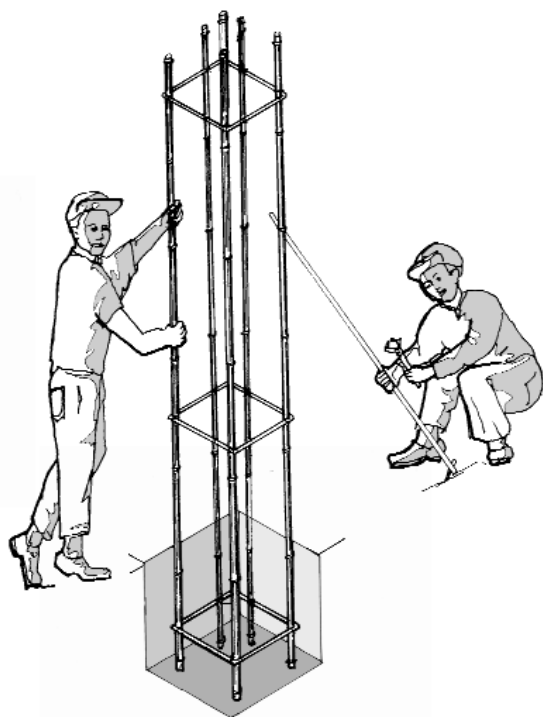
PLAN DE LA MAISON

Annexe 5

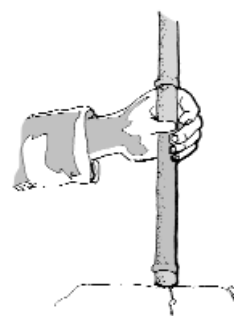


FAÇADE

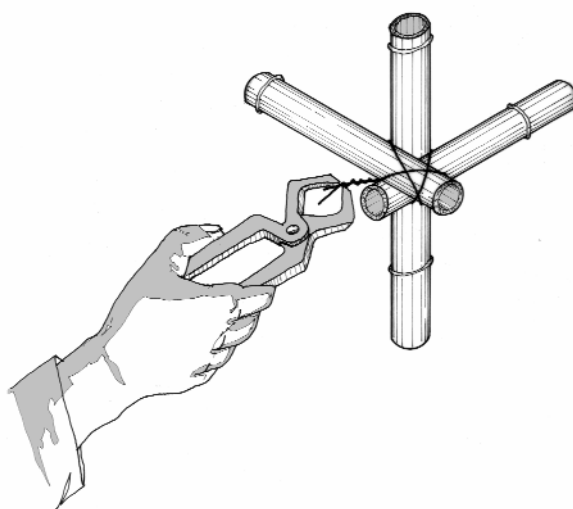
## DETAILS DE LA CONSTRUCTION



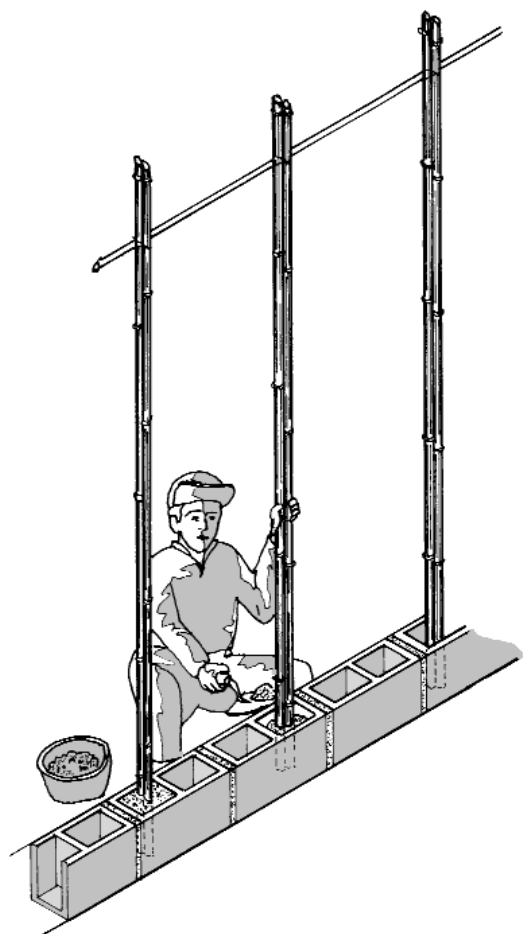
Pour l'installation des colonnes, on utilise un fil à plomb pour assurer la verticalité et des contreventements pour le maintien temporaire.



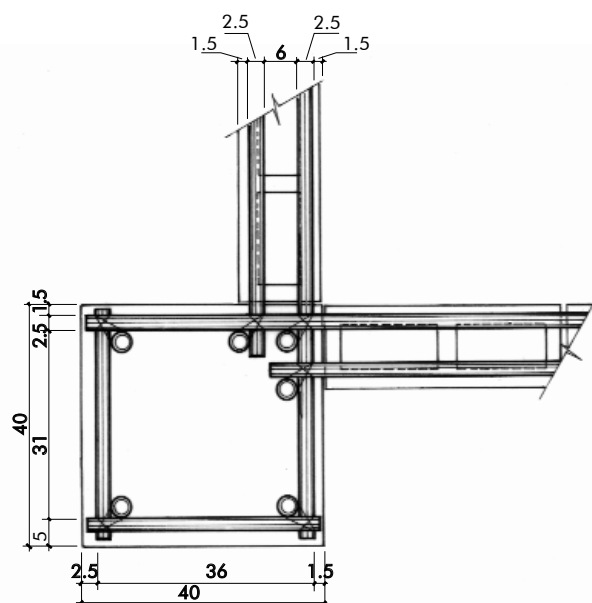
La coupe des tiges en canne doit toujours être faite après un nœud.



La fixation des tiges se fait à l'aide d'un matériau souple qui peut être du fil de fer galvanisé ou de la fibre végétale traitée.

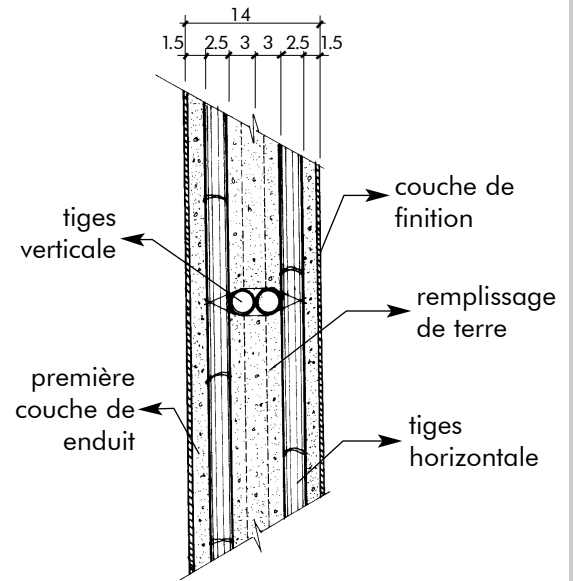
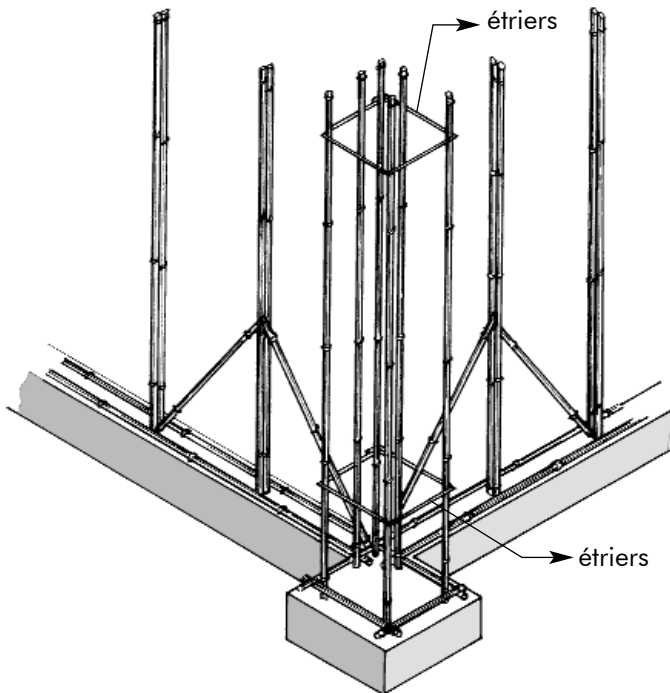


Après avoir défini la position des tiges verticales, on procède à leur fixation. Dans le cas où on utilise des blocs de béton creux, on utilise les trous ménagés dans ces blocs.



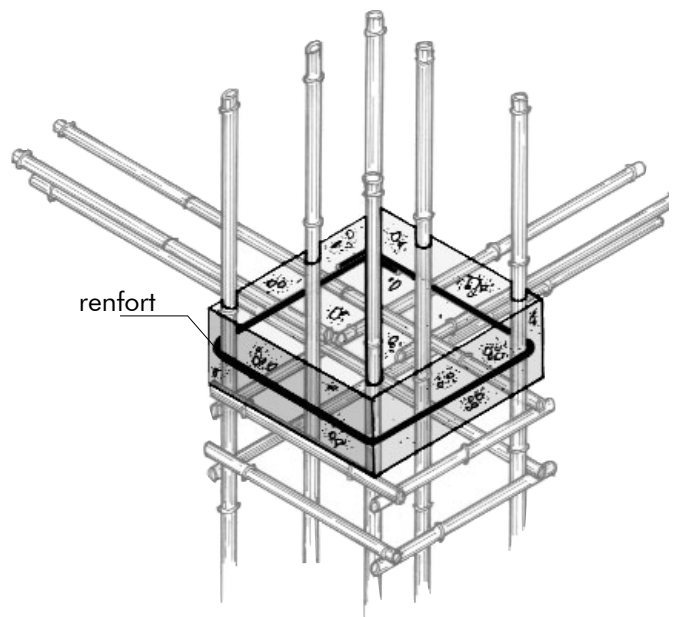
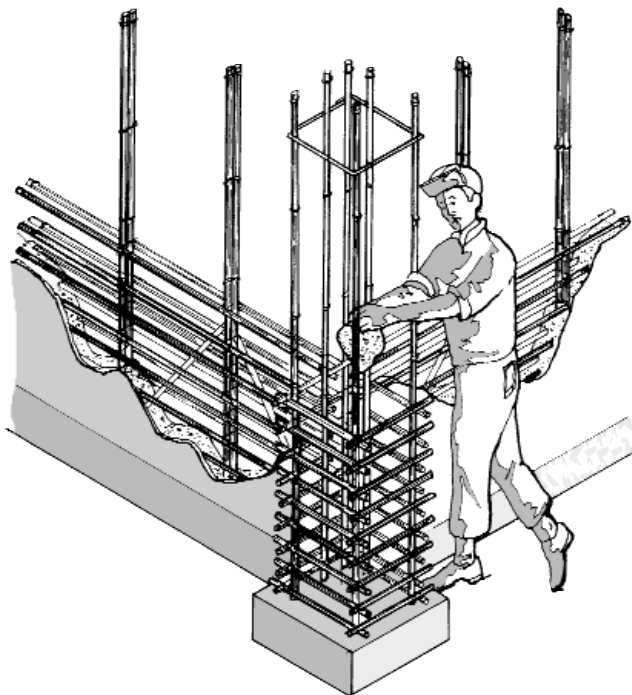
Détail de la jointure des tiges dans la colonne de coin.

## DETAILS DE LA CONSTRUCTION



Après avoir installé les tiges verticales des colonnes et des murs, et avant l'installation des tiges horizontales, il convient de fixer les contreventements.

Détail du raccord des tiges verticales et horizontales



Après la pose des tiges horizontales jusqu'à une hauteur de 50 cm, il est recommandé de remplir d'abord les colonnes de mortier de terre et de paille puis les murs. La séparation entre les barres horizontales sera de 6 à 8 cm.

Détail du recouvrement du étrier en acier (diamètre 1/4") en mortier de béton afin de rigidifier la colonne.

## SEQUENCE D'INSTALLATION DES PERCHES

