

## **Guide pratique**

# **LES TOITURES SANS BOIS**

---



**Development Workshop - pour UICN/WWF "Conservation et Gestion des Ressources Naturelles dans l'Aïr et le Ténéré"**

# Les toitures sans bois

---

**Conception et production:**

Development Workshop, BP 13, 82110 Lauzerte, France

**Elaboration technique:**

Development Workshop et le Projet UICN/WWF pour la Conservation et la Gestion des Ressources Naturelles dans l'Aïr et le Ténéré

**Financement:**

UICN/WWF - Projet pour la Conservation et la Gestion des Ressources Naturelles dans l'Aïr et le Ténéré, BP 10933, Niamey, Niger

*Ce Guide est le fruit de plusieurs années de promotion des techniques de construction sans bois par le Projet "Conservation et Gestion des Ressources Naturelles dans l'Aïr et le Ténéré", Niger, de l'UICN/WWF.*

*Il n'a pu être élaboré et réalisé que grâce au soutien du Projet et à l'enthousiasme de son personnel et des maçons d'Iférouane, ainsi qu'à l'expérience acquise au cours de la construction par le Projet de nombreux bâtiments avec voûtes et coupoles.*

# Table des matières

<b>Introduction</b>	1	L'arc surbaissé: avec coffrage rempli de blocs	37
<b>Comment utiliser ce guide</b>	2	L'arc surbaissé: avec coffrage en métal	38
<b>Construire des voûtes et des coupoles en terre?</b>	3	Les coffrages en métal	39
<b>Identification d'un sol</b>	4	La pose de volets ou de portes dans les ouvertures	40
<b>Est-ce que le sol convient?</b>	5	<b>La coupole sur base rectangulaire</b>	
<b>Matériel nécessaire</b>	6	Plan et coupe de la coupole sur base rectangulaire	42
<b>Moules pour les blocs et les briques</b>	7	La poteau central	43
<b>La fabrication d'un guide mobile</b>	8	Les murs sommiers	44
<b>Où construire?</b>		Le guide mobile	45
Le choix du site	10	La pose des briques de la coupole - généralités	46
L'orientation	11	Les pendentifs	47
<b>L'implantation du bâtiment</b>		L'extérieur des pendentifs	48
Les principes de l'implantation	13	La coupole	49
Par où commencer?	14	La pose des gargouilles (coupole sur base rectangulaire)	50
Un angle droit aux coins	15	<b>La coupole sur base ronde</b>	
Les piquets de coin et les piquets axiaux	16	Plan et coupe de la coupole sur base ronde	52
Les piquets des fondations	17	Le poteau central de la case ronde	53
<b>Les fondations</b>		Comment tracer la case ronde	54
Les fondations - généralités	19	Les fondations de la case ronde	55
Les fondations - en quoi les construire?	20	Les murs de la case ronde	56
La forme des fondations	21	Le bas de la coupole	57
Niveau à eau	22	Le haut de la coupole	58
Profondeur des fondations et niveaux	23	Pour finir la coupole	59
La maçonnerie des fondations	24	<b>La voûte</b>	
<b>La maçonnerie</b>		Plan et coupe de la voûte	61
La maçonnerie - le bloc modulaire	26	Les murs latéraux	62
La maçonnerie - le calcul des dimensions	27	Tracé de la voûte - une flèche à 75% de la portée	63
La maçonnerie: tableaux de dimensions	28	Tracé de la voûte - une flèche à 66% de la portée	64
La maçonnerie des murs	29	Tracé de la voûte - une flèche à 56% de la portée	65
Pose des blocs	30	La courbe de la voûte	66
Un appareillage possible pour un mur de 40 cm	31	Les premières assises de la voûte	67
Un bloc carré pour les coins	32	La pose des briques de la voûte	68
<b>Les ouvertures</b>		Les ficelles guides	69
Les ouvertures - généralités	34	Le milieu de la voûte	70
Les ouvertures sans bois	35	Pour terminer la voûte	71
L'arc surbaissé: avec coffrage en bois/terre	36	L'évacuation d'eau de la voûte	72
		<b>Protégez votre bâtiment!</b>	
		Protéger le bâtiment contre la pluie	74
		Le remblai	75
		Les gargouilles	76
		L'évacuation d'eau hors des alentours du bâtiment	77

**Les voûtes et coupoles en terre, construites sans coffrage, sont issues d'une longue tradition de construction dans les zones arides du Moyen Orient. Face à une pénurie de bois, les maçons de l'Iran et de l'Égypte ont développé - au cours des siècles - cette solution en terre qui a permis de construire aussi bien des palais que des maisons simples.**

**Construire en voûtes et coupoles permet une très grande souplesse architecturale; cependant les règles de base sont impérativement à respecter. Ainsi ce guide, qui a pour but l'explication de la construction d'un des systèmes de voûtes et coupoles les plus simples, traite également de la maçonnerie des murs, l'implantation du bâtiment, etc.**

**On croit souvent que les voûtes et les coupoles peuvent reposer sur n'importe quel mur, y compris ceux qui étaient destinés à un autre type de couverture, telle une toiture plate. Ceci est loin d'être le cas. Les voûtes et coupoles exercent une très forte poussée latérale sur les murs, qui devront ainsi être assez épais et appareillés de façon à pouvoir résister à ces forces. Ceci est important surtout lorsqu'il s'agit de coupoles sur base rectangulaire, où les forces sont concentrées sur les coins - ainsi les coins mal construits entraînent des risques considérables pour la stabilité de la structure et pour la sécurité des occupants.**

**Le guide montre trois formes simples :**

- 1. la voûte nubienne sur plan rectangulaire;**
- 2. une coupole sur plan carré;**
- 3. une coupole sur plan rond.**

**Cependant une fois les techniques et les principes de base bien maîtrisés, des formes architecturales complexes sont possibles.**

# **Comment utiliser ce guide**

---

**Ce guide comprend des fiches techniques, présentées en chapitres, qui vous permettent de consulter et de mieux comprendre les principes et la réalisation de la construction de voûtes et de coupoles.**

**Vous avez suivi un programme de formation pour la construction de voûtes et de coupoles?**

**Servez-vous du guide comme aide-mémoire des techniques qui vous ont été montrées.**

**Vos maçons sont formés à ces techniques?**

**Le guide facilitera votre compréhension des techniques et le suivi des chantiers qu'ils réalisent.**

**La construction de voûtes et de coupoles en terre vous intéresse?**

**Le guide peut renforcer vos connaissances, mais une formation pratique reste indispensable.**

# Construire des voûtes et des coupoles en terre?

---

**Comment arriver à la décision de construire des voûtes ou des coupoles en terre? Il faut être très sûr que ces techniques conviennent réellement aux conditions locales à tous points de vue.**

**Si possible, avant de commencer un chantier, rendez vous dans une région où l'on emploie les techniques de construction en voûtes et coupoles depuis plusieurs années. Demandez des précisions sur leur coûts de construction, leur confort climatique, et les problèmes éventuels d'entretien. Essayez de déterminer quelles formes conviendraient le mieux à vos propres besoins. Demandez aux maçons de la région de vous faire part des problèmes qu'ils ont pu rencontrer.**

**Considérez-vous que les bâtiments en voûtes et coupoles que vous avez vus répondraient aux besoins de votre climat, votre mode de vie et aux ressources dont vous disposez? Si vous espérez construire un bâtiment de proportions ou de forme différentes de celles que vous avez vues, ou si vous pensez disposer les pièces autrement, demandez à des maçons expérimentés si ce que vous souhaitez faire est possible et sans danger. Il est très important de ne construire que des structures très simples pendant au moins la première année lorsque vous introduisez pour la première fois des voûtes et des coupoles dans votre région. Ce n'est que quand vous aurez constaté comment ces bâtiments se comportent pendant une année entière - notamment pendant la saison des pluies - que vous serez peut-être en mesure de faire des bâtiments plus complexes et plus grands.**

**Surtout vérifiez que vous disposez d'une terre qui convient à la construction de voûtes et coupoles: ceci est primordial. Ce guide décrit quelques essais simples qui peuvent aider à la sélection d'un sol. Vous pouvez surtout juger du comportement des sols disponibles en regardant les bâtiment existants pour voir s'ils sont très fissurés et érodés par le vent ou la pluie. Renseignez-vous auprès des maçons locaux qui vous indiqueront où ils prennent la terre pour fabriquer leurs blocs.**

# Identification d'un sol



N'utilisez que des sols qui conviennent pour confectionner des blocs en terre crue. Les procédés indiqués sur cette page et la page suivante facilitent la sélection.

Pour obtenir un échantillon, creusez un trou - ne prenez jamais le sol de la surface, ni un sol contenant de la matière organique. Prenez plusieurs échantillons. Pour chaque échantillon, suivez les essais indiqués ici.

Il vous faut de l'eau pour humidifier l'échantillon.

Trois réponses A B C par essai - cochez la bonne réponse X

SOL No: Lieu:	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1. VUE	Très fin, poussiéreux	Il y a tout: de gros à très fin	Fin et en bloc
2. TOUCHER SEC	Peu rugueux, facile à réduire en poudre	Rugueux, facile à écraser	Morceaux difficiles à casser
3. TOUCHER HUMIDE	Fond rapidement, colle	Se désagrège rapidement, colle très peu	Fond lentement, colle beaucoup
4. LAVAGE DES MAINS	Peu difficile à rincer	Très facile à rincer	Savonneux, difficile à rincer
Total des X par colonne:			
Colonne la plus cochée:			
Type de sol:	<b>SILTEUX</b>	<b>MELANGE</b>	<b>ARGILEUX</b>

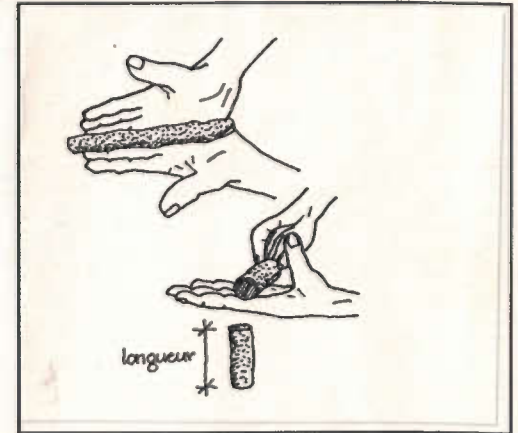
Tournez la page et continuez les essais.

# Est-ce que le sol convient?



Une fois le type de sol identifié, vous pouvez déterminer s'il convient pour la confection de blocs et de briques en terre crue.

Procédez au 'test du cigare'.







Le 'test du cigare'

## Le 'test du cigare'

Prenez une motte de l'échantillon humide de la grosseur d'une mandarine. Roulez-la entre les deux mains afin d'obtenir un cylindre de 2 à 3 cm de diamètre et aussi long que possible. Posez ce 'cigare de terre' en travers de la paume de la main horizontale. Poussez lentement avec l'autre main le cigare dans le vide. Visualisez la longueur du morceau qui tombe. Répétez plusieurs fois avant de vous prononcer, puis analysez les résultats à l'aide du tableau ci-contre.

## Est-ce que ce sol convient?

Type de sol identifié voir page précédente	A	B		C	
	SILTEUX	MELANGE		ARGILEUX	
Squelette trop fin, le test du cigare n'est pas valable	Réponse par le test du cigare:				
	< 5cm	> 5cm	< 15cm	> 15cm	
	sol trop sableux	sol bien mélangé	sol mélangé, risque de silt	sol trop argileux	
	bloc de résistance moyenne mais trop fragile à l'eau	bloc friable	bloc très bon	bloc possible	bloc fissuré
	NON	OUI	A VOIR	NON	
					

**Le matériel nécessaire pour la construction de bâtiments à toitures en voûtes et coupoles peut être très simple.**

**Un minimum comprend:**

- **de la ficelle (pour l'implantation et, éventuellement, pour vous guider au cours de la construction de la coupole);**
- **des moules, soit en bois, soit - et de préférence - en métal, (voir la page "Moules pour les blocs et les briques");**
- **un mètre;**
- **un niveau à bulle;**
- **un niveau à eau;**
- **le matériel nécessaire à la maçonnerie (truelles, pioches, pelles, une brouette, un fil à plomb, du fil de fer et plusieurs piquets en fer Ø10 ou Ø8);**
- **de l'eau et le moyen de la transporter;**
- **et de préférence un échaffaudage léger et stable qui réduit le risque d'accidents sur le chantier.**

**Cependant pour faciliter le travail si le chantier est important ou si vous pensez entreprendre plusieurs chantiers, certains équipements supplémentaires sont conseillés. Voir les pages sur:**

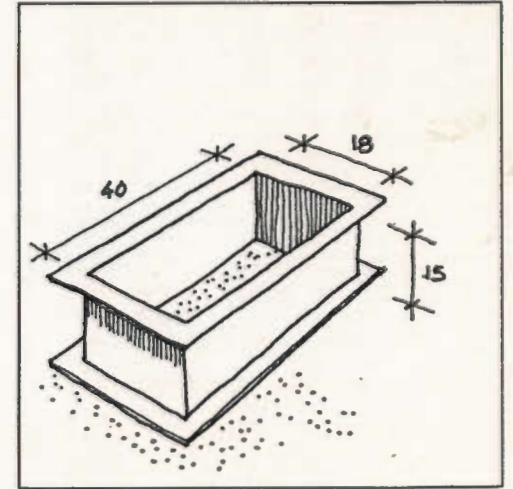
- **La fabrication d'un guide mobile;**
- **Les coffrages en métal.**

# Moules pour les blocs et les briques



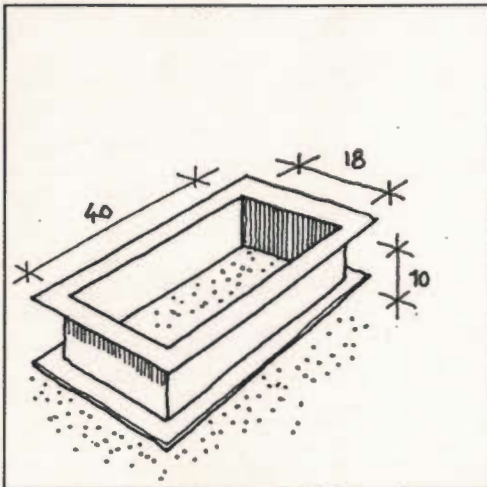
Les blocs et les briques en terre crue sont fabriqués à l'aide de moules, soit en bois soit en métal. De préférence, utilisez des moules en métal.

Cette page montre les dimensions intérieures des moules pour confectionner les blocs et les briques dont l'utilisation est conseillée dans ce guide.



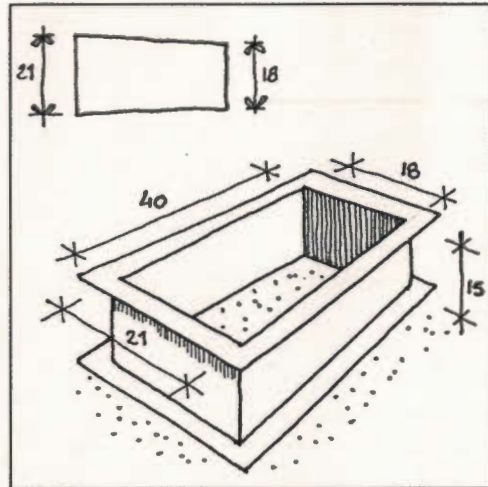
Moule pour bloc modulaire:

40 x 18 x 15 cm.

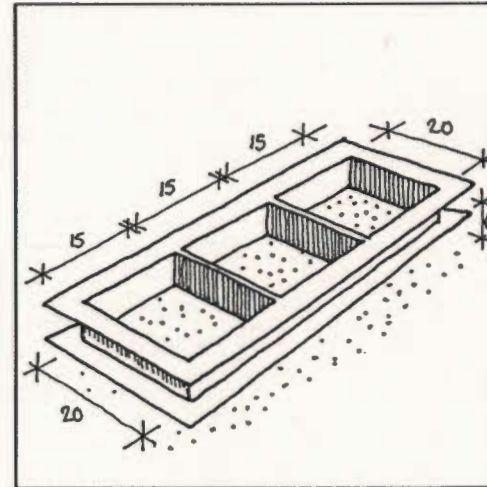


Moule pour bloc adapté à la construction des arcs (facultatif):

40 x 18 x 10 cm.

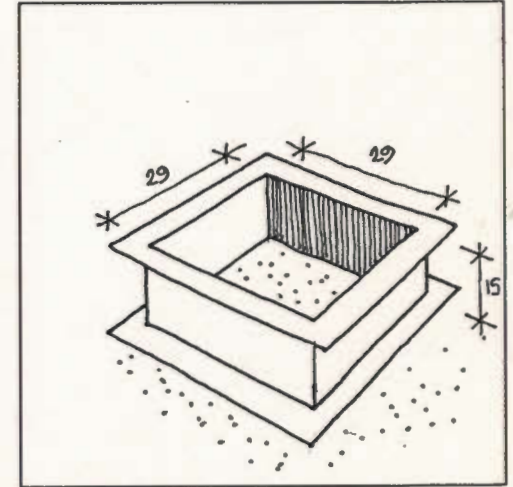


Moule pour bloc trapézoïdal (facultatif) destiné à la construction des murs de cases rondes: largeur - 18 cm à un bout, 21 à l'autre; ainsi : 40 x 18/21 x 15 cm.



Moule pour petites briques de toiture:

20 x 15 x 6 cm.

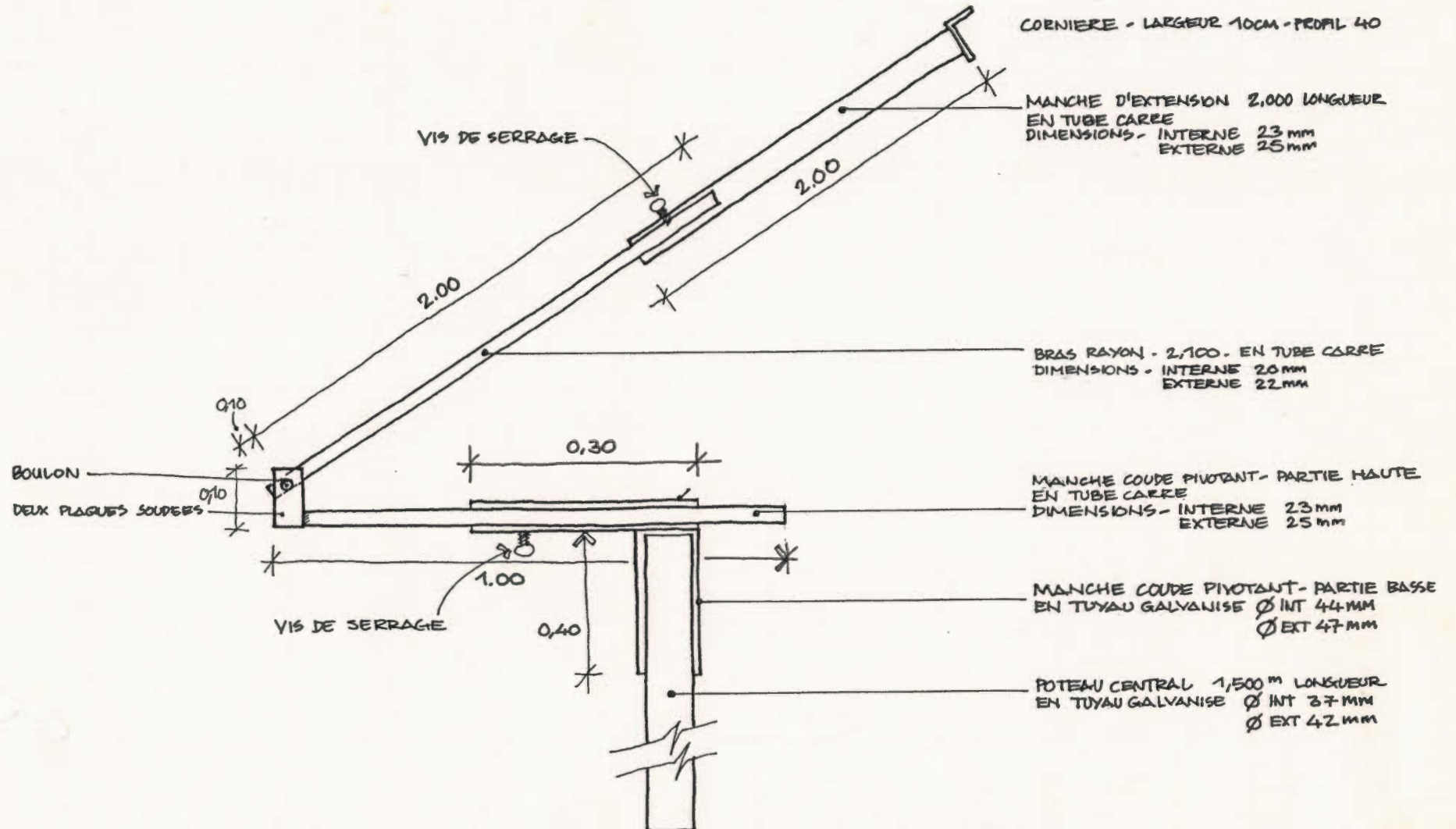


Moule pour bloc carré pour les coins (un appareillage possible):

29 x 29 x 15 cm.

# La fabrication d'un guide mobile

Le guide mobile utilisé pour la construction des coupoles illustrée dans ce Guide est fabriqué en profil métallique avec joints soudés. Les dimensions sont données ci-dessous.



**Où construire?**

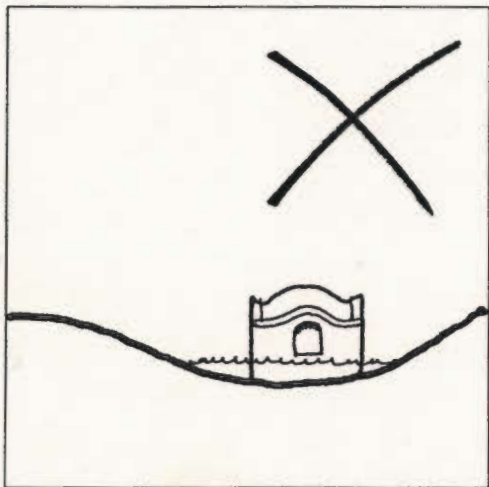
---

## Le choix du site

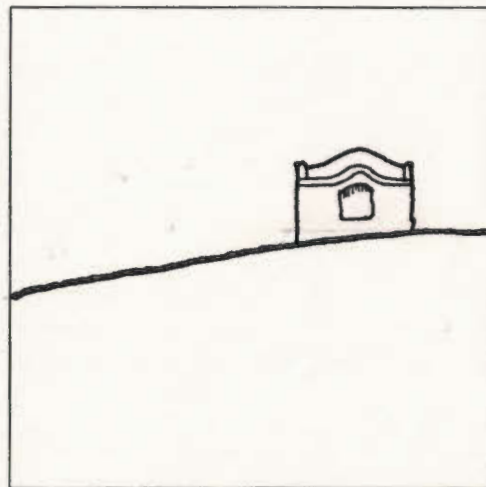
Choisissez un site avec un sol stable. Evitez, par exemple, une dune de sable, un sol très argileux avec beaucoup de fissures, qui risque d'être un sol gonflant et, surtout, les zones inondables.

Il faut prévoir aussi l'évacuation des eaux de pluie. Attention: la présence d'un bâtiment peut modifier le drainage naturel du site. Il faudra éventuellement créer une pente pour l'écoulement des eaux afin de protéger les fondations.

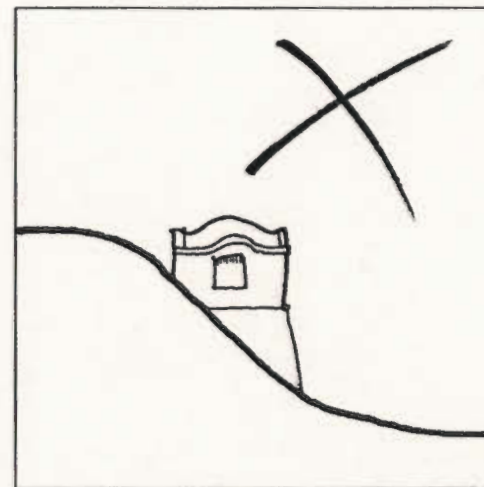
Quand vous choisissez l'emplacement du bâtiment, pensez aussi aux possibilités d'extensions futures.



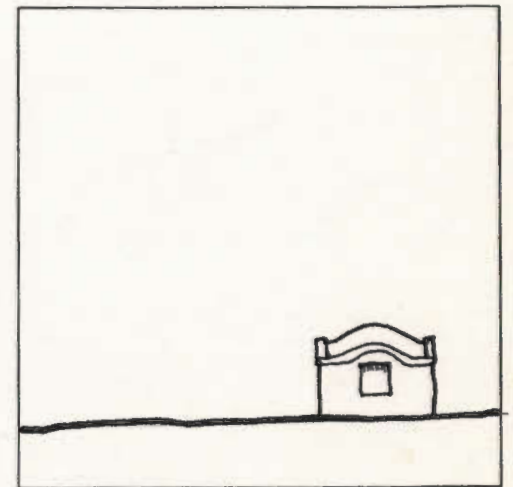
Evitez les oueds ou les terrains qui risquent d'être inondés.



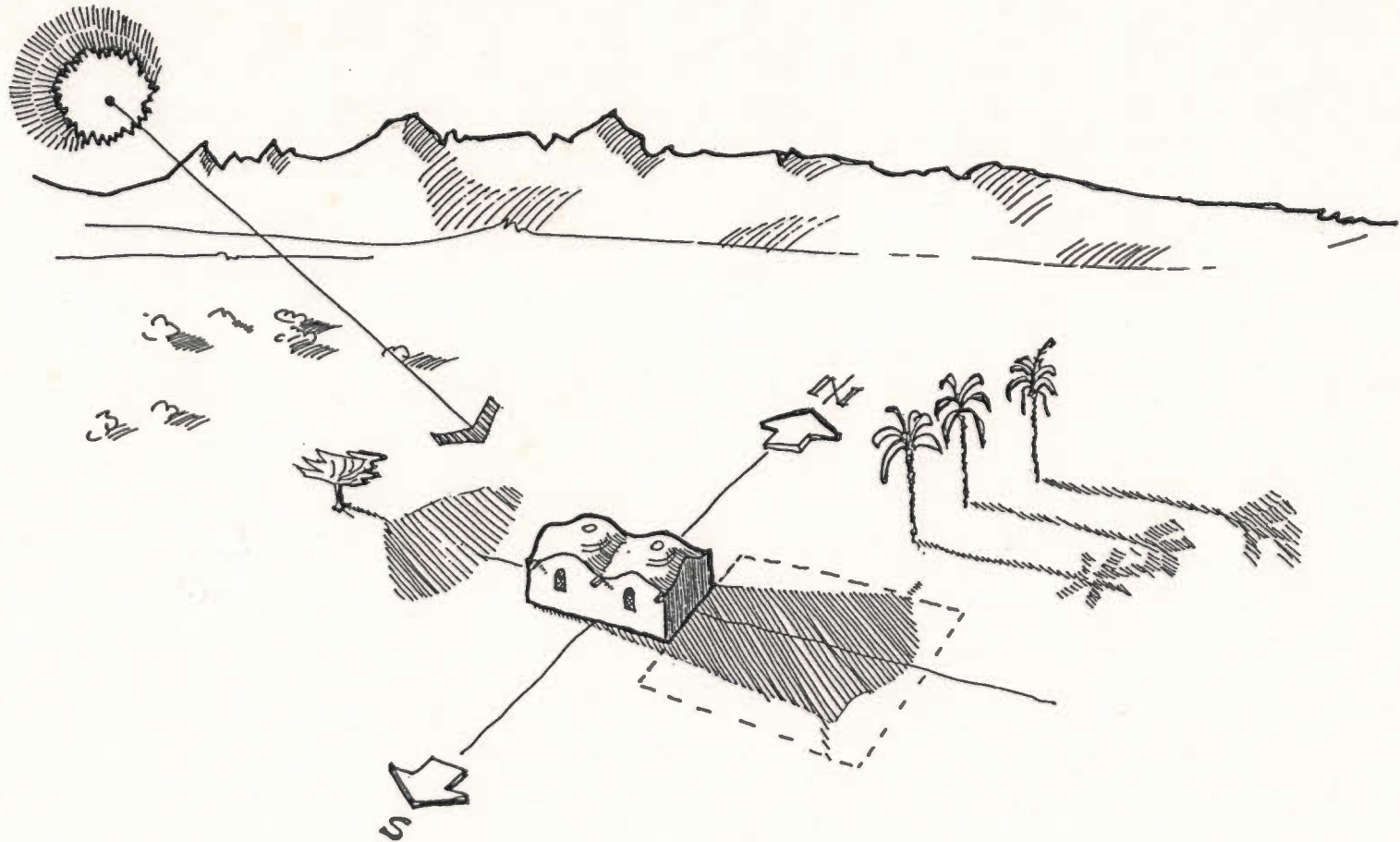
La pente du terrain permettra une bonne évacuation des eaux de pluie.



Il est plus difficile et plus cher de construire sur une pente forte.



Les fondations sont plus faciles à construire sur un terrain plat ou en faible pente.



**L'orientation du bâtiment est importante pour le confort des occupants.**

**Orientez les façades avec les fenêtres et les portes vers le sud et le nord. La pièce sera moins chauffée par le soleil.**

**Pensez aux possibilités d'une extension éventuelle à l'avenir.**

# L'implantation du bâtiment

---

# Les principes de l'implantation

L'implantation du bâtiment est souvent mal comprise. En ce qui concerne les bâtiments rectangulaires, les coins - qui devraient être des angles droits - ne sont trop souvent pas mesurés avec précision. Ceci n'est en aucun cas acceptable. Lorsqu'il s'agit de toitures en voûtes ou coupoles, des dimensions irrégulières produisent des points faibles dans la structure.

Ce guide propose une méthode simple pour implanter le bâtiment et pour obtenir un angle droit précis.

Pour renforcer ce souci d'exactitude et pour permettre au maçon de progresser vers des travaux plus élaborés, la méthode utilise un système d'axes qui suivent le milieu de chaque mur principal. A partir de ces axes, on mesure la position exacte des fondations et des murs, ce qui garantit également que les murs sont construits au milieu des fondations.

Tous les plans fournis doivent ainsi montrer les axes.

Une fois que les maçons ont maîtrisé la méthode, il leur devient possible d'implanter facilement et avec précision des bâtiments même complexes.

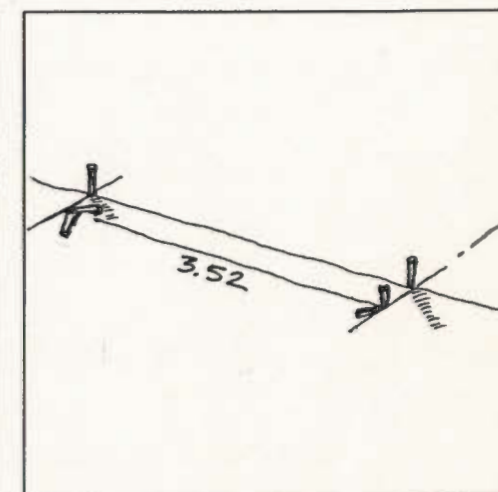
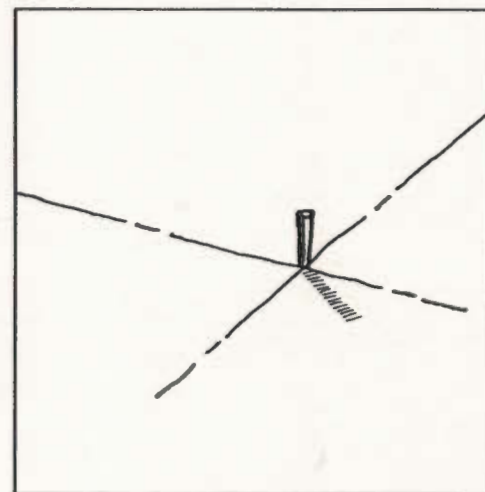
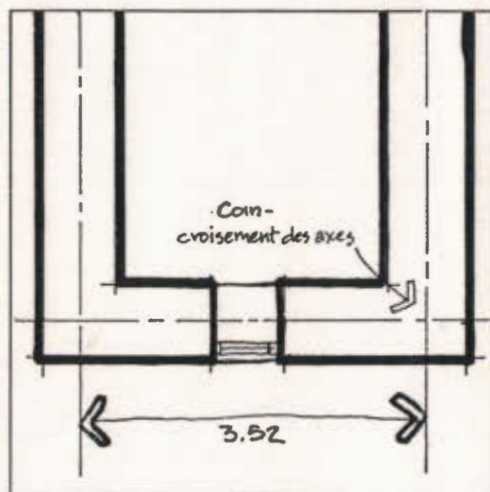
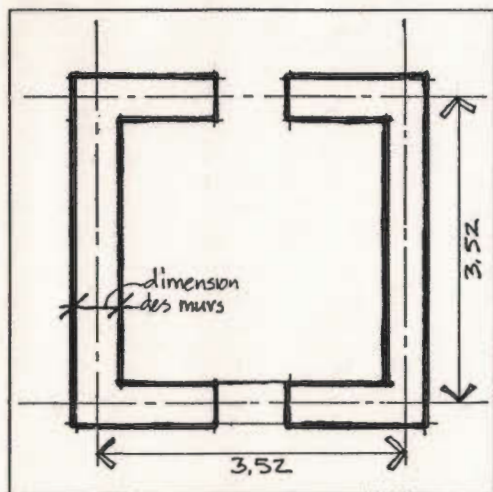
## Par où commencer?



Même pour un bâtiment simple, il est important d'avoir un plan.

Ainsi, établissez un plan avant de commencer les travaux sur le chantier.

Ce plan vous donnera toutes les dimensions nécessaires pour l'implantation.



1. Le plan du bâtiment montre les dimensions entre les axes de chaque mur. Attention - l'axe est mesuré à partir du milieu du mur.

2. Commencez par un mur. Prenez la longueur de l'axe - dans cet exemple 3m52.

3. Sur le terrain enfoncez un piquet là où sera un des coins de ce mur, c'est à dire au croisement de deux axes.

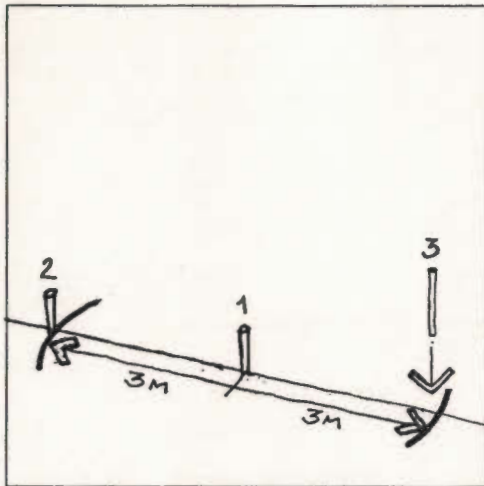
4. A partir du piquet, mesurez la longueur du premier mur. (Attention: c'est la dimension *entre axes*.) Enfoncez un autre piquet - c'est le deuxième coin.

## Un angle droit aux coins

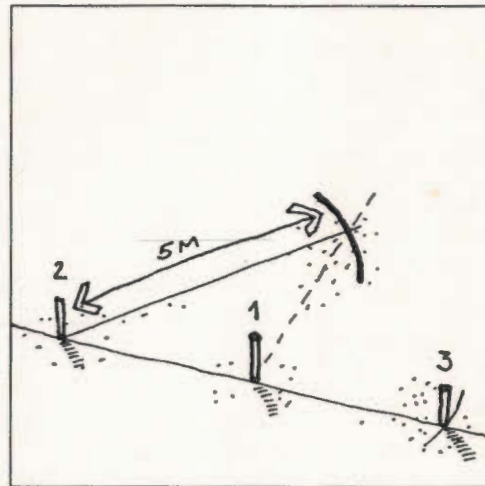


Pour des bâtiments à plan rectangulaire ou carré, il faut que les coins soient des angles droits.

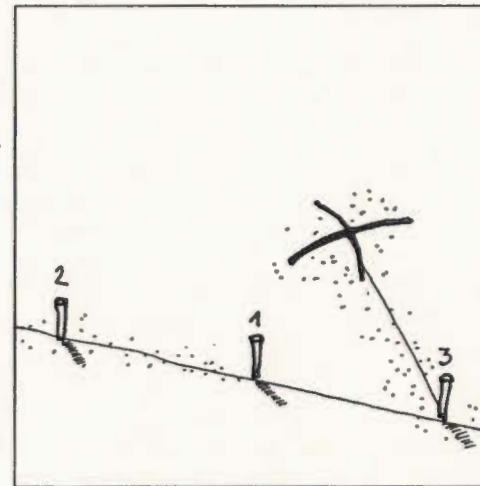
Voici une méthode pour être sûr d'un angle droit.



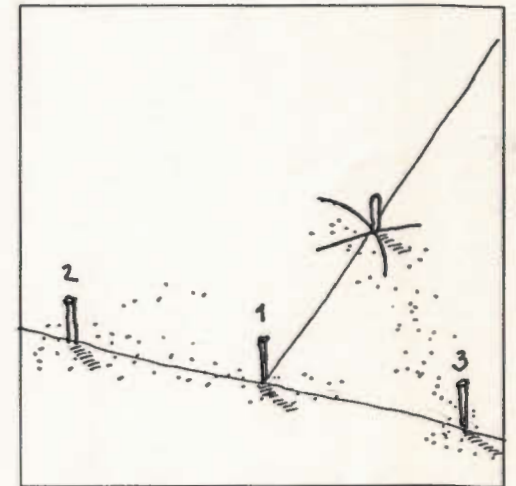
1. Enfoncez deux nouveaux piquets sur le même axe que celui du 1er mur, à 3m de chaque côté d'un des deux piquets de coin déjà en place.



2. Tirez une ficelle de 5m de long à partir d'un de ces deux nouveaux piquets et tracez un arc sur le sol à peu près en face du piquet de coin.



3. Recommencez en partant de l'autre nouveau piquet, toujours en utilisant une ficelle de 5m. Ce deuxième arc doit croiser le premier.

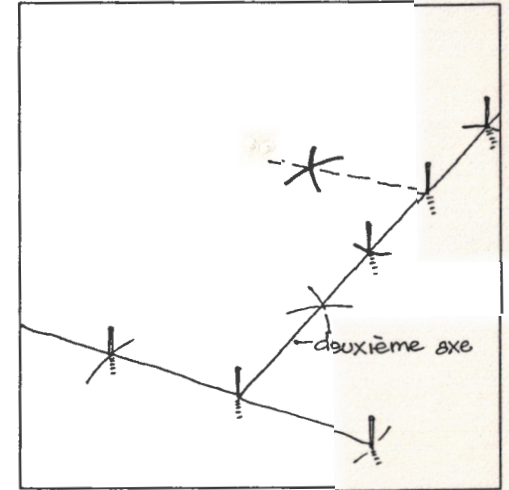


4. Au croisement des arcs, enfoncez un piquet. Une ligne tracée de ce dernier piquet jusqu'au piquet de coin fera un angle droit par rapport à l'axe du 1er mur.

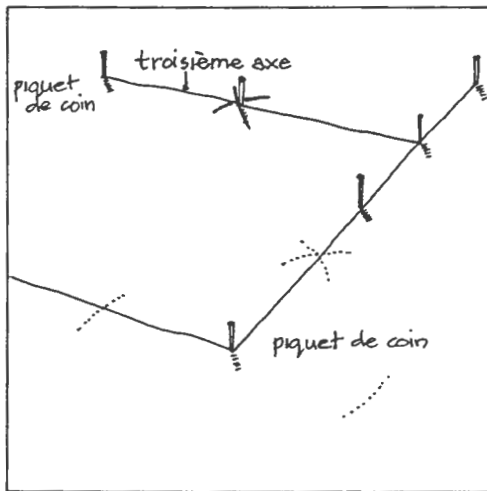
# Les piquets de coin et les piquets axiaux

Vous avez établi le premier angle droit.

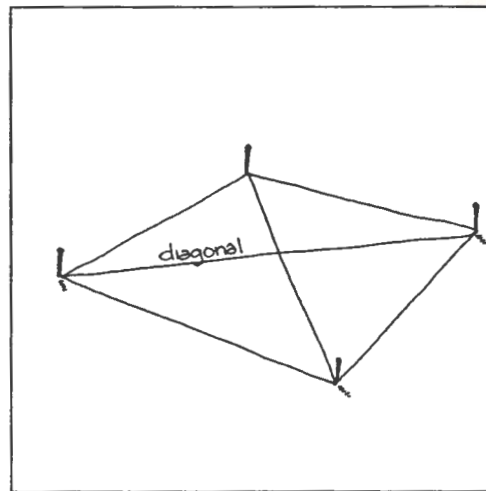
Suivez l'alignement de cet angle, pour tracer le deuxième mur.



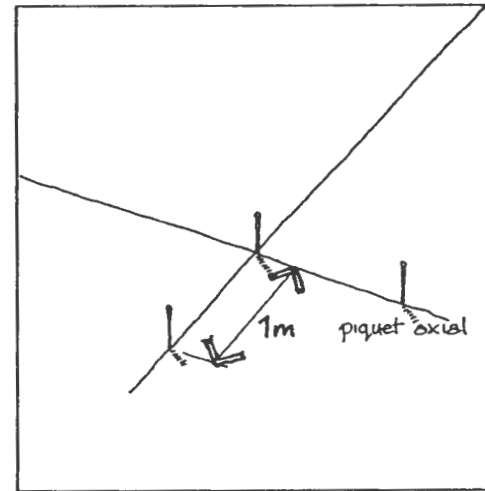
1. Mesurez la longueur de l'axe du deuxième mur. Enfoncez un piquet de coin. Recommencez à faire un angle droit et tracer l'axe du troisième mur.



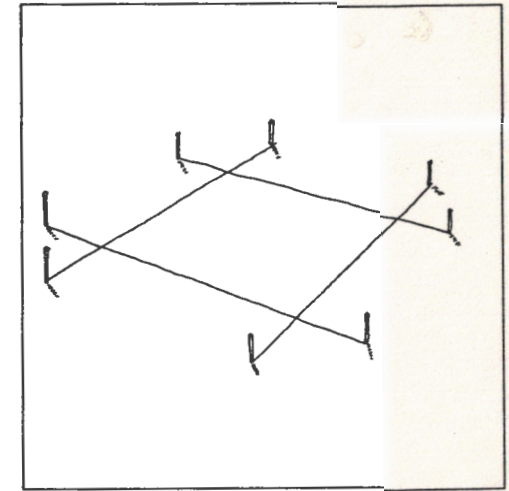
2. Mesurez la longueur de l'axe du troisième mur. Encore une fois, enfoncez un piquet de coin - c'est le quatrième coin.



3. Les quatre coins sont maintenant marqués par des piquets de coin. Il faut vérifier les angles droits. Mesurez les diagonaux - ils doivent être égaux.



4. Avec une ficelle, prolongez l'axe de chaque mur à chaque coin. Enfoncez un piquet à 1m du piquet de coin, ceci donnera deux piquets "axiaux" par coin.



5. Quand les huit piquets axiaux sont enfoncés, enlevez les quatre piquets de coin.

# Les piquets des fondations

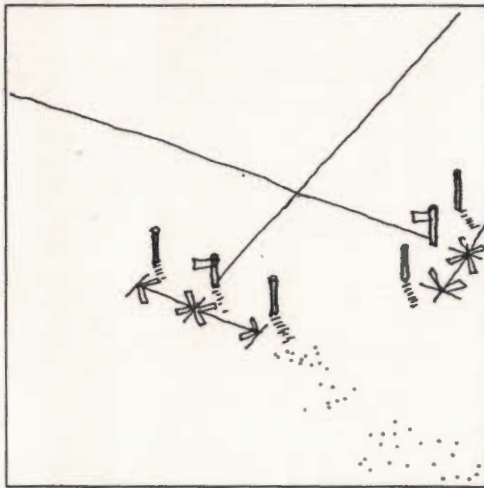


Il faut creuser les fouilles pour les fondations au bon endroit.

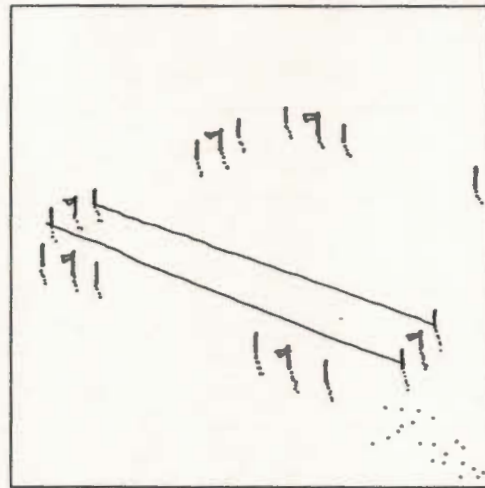
Les piquets pour les fondations vous aident à voir où creuser.



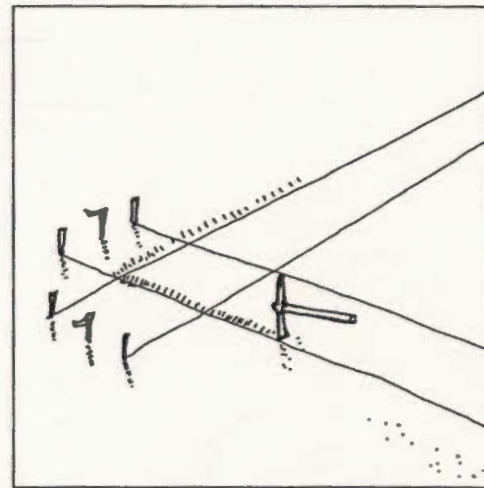
1. Pour éviter qu'on se trompe de piquet, attachez un bout de chiffon ou de papier à chaque piquet axial.



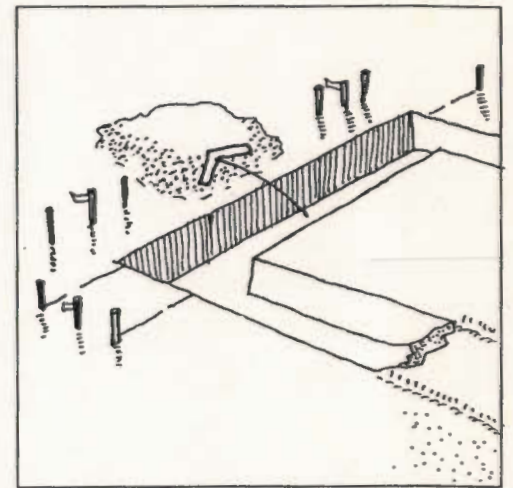
2. Chaque piquet axial montre le *milieu* des fondations. Enfoncez deux piquets à égale distance du piquet axial pour marquer les *bords* des fondations.



3. Recommencez pour chaque piquet axial - 2 par coin. Tirez une ficelle entre les piquets opposés pour marquer les bords des fondations.



4. Prenez une pioche. Suivez les ficelles pour tracer les bords sur le sol.



5. Enlevez les ficelles. Creusez les fouilles entre les traces sur le sol. Jetez la terre vers l'extérieur.



# **Les fondations - généralités**

---

**Les fondations sont extrêmement importantes pour la stabilité d'une structure; ceci est encore plus vrai quand il s'agit d'une structure avec une toiture en voûte ou en coupole, parce que ces toitures exercent des poussées latérales sur les murs. Ainsi il est indispensable que les fondations assurent une bonne distribution des forces au sol.**

**Les pages qui suivent indiquent quelques règles de base qui vous permettent de mieux réussir vos fondations. Sont proposées aussi quelques alternatives selon les matériaux dont vous disposez sur le site.**

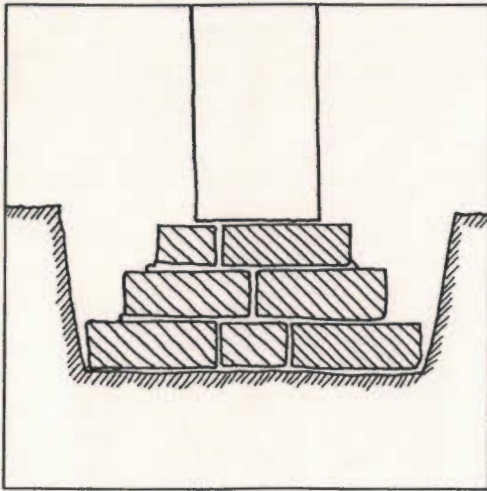
**Avant tout, une règle fondamentale - il faut construire les fondations sur un bon sol, bien compacté. Il est donc indispensable de connaître la nature du terrain pour déterminer les dimensions des fondations. Ainsi il est nécessaire de creuser une fouille pour connaître la qualité et la profondeur du bon sol. Renseignez-vous également sur les fondations des constructions existantes. Attention: éviter un sol qui - en profondeur - est grossièrement fissuré en saison sèche.**

# Les fondations - en quoi les construire?

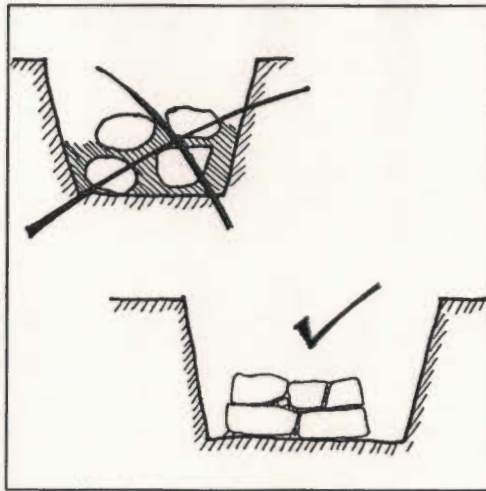


Dans la plupart des cas on est obligé de réaliser les fondations avec les matériaux disponibles près du chantier.

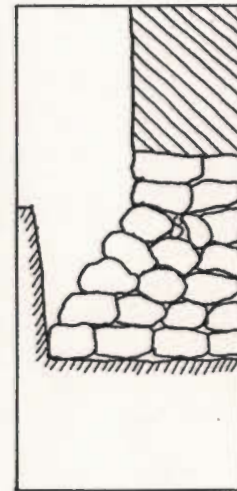
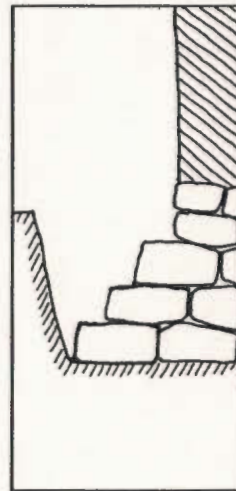
Quel que soit le matériel utilisé, il faut descendre au bon sol.



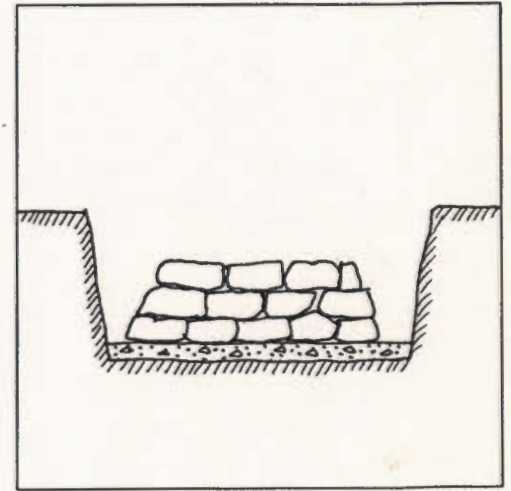
Une fondation en blocs de terre n'est conseillée qu'en zones très sèches. La largeur sera fonction des dimensions des blocs. Respectez l'appareillage.



Pour une fondation en pierres, vérifiez que chaque pierre soit bien calée, et non pas simplement empilée, même si elle est posée sur un mortier, ce qui est conseillé.



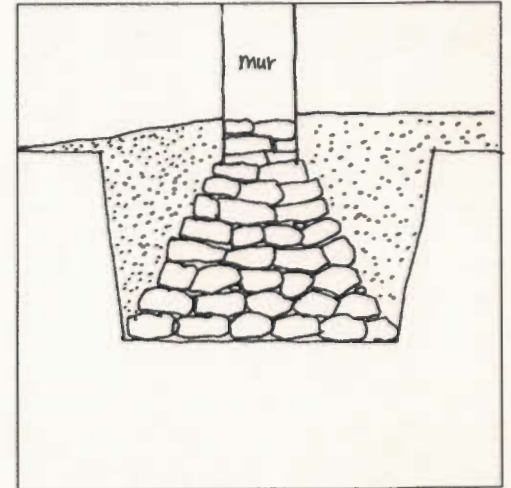
Les fondations en pierre peuvent être montées soit en dégradé soit en pente. Toutefois respectez un angle d'à peu près 60°. Evitez toujours les joints superposés.



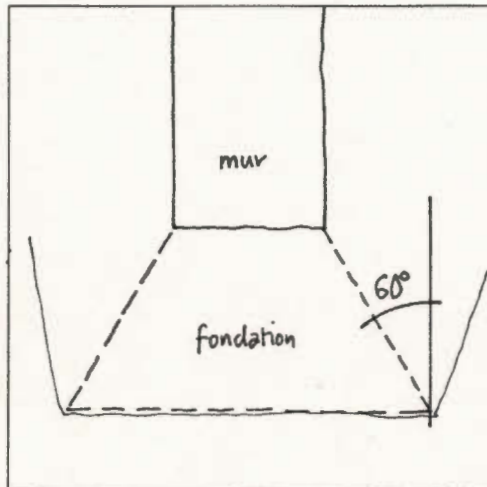
Une semelle en béton augmente beaucoup la solidité de la fondation. C'est souvent un bon investissement si on n'est pas sûr de la qualité du bon sol.

# La forme des fondations

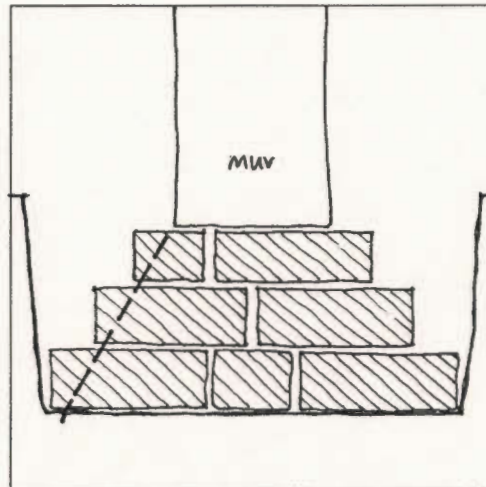
Pour que le poids du bâtiment soit bien distribué au bon sol, les fondations doivent être plus larges en bas qu'en haut. En règle générale, pour un sol moyen, le bas de la fondation sera au moins 2 fois plus large que les murs. Ceci doit être considéré comme un minimum - sur un mauvais sol (argileux, très sableux..) il faudra prévoir des fondations plus larges.



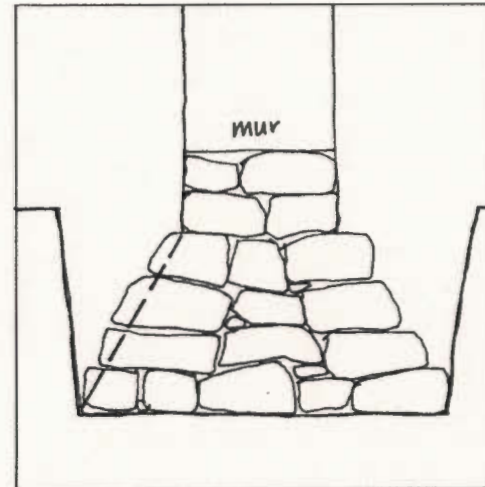
1. Il est surtout conseillé d'utiliser une fondation massive en pierres quand le sol est mauvais ou lorsqu'il y a le moindre risque d'inondation.



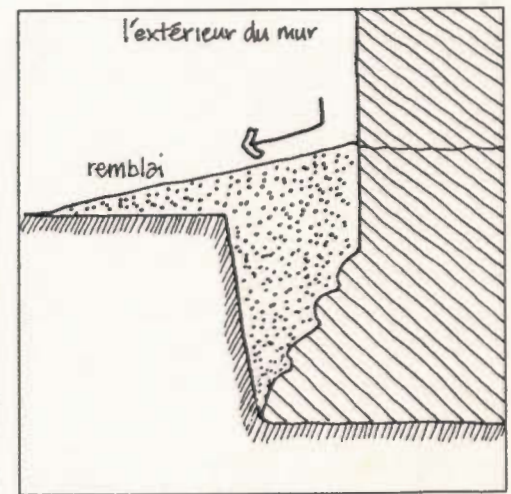
2. Une règle de base: diminuez la largeur de la fondation de chaque côté à un angle d'à peu près 60°.



3. Pour réaliser cet angle (60°) en maçonnerie, faites monter les fondations en dégradé.



4. Une fondation en pierre peut être montée avec les côtés en pente, chaque côté à un angle de 60°. Montez les pierres au-dessus du niveau du sol.



5. En bas des murs - au niveau du sol - protégez les fondations des effets de l'eau: faites un remblai de terre en pente (contre le mur) pour drainer l'eau.

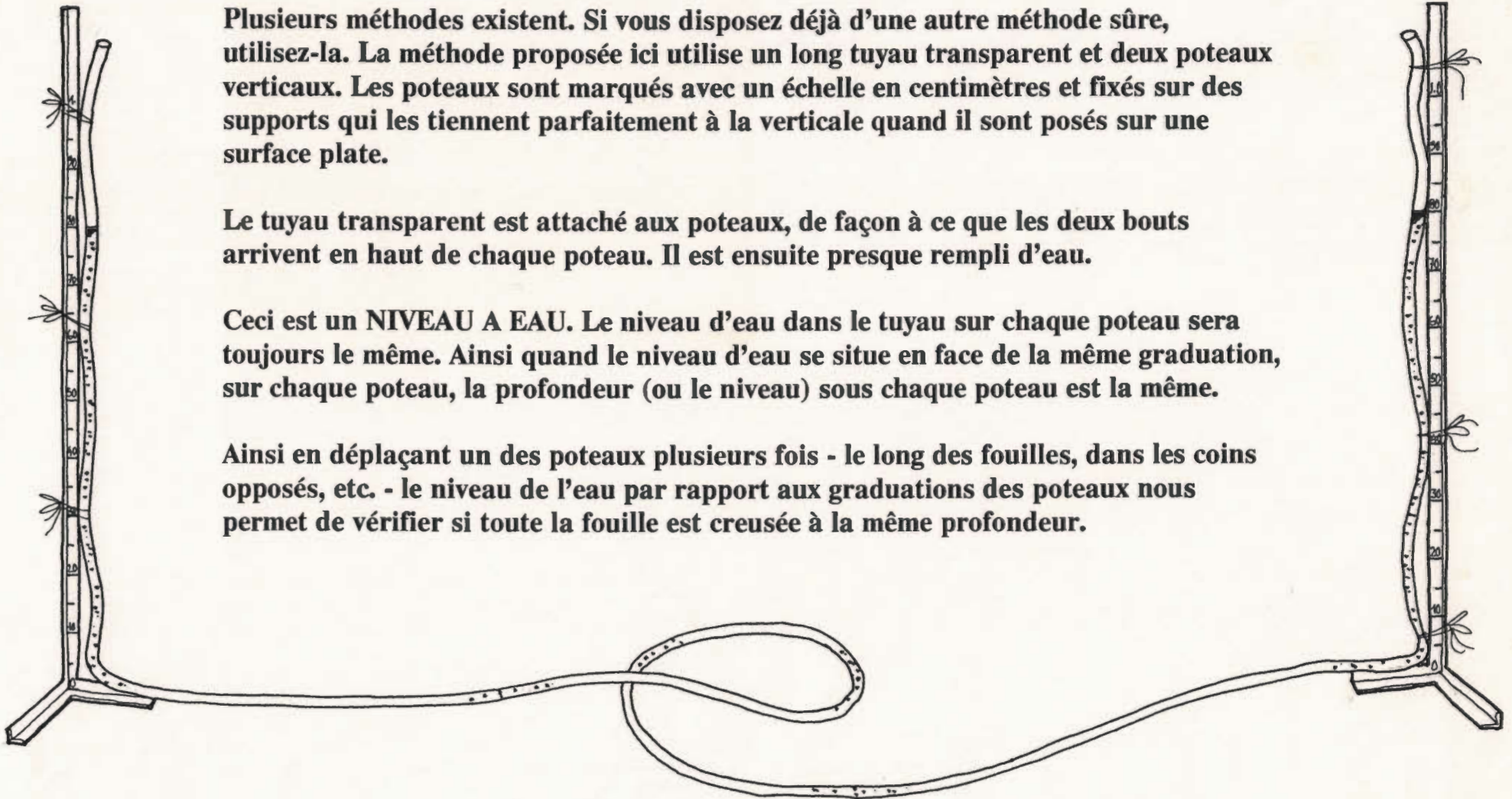
Il est très important de vérifier que le fond des fouilles pour les fondations est au même niveau partout - pas plus profond d'un côté que d'un autre.

Plusieurs méthodes existent. Si vous disposez déjà d'une autre méthode sûre, utilisez-la. La méthode proposée ici utilise un long tuyau transparent et deux poteaux verticaux. Les poteaux sont marqués avec un échelle en centimètres et fixés sur des supports qui les tiennent parfaitement à la verticale quand il sont posés sur une surface plate.

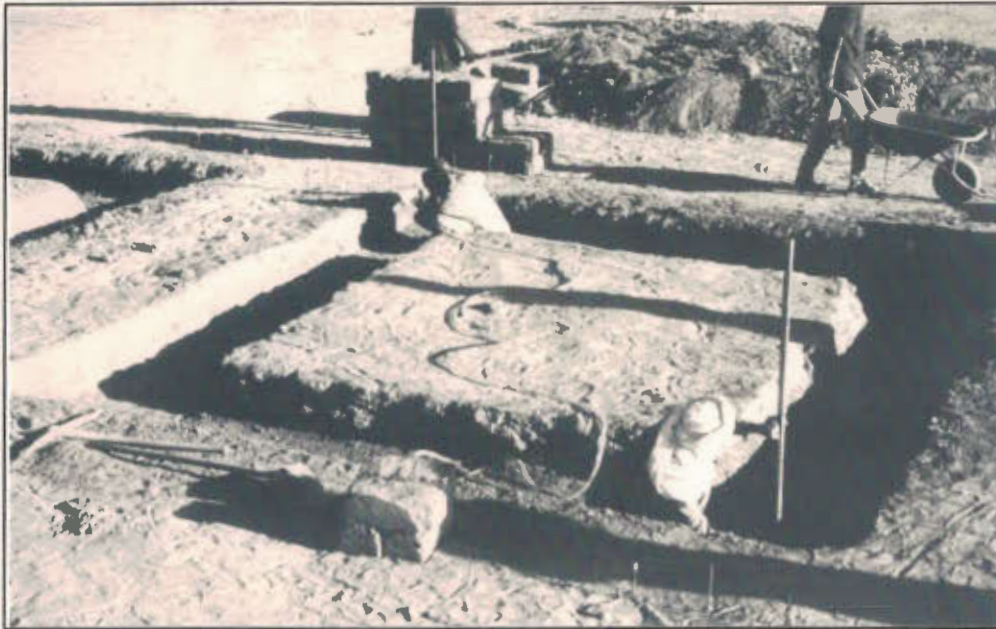
Le tuyau transparent est attaché aux poteaux, de façon à ce que les deux bouts arrivent en haut de chaque poteau. Il est ensuite presque rempli d'eau.

Ceci est un NIVEAU A EAU. Le niveau d'eau dans le tuyau sur chaque poteau sera toujours le même. Ainsi quand le niveau d'eau se situe en face de la même graduation, sur chaque poteau, la profondeur (ou le niveau) sous chaque poteau est la même.

Ainsi en déplaçant un des poteaux plusieurs fois - le long des fouilles, dans les coins opposés, etc. - le niveau de l'eau par rapport aux graduations des poteaux nous permet de vérifier si toute la fouille est creusée à la même profondeur.

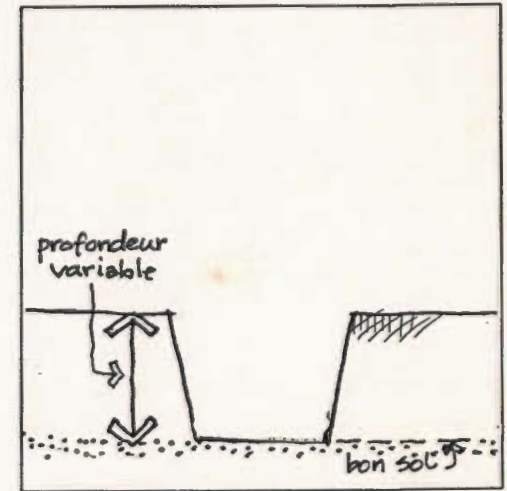


# Profondeur des fondations et niveaux

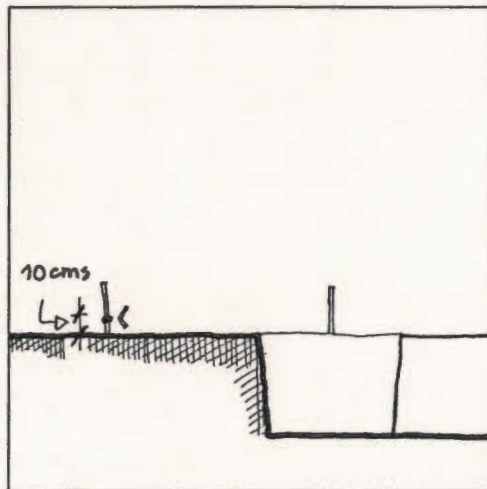


Il n'y a pas de norme pour la profondeur des fondations.

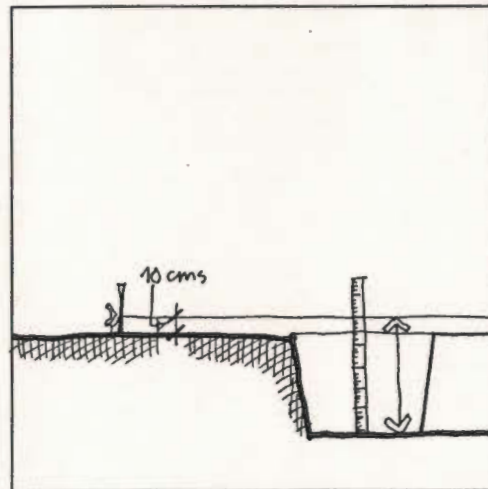
Pour déterminer la bonne profondeur, il faut creuser à l'emplacement du futur bâtiment et descendre jusqu'au bon sol. Le fond des fouilles (pour les fondations) doit être non seulement à la bonne profondeur mais aussi au même niveau partout.



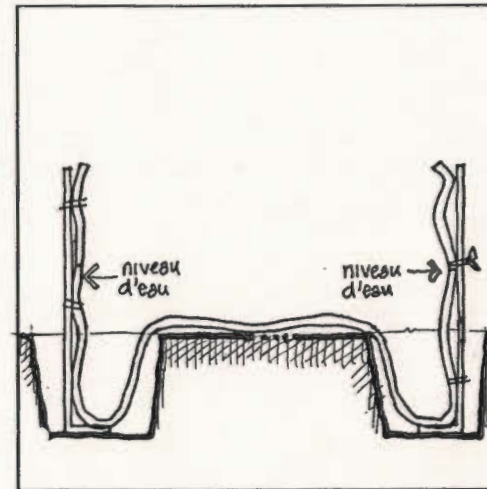
La fouille des fondations doit descendre au bon sol. La profondeur variera selon les conditions spécifiques de chaque site.



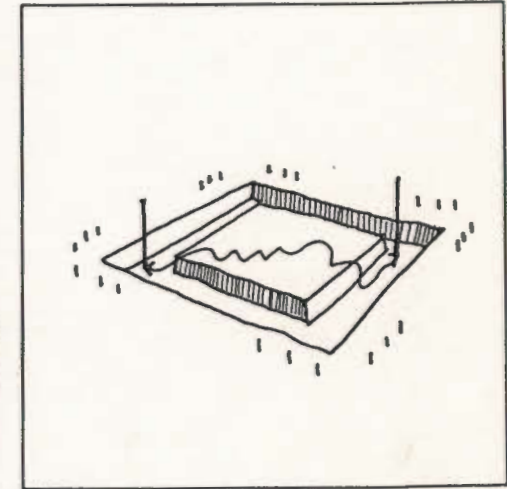
1. Au coin le plus élevé du terrain, mesurez 10cm au-dessus du sol contre un piquet axial. Marquez cette hauteur.



2. Tirez une ficelle à partir de ce point au-dessus de la fouille. Vérifiez la profondeur de la fouille à partir de cette hauteur (10cm au-dessus du sol).



3. Déplacez un des poteaux pour vérifier que le fond des fouilles est au même niveau partout. L'eau doit être au même niveau sur l'échelle des deux poteaux.



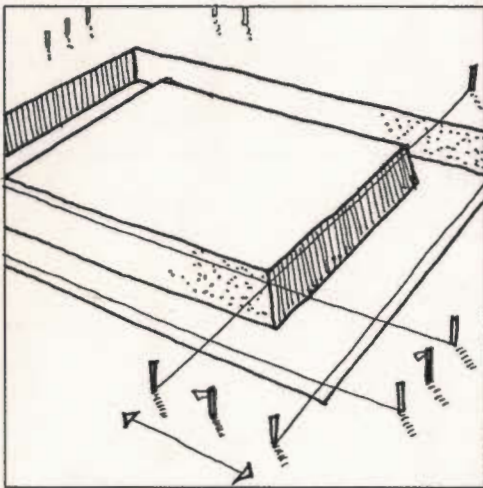
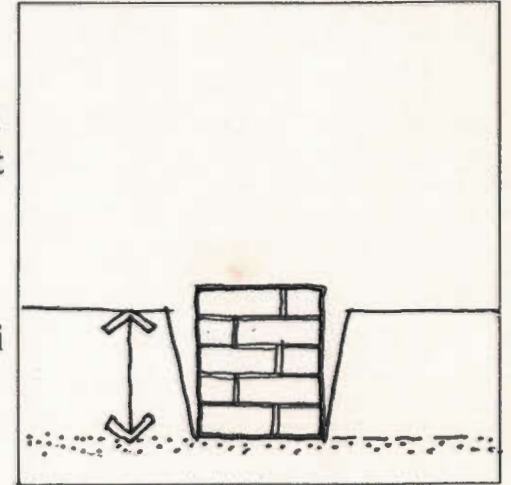
4. Vérifiez en posant les 2 poteaux du niveau à eau dans des coins opposés. Quand toute la fouille est à la même profondeur, construisez les fondations.

# La maçonnerie des fondations

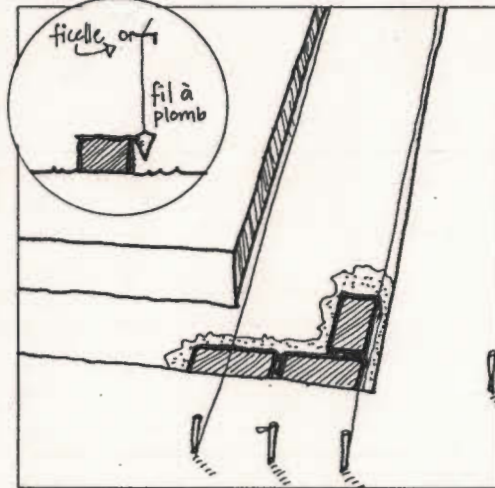


Dès le début, faites attention à l'appareillage et à l'alignement des blocs.

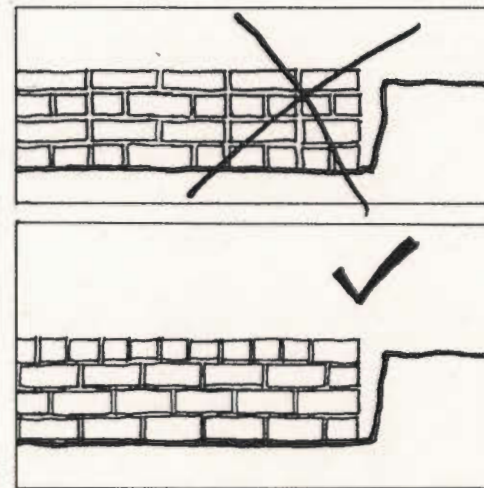
Voir le chapitre sur La Maçonnerie dans les pages qui suivent pour les principes à respecter.



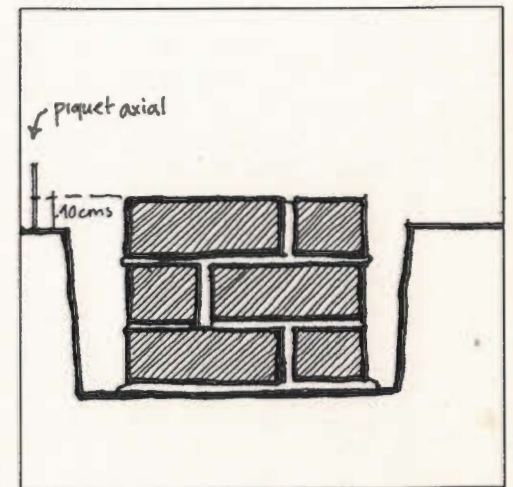
1. Remettez les ficelles qui montrent les bords des fondations.



2. Les bords extérieurs des blocs doivent être directement en-dessous des ficelles. Utilisez un fil à plomb. Commencez par un coin.



3. Attention à l'appareillage des blocs. Il faut éviter les joints superposés. Déterminez l'appareillage avant de commencer.



4. Posez les blocs sur un lit de mortier. Quand les fondations sont terminées, remplissez les vides des deux côtés.

# La maçonnerie

---

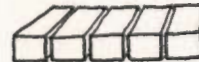
# La maçonnerie - le bloc modulaire

Pour tout bâtiment en maçonnerie il est important que l'épaisseur des murs soit suffisante et que le système d'appareillage utilisé évite les joints verticaux superposés. Lorsqu'il s'agit de bâtiments en voûtes et coupôles, il devient encore plus important de bien calculer les dimensions de la construction, l'épaisseur du mur et l'appareillage des blocs, à cause de la poussée latérale (extérieure) qu'exerce le toit sur les murs. Attention particulièrement avec les coupôles sur bases rectangulaires dont les poussées sont concentrées dans les coins et aux intersections, et avec les voûtes dont les poussées extérieures s'exercent sur les murs latéraux.

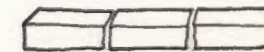
La construction montrée dans ce guide est basée sur l'utilisation d'un bloc modulaire, c'est à dire -

**longueur = (2 x largeur) + l'épaisseur du joint**

Un tel bloc permet de construire des assises en boutisse -



et en panneresse -



Le moule principal proposé dans ce guide a les dimensions intérieures suivantes: **40 x 18 x 15cm.**

Cependant le retrait pendant le séchage du bloc variera selon la composition du sol. Ainsi les dimensions du bloc sec varieront d'un endroit à un autre. Par exemple, en utilisant le moule proposé, on pourrait obtenir des blocs de 40 x 18 x 15; de 39 x 17.5 x 14.5; de 38 x 17 x 14 etc.

(Ne mélangez jamais des blocs de dimensions différentes; essayez donc de faire tous les blocs dont vous aurez besoin avec le sol d'un même endroit.)

**Ces proportions restent modulaires avec un joint de 4 cm.**

Ce joint est large, mais l'expérience montre que les joints plus petits sont difficiles à remplir de mortier. Selon les dimensions des blocs que vous avez produits, la largeur et la longueur du murs variera. Toujours à titre d'exemple -

Un bloc de 40 x 18 x 15, permet de construire des murs de 18cm, 40cm, 62cm et 84cm.

Un bloc de 39 x 17.5 x 14.5, permet de construire des murs de 17.5cm, 39cm, 60.5cm et 82cm.

Un bloc de 38 x 17 x 14, permet de construire des murs de 17cm, 38cm, 59cm et 80cm.

# La maçonnerie - le calcul des dimensions

---

Pour assurer la stabilité structurelle de la construction, la longueur des murs doit être calculée en fonction de la dimension des blocs, ce qui permet un bon appareillage.

Les ouvertures seront également placées de façon à avoir à couper un minimum de blocs et pour respecter l'appareillage.

Le tableau de la page suivante montre, pour les trois dimensions de blocs citées en exemple, les dimensions modulaires entre axes, établies en fonction du nombre des blocs entiers et des joints. Respectez ces rapports. Si un bloc modulaire de dimension différente est courant dans votre région, ne négligez pas d'établir un tableau semblable.

Ainsi -

Pour calculer les dimensions intérieures de pièces possibles avec les blocs dont on dispose on utilise le calcul suivant:

$$\text{dimensions} = \text{nombre de blocs} \times (\text{longueur de bloc} + \text{joint}) + 1 \text{ épaisseur de joint}$$

Ce calcul a été utilisé pour les tableaux de la page suivante. Ces tableaux montrent - pour trois dimensions de blocs - les dimensions entre axes et entre murs. Il servent donc à:

1. Calculer les dimensions intérieures des pièces qui permettent un bon appareillage et le minimum de coupe - ceci facilite la construction.
2. Montrer, pour les dimensions intérieures des pièces, les distances entre les axes pour deux épaisseurs de mur - ceci facilite l'implantation.

# La maçonnerie: tableaux de dimensions

## Blocs de 40 x 18 x 15 cm

Nombre de blocs entiers le long des murs intérieurs	Dimension intérieure de pièce	Distance entre axes pour murs de 40cm	Distance entre axes pour murs de 62cm
1	48	88	110
2	92	132	154
3	136	176	198
4	180	220	242
5	224	264	286
6	268	308	330
7	312	352	374
8	356	396	418
9	400	440	462
10	444	484	506

## Blocs de 39 x 17.5 x 15 cm

Nombre de blocs entiers le long des murs intérieurs	Dimension intérieure de pièce	Distance entre axes pour murs de 39cm	Distance entre axes pour murs de 60.5cm
1	47	86	107.5
2	90	129	150.5
3	133	172	193.5
4	176	215	236.5
5	219	258	279.5
6	262	301	322.5
7	305	344	365.5
8	348	387	408.5
9	391	430	451.5
10	434	473	494.5

## Blocs de 38 x 17 x 15 cm

Nombre de blocs entiers le long des murs intérieurs	Dimension intérieure de pièce	Distance entre axes pour murs de 40cm	Distance entre axes pour murs de 62cm
1	46	84	105
2	88	127	147
3	130	169	189
4	172	211	231
5	214	253	273
6	256	295	315
7	298	337	357
8	340	379	399
9	382	421	441
10	424	463	483

Les tableaux ci-dessus montrent les distances entre axes et les dimensions intérieures de pièces, telles que nous les conseillons, quand vous utilisez entre 1 et 10 blocs de dimensions courantes.

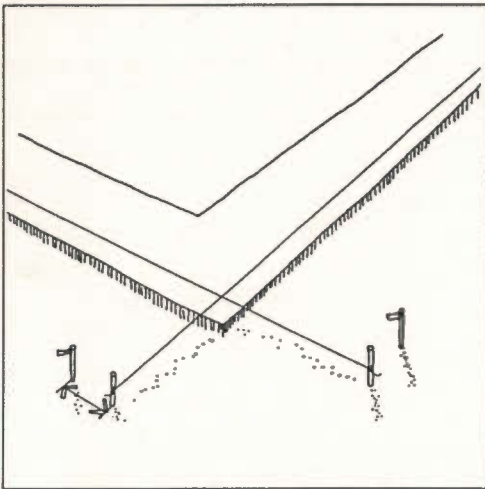
# La maçonnerie des murs



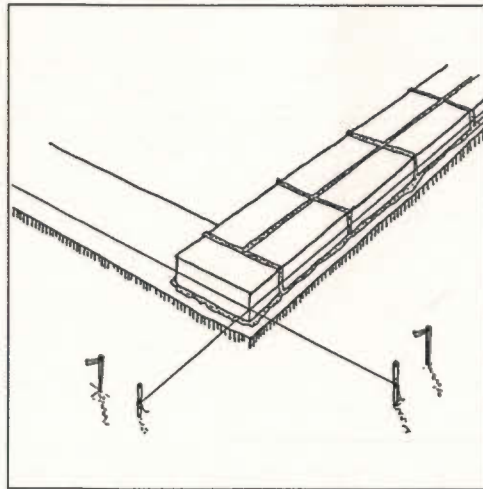
Les murs sont moins larges que les fondations.

Pour la pose des blocs, faites très attention à l'appareillage et à la verticalité.

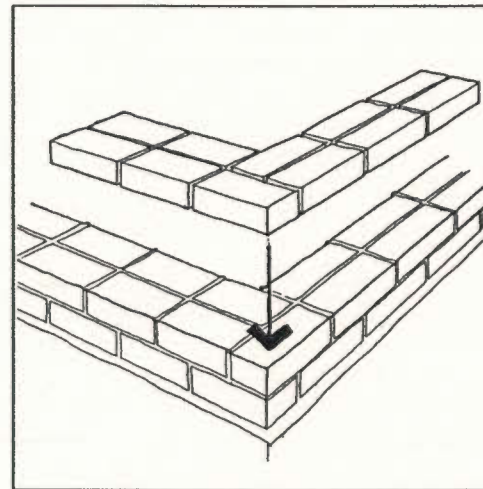
A partir des piquets axiaux, enfoncez des piquets qui vous montreront le bord extérieur du mur à construire.



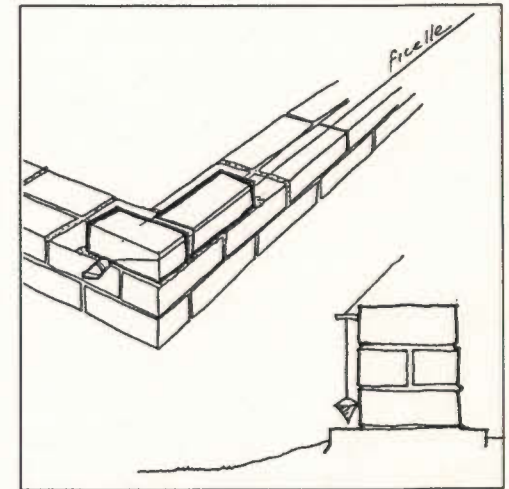
1. Ces nouveaux piquets sont à une distance équivalente à la moitié de la largeur du mur. Tirez des ficelles pour marquer le bord extérieur des murs.



2. Suivez les ficelles pour poser la première rangée de blocs.



3. Avant de commencer, prenez soin de bien calculer l'appareillage. (Voir les pages suivantes pour des exemples.) Evitez des joints verticaux l'un sur l'autre.



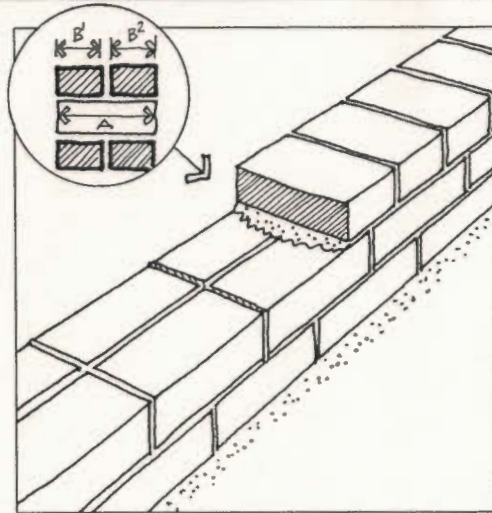
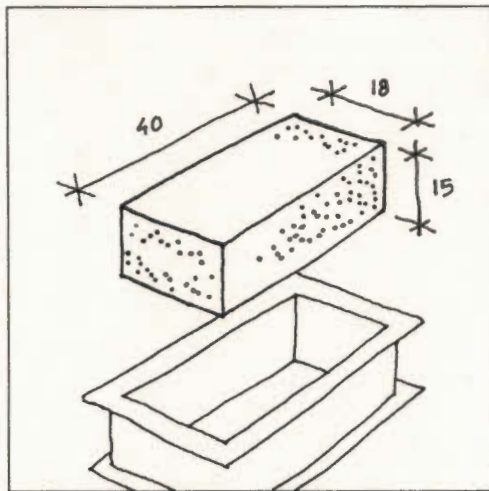
4. La première rangée terminée, attachez une ficelle entre les blocs des coins pour être sûr de poser les blocs en ligne droite. Vérifiez la verticalité avec un fil à plomb.

# Pose des blocs



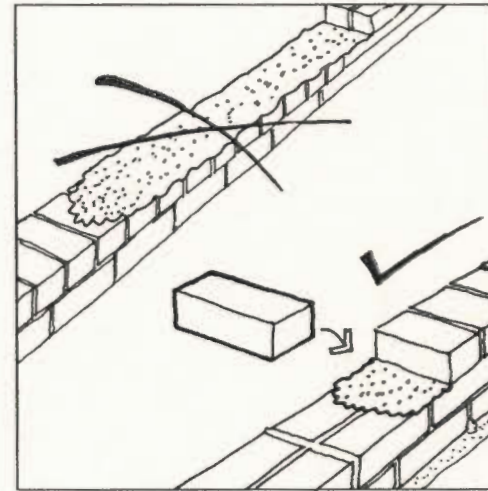
**Attention: ne mélangez jamais des blocs de dimensions différentes.**

**Utilisez des blocs modulaires et un joint de 4cm: voir les pages précédentes pour des exemples de dimensions de blocs modulaires.**

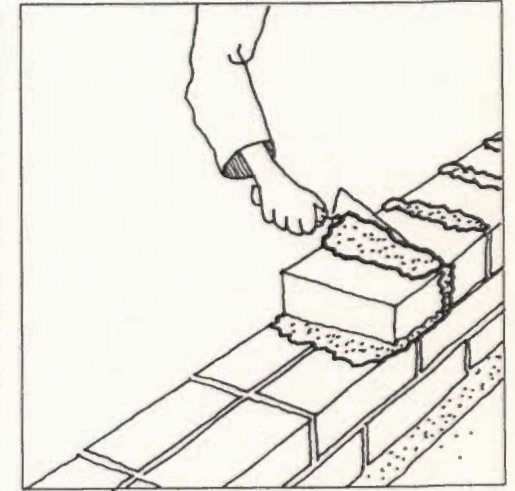


1. En général, utilisez un bloc produit par un moule dont les dimensions *intérieures* mesurent 40 x 18 x 15 cm.

2. Les blocs doivent avoir une longueur égale à deux fois leur largeur plus l'épaisseur d'un joint de mortier.  
( $A = B1 + B2 + \text{joint}$ )

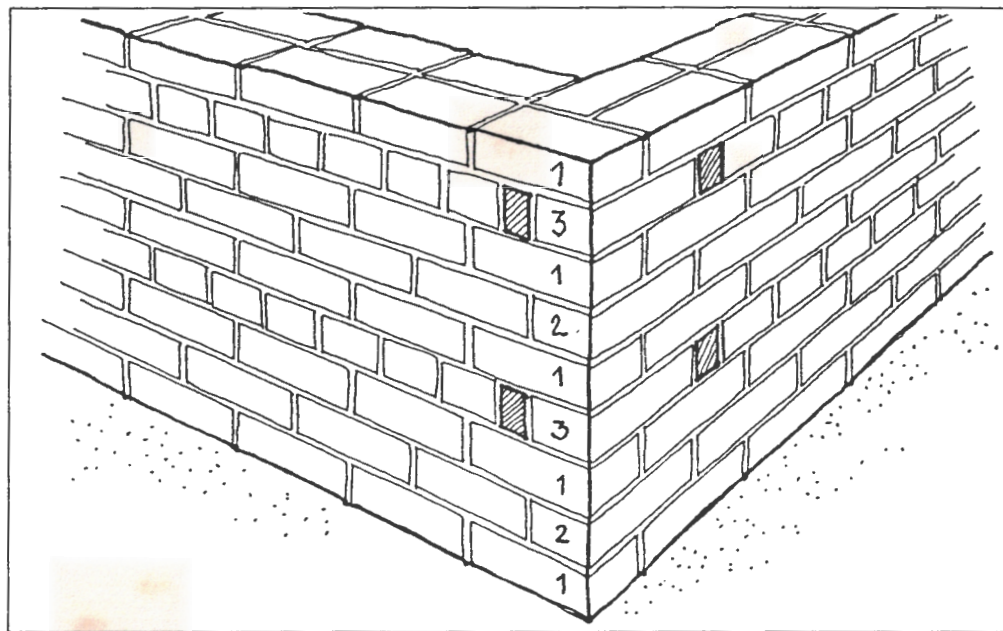


3. Pour des blocs de terre, utilisez un mortier de terre. N'étalez pas trop de mortier à la fois. Mettez-en juste assez pour 2 ou 3 blocs.

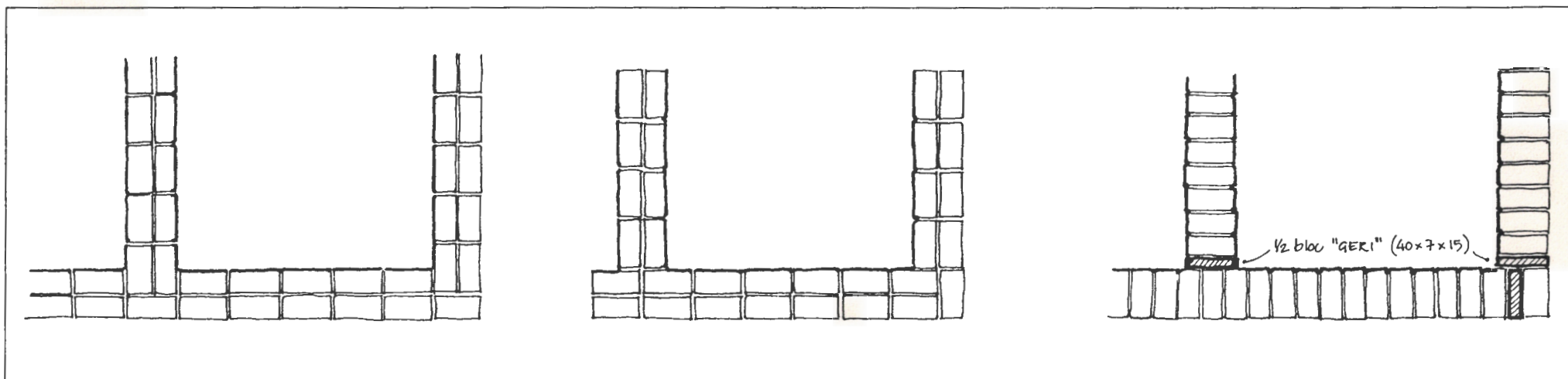


4. Faites des joints d'environ 4cm. Remplissez-les tous avec du mortier. Important! Ne laissez pas d'espaces vides entre les blocs.

# Un appareillage possible pour un mur de 40 cm



Il est indispensable que les maçons développent un bon appareillage. Cette page et la suivante montrent deux appareillages possibles pour un mur de 40cm d'épaisseur. Utilisez les schémas des 3 types de rangées montrés ci-dessous en suivant l'ordre indiqué par les numéros sur le dessin ci-contre.

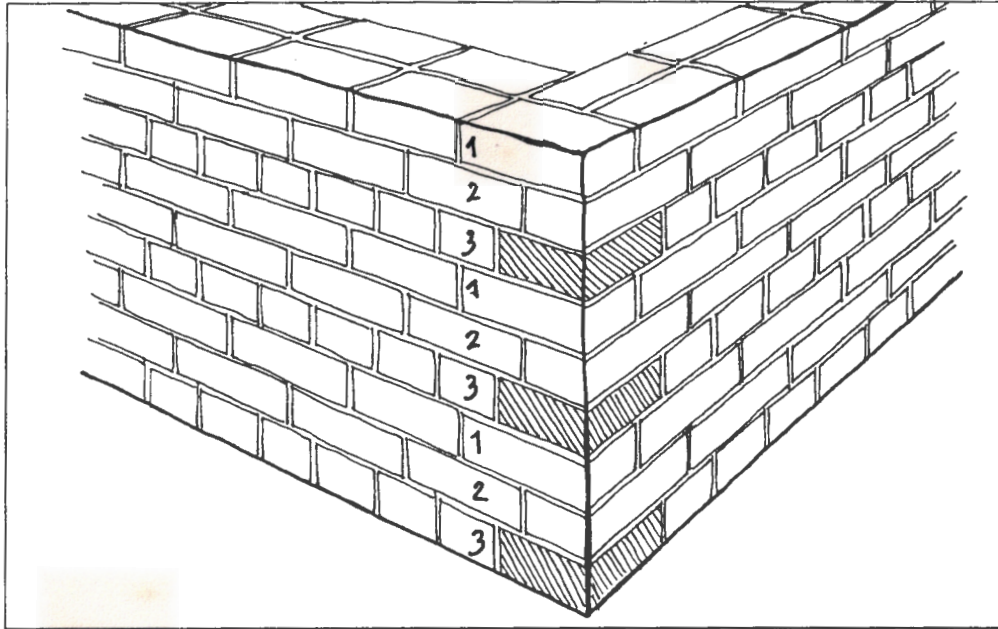


Rangée type 1

Rangée type 2

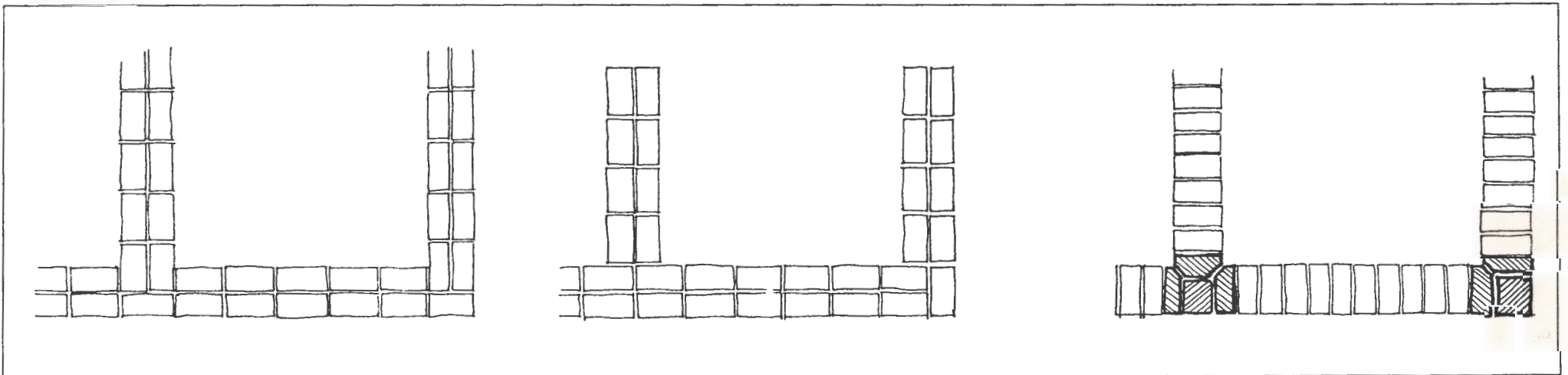
Rangée type 3

# Un bloc carré pour les coins



L'utilisation d'un bloc carré 29 x 29 x 15 cm permet de résoudre certains problèmes d'appareillage. La séquence des rangées est simplifiée.

Suivez les schémas des trois types de rangées montrés ci-dessous dans l'ordre indiqué par les numéros ci-contre.



Rangée type 1

Rangée type 2

Rangée type 3



# Les ouvertures - généralités

---

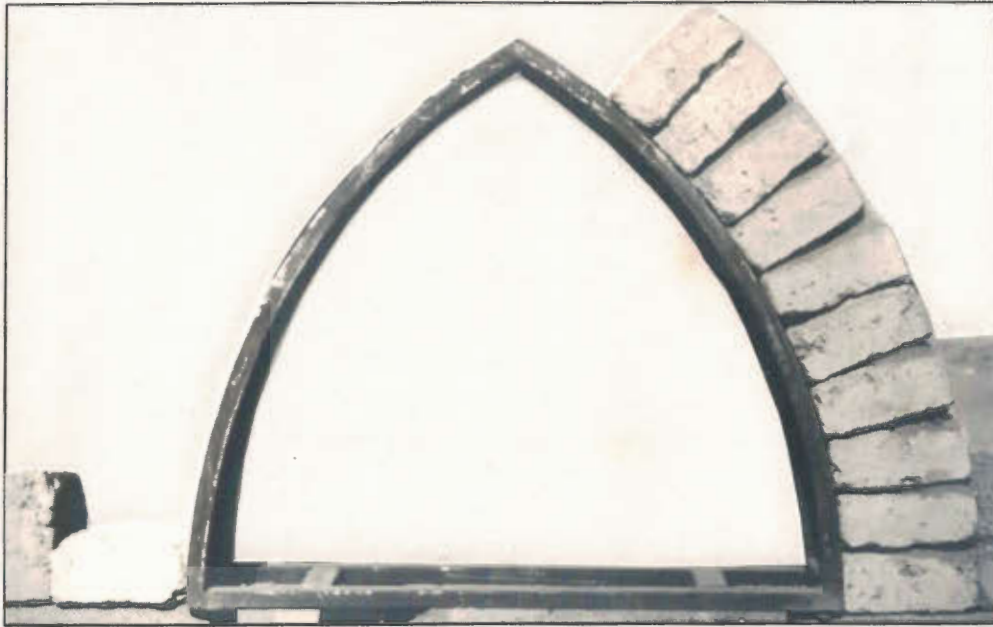
**Les ouvertures peuvent être des points faibles dans la structure. Il est donc impératif qu'elles soient proportionnées non seulement pour répondre aux besoins d'accès, de ventilation, de lumière et de protection contre le soleil, mais aussi en fonction des dimensions et de la (ou les) forme(s) des pièces.**

**Évitez les ouvertures trop grandes, ou encore plusieurs ouvertures rapprochées. Surtout ne situez pas d'ouverture près d'un coin de la pièce.**

**Pour respecter l'appareillage de la maçonnerie, la largeur des ouvertures doit correspondre à un nombre de blocs entiers posés, c'est à dire les joints compris. Par exemple, avec des blocs de 40cm de long, on peut prévoir les largeurs d'ouvertures suivantes: 48cm, 70cm, 92cm.**

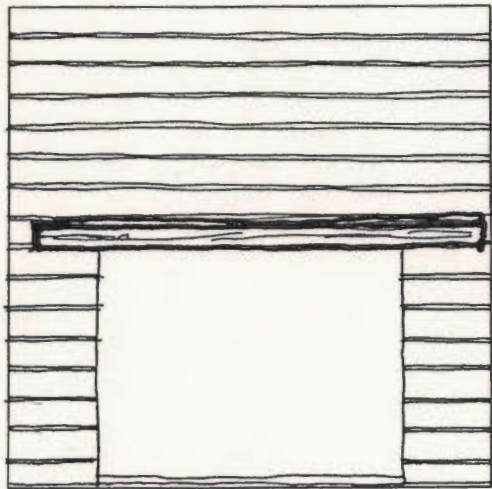
**La réalisation des ouvertures doit être très soignée (appareillage, pose des briques, etc.). Pour la construction d'un arc, évitez l'utilisation d'un mortier trop riche en argile - il se fissurerait. Mettez toujours assez de mortier pour que, une fois les briques tapées en place, il ne reste pas de vide entre deux briques.**

# Les ouvertures sans bois

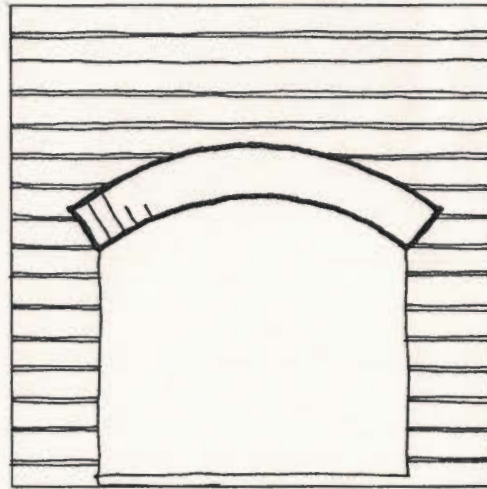


Pour éviter d'utiliser du bois pour un linteau, on peut faire un arc en maçonnerie.

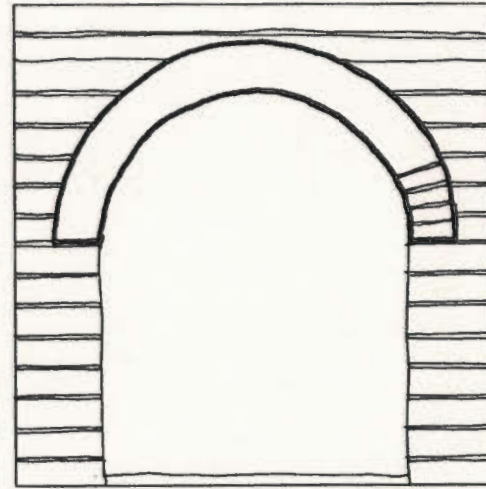
Beaucoup de formes sont possibles. En voici quelques-unes...



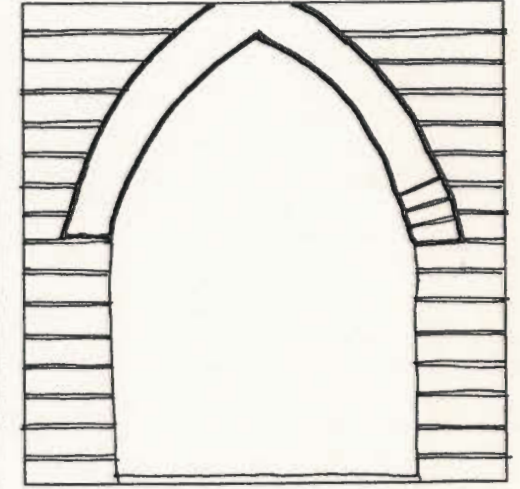
Pour éviter un linteau en bois comme celui-ci, on peut construire ...



... un arc surbaissé. Cette forme convient bien aux portes et aux fenêtres à cadre rectangulaire car la taille des blocs et le remplissage des espaces est minime.



... un arc plein-cintre,



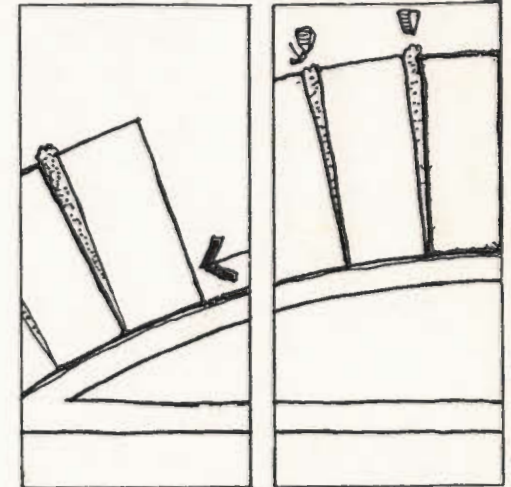
... ou un arc ogival.

# L'arc surbaissé: avec coffrage en bois/terre

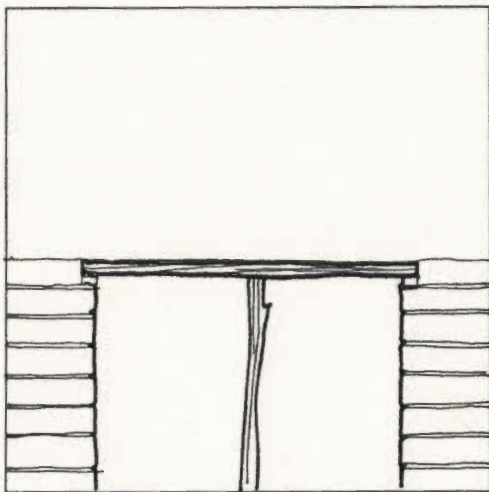
On peut utiliser:

- 1) des coffrages réutilisables - en bois ou en métal. Ils permettent de nombreuses utilisations pour des ouvertures standards. Ils ne sont rentables que pour plusieurs constructions;
- 2) des coffrages temporaires - pour une utilisation peu fréquente ou unique et permettant de réaliser un linteau à la demande.

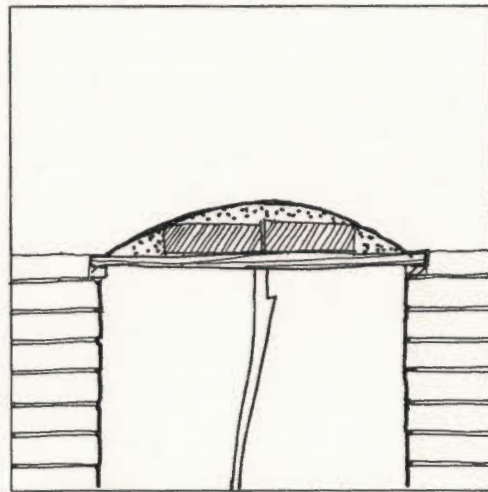
Pour faire un arc surbaissé, on utilise soit des briques de voûte (exemple 20 x 15 x 6 cm), soit des blocs spéciaux (40 x 18 x 10 cm). Ici nous montrons comment faire un coffrage avec une planche de bois (réutilisable) et de la terre.



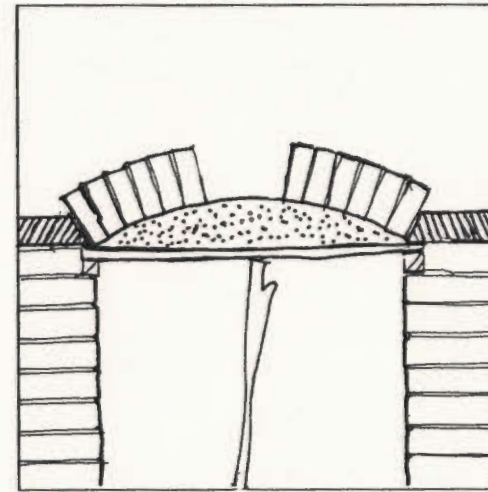
Les briques doivent toucher en bas. De petits cailloux enfoncés dans le mortier en haut du joint une fois la brique posée la tiendront à l'angle correct.



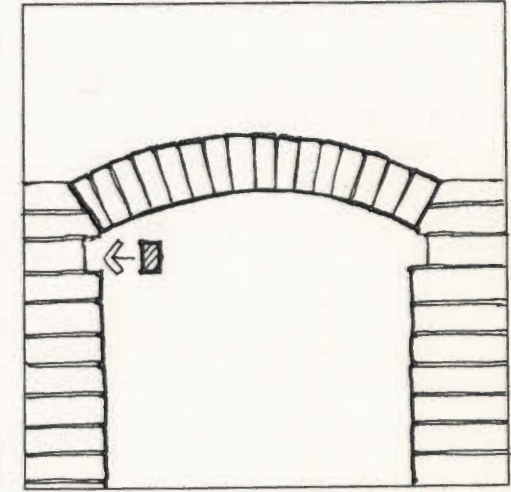
1. Terminez la dernière assise avant d'atteindre l'ouverture pour que la planche puisse reposer au bon niveau. Soutenez-la à l'aide d'un poteau au milieu.



2. Réalisez une forme arrondie avec des blocs et de la terre. Utilisez une ficelle pour vérifier le tracé.



3. Commencez par les 2 bords. Mettez d'abord du mortier sur le côté de la brique précédente puis poussez la brique suivante contre le mortier frais.

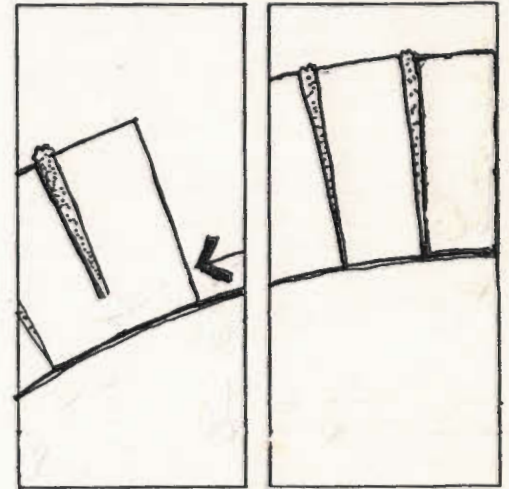


4. Taillez les deux dernières briques de l'arc. Essayez-les d'abord sans mortier, puis posez-les avec le mortier. Enlevez le coffrage et remplissez les vides.

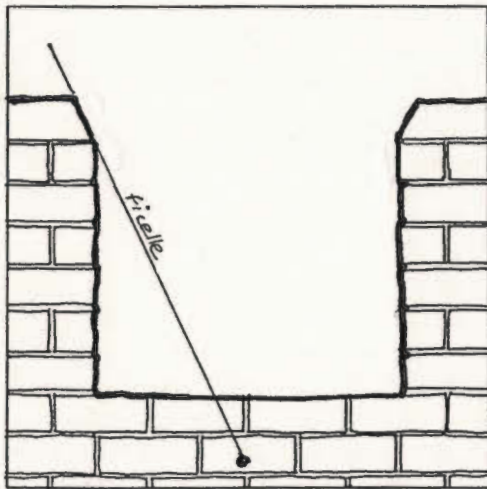
# L'arc surbaissé: avec coffrage rempli de blocs

Pour faire un arc surbaissé, on utilise soit des briques de voûte (exemple 20 x 15 x 6 cm), soit des blocs spéciaux (40 x 18 x 10 cm).

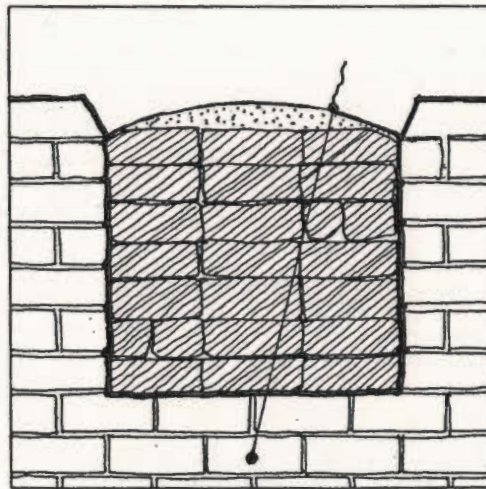
Ce coffrage simple est réalisé avec des blocs empilés qui seront enlevés par la suite.



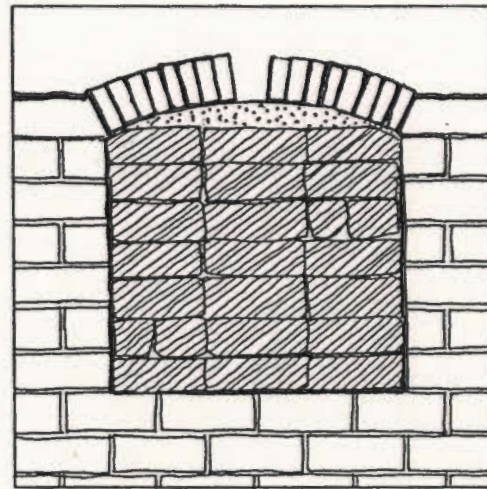
Les briques doivent toucher en bas. De petits cailloux enfoncés dans le mortier en haut du joint une fois la brique posée la tiendront à l'angle correct.



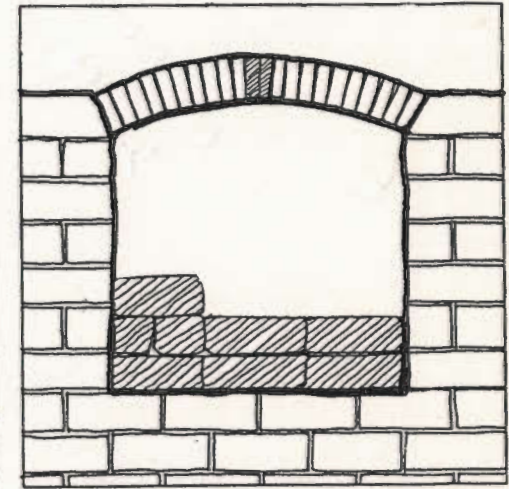
1. Taillez les briques de la dernière assise en haut de l'ouverture à un angle que vous pouvez vérifier avec une ficelle.



2. Bouchez l'ouverture avec des blocs posés sans mortier. Terminez avec de la terre pour obtenir une forme arrondie. Utilisez la ficelle pour vérifier la forme.



3. Commencez par les 2 bords. Mettez d'abord du mortier sur le côté de la brique précédente puis poussez la brique suivante contre le mortier frais.

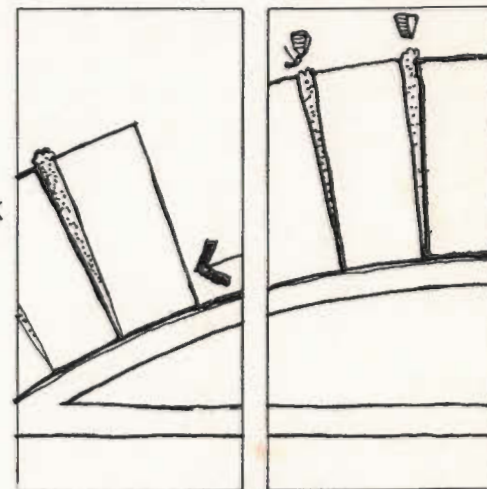


4. Taillez les deux dernières briques de l'arc. Essayez-les d'abord sans mortier, puis posez-les avec le mortier. Enlevez les blocs et la terre.

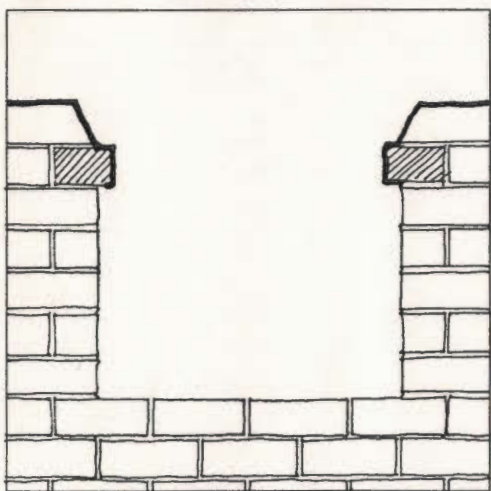
## L'arc surbaissé: avec coffrage en métal



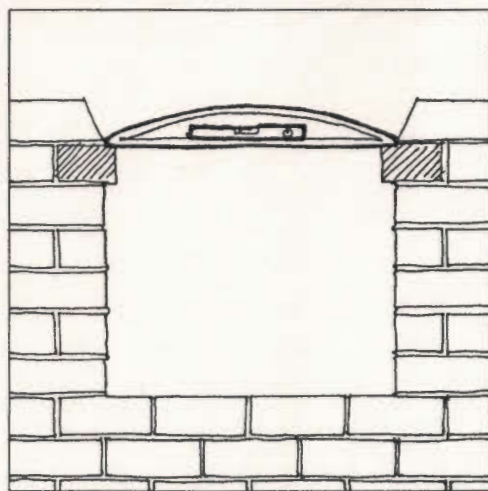
Pour faire un linteau en arc surbaissé, utilisez soit des briques de voûte (exemple 20 x 15 x 6 cm), soit des blocs spéciaux (40 x 18 x 10 cm). Dans cet exemple, on utilise un coffrage en métal, mais quel que soit le type de coffrage employé, faites très attention à deux points très importants - voir ci-contre.



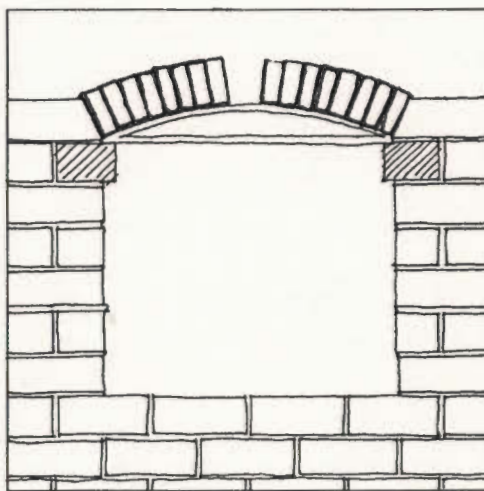
Les briques doivent toucher en bas. De petits cailloux enfoncés dans le mortier en haut des joints une fois la brique posée la tiendront à l'angle correct.



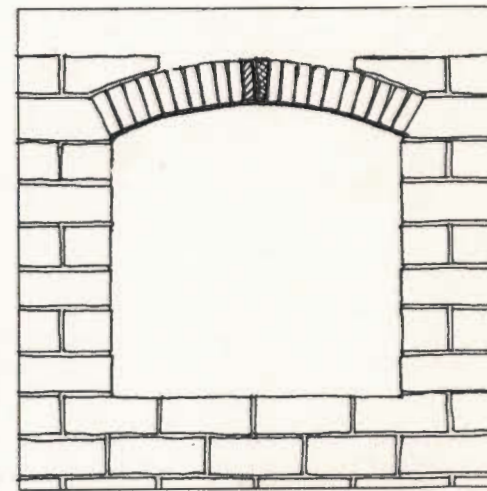
1. Le coffrage sera posé sur 2 blocs d'appui. De chaque côté du coffrage, les blocs sont taillés pour recevoir les premières briques de l'arc.



2. Posez le coffrage. Vérifiez le niveau.

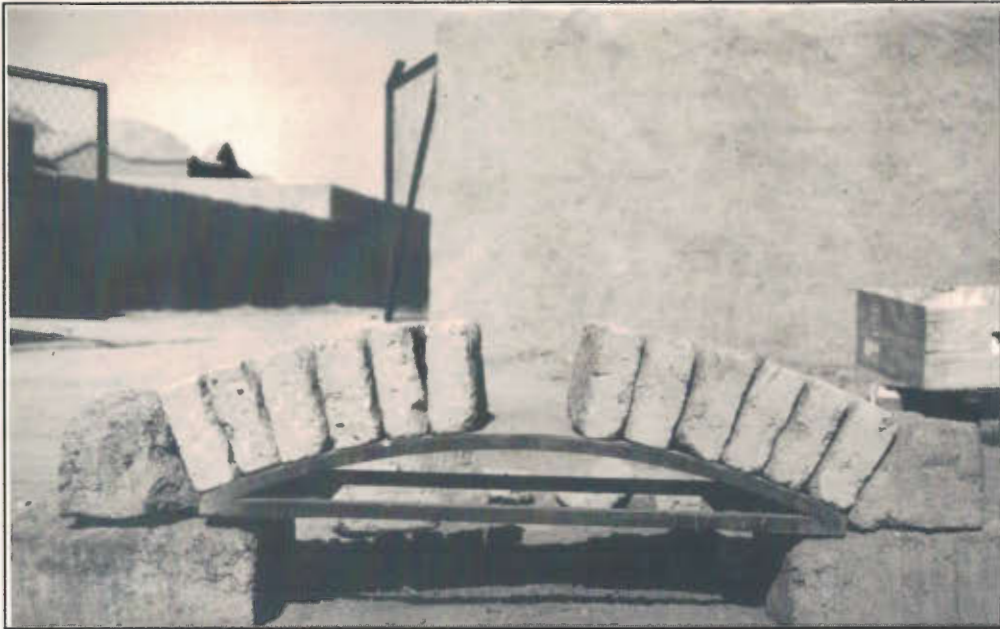


3. En commençant par les 2 extrémités, mettez d'abord du mortier sur le côté de la brique précédente, puis placez la brique suivante contre le mortier.

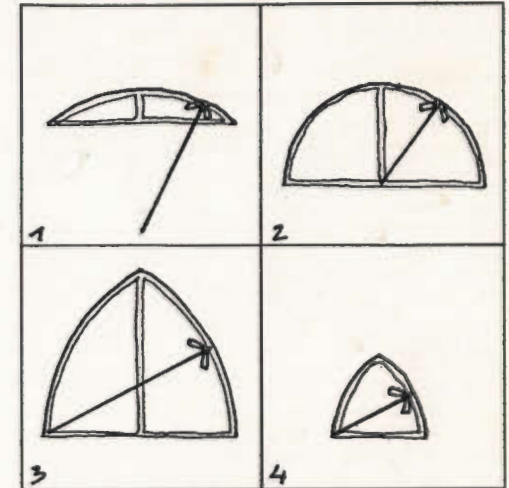


4. Taillez les 2 dernières briques de l'arc. Essayez-les d'abord sans mortier. Taillez les blocs d'appui; enlevez le coffrage.

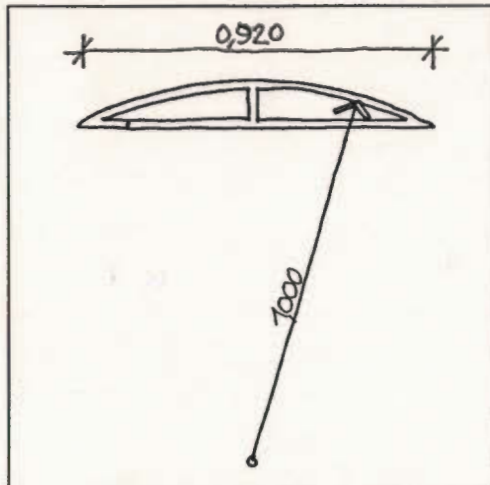
## Les coffrages en métal



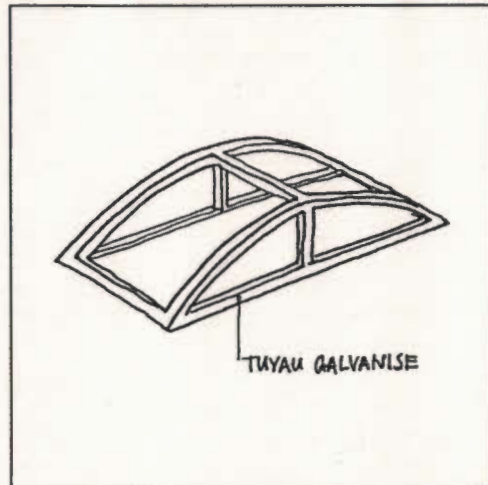
Vous pensez fabriquer des coffrages en métal? Pensez à coordonner les dimensions avec celles des cadres des portes, volets et fenêtres qui vont compléter les ouvertures. Calculez surtout en fonction des dimensions des blocs. Un système simple et durable est présenté sur cette page.



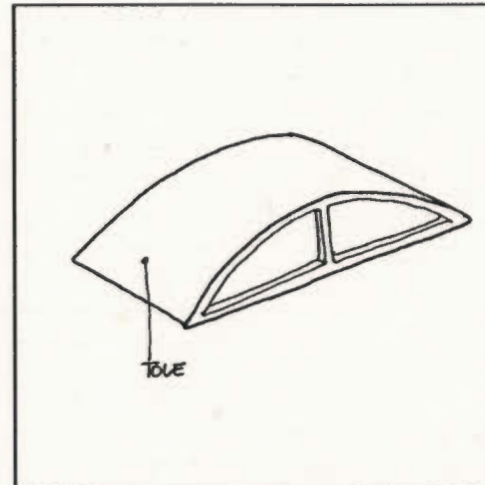
Plusieurs formes sont possibles. Il faut prévoir pour les petites ouvertures autant que pour les grandes.



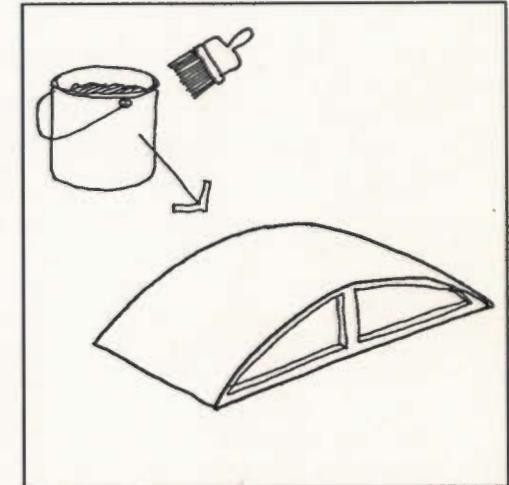
1. Indiquez au fabricant comment tracer la courbe.



2. Le cadre du coffrage est en profil métallique galvanisé avec joints soudés.



3. Couvrez le cadre avec une tôle. N'utilisez pas de tôles trop légères qui se déformeraient.



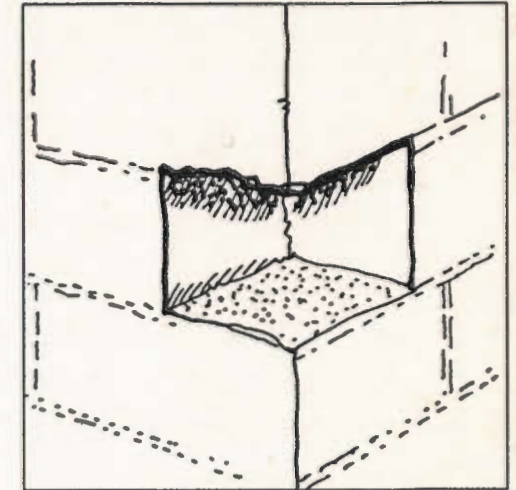
Avant de vous en servir, passez quelques couches de peinture pour protéger le coffrage.

# La pose de volets ou de portes dans les ouvertures

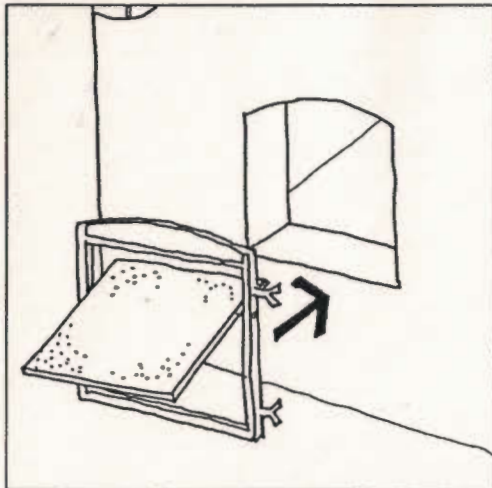


Fixez les volets et les portes en métal à l'aide de pattes de scellement préalablement soudées sur le châssis.

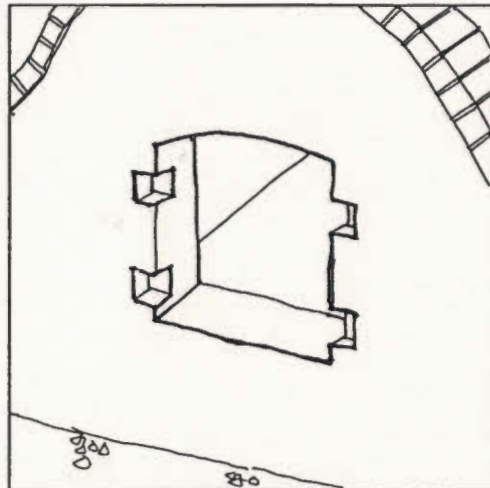
Cette page montre comment faire pour un volet de fenêtre. C'est la même chose pour une porte.



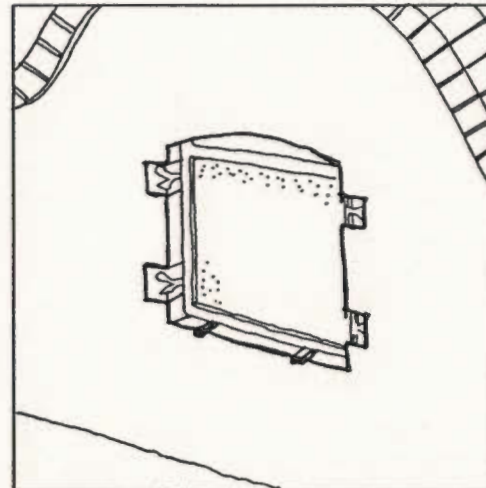
Attention! Les entailles qui teindront les pattes de scellement dans le mur doivent être *angulaires* et non pas arrondies.



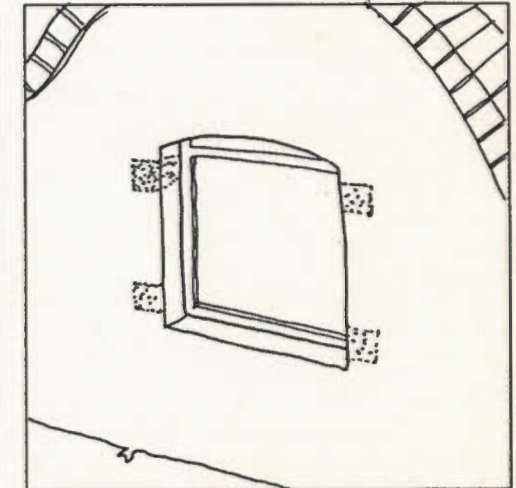
1. Tenez le châssis contre l'ouverture. Faites une marque sur le mur à l'endroit où les pattes de scellement touchent le mur. Enlevez le châssis.



2. Faites des entailles angulaires dans le mur pour recevoir les pattes de scellement.



3. Posez le volet avec les pattes de scellement dans les entailles. Calez le châssis à la bonne hauteur. Vérifiez qu'il soit parfaitement horizontal.

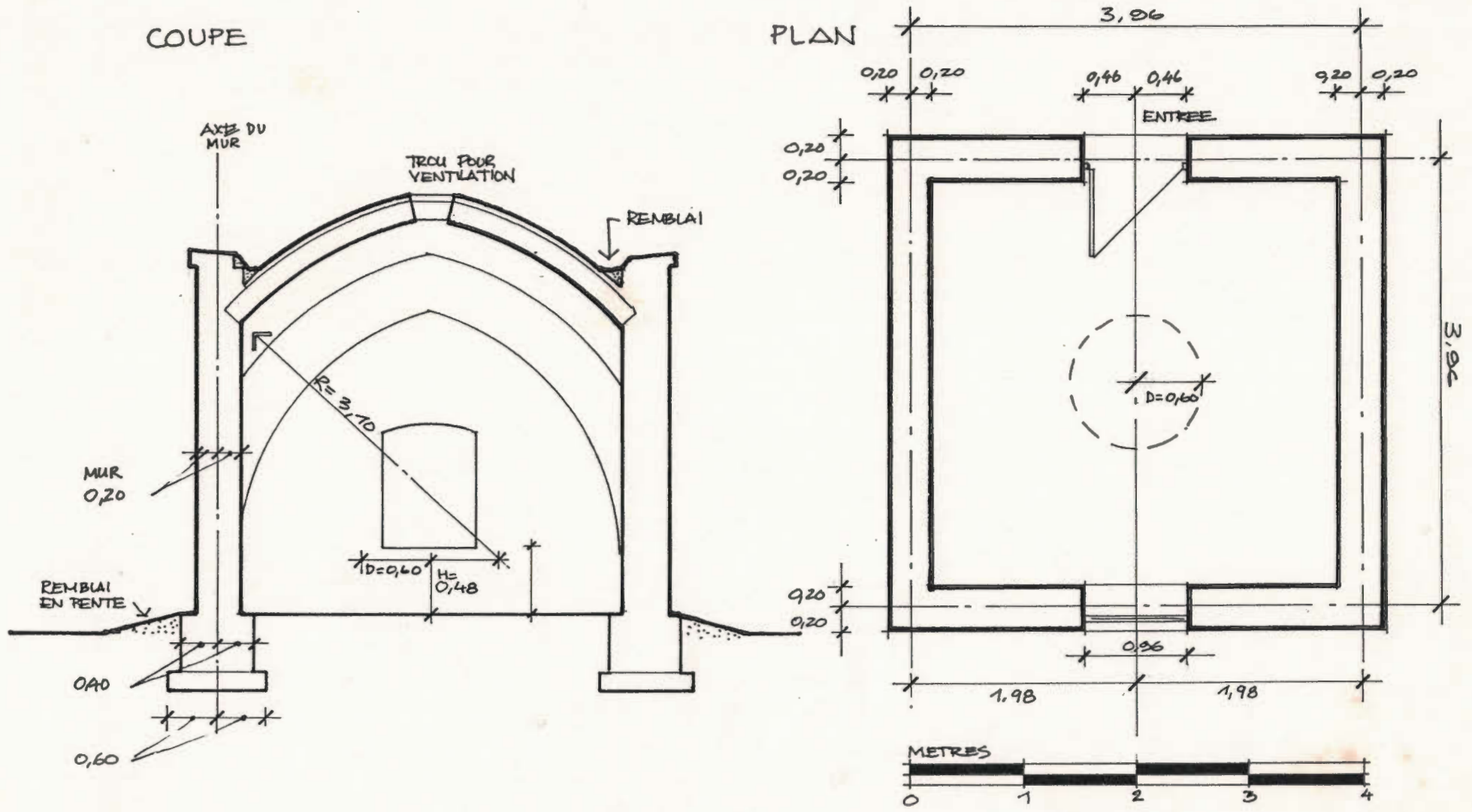


4. Rebouchez les trous avec du béton. Laissez bien sécher avant de retirer les cales.

# La coupole sur base rectangulaire

---

# Plan et coupe de la coupole sur base rectangulaire

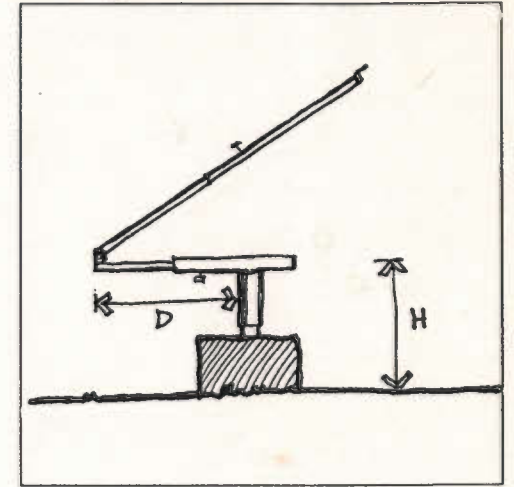




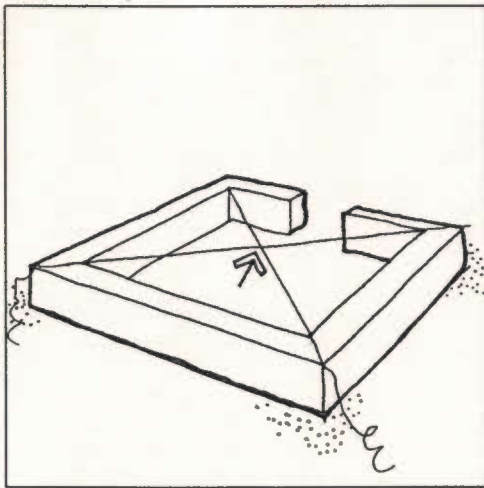
Quand les murs sont montés jusqu'au niveau du point de naissance de la coupole, on procède à la construction de la coupole même.

Commencez par placer le poteau qui tiendra le bras rayon du guide mobile (voir ci-contre) au centre exact de la pièce.

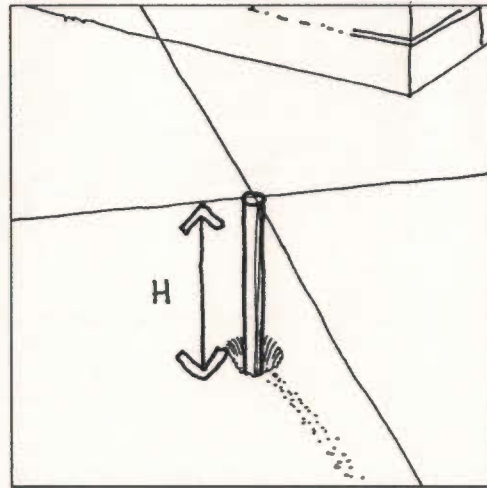
## Le poteau central



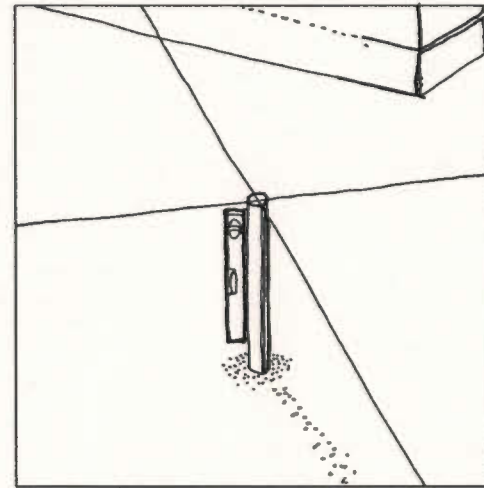
H = la hauteur de bras radial.  
D = le déplacement du bras radial.



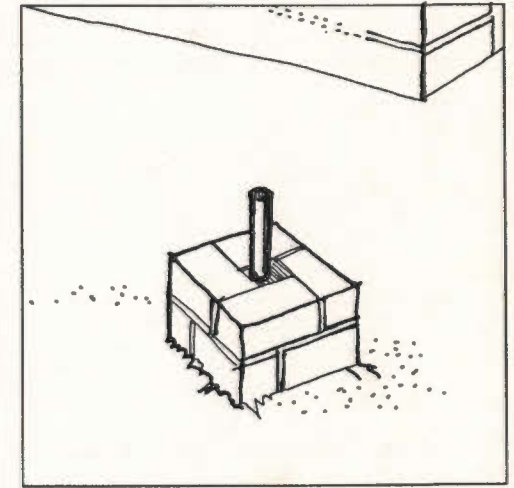
1. Procédez ainsi: tendez 2 ficelles entre les coins. Là où elles se croisent, c'est le centre du bâtiment.



2. Creusez un trou en-dessous. Plantez un poteau. Le poteau doit avoir la même hauteur que le mur: il doit juste toucher les ficelles, si elles sont bien tendues.



3. Vérifiez que le poteau soit parfaitement vertical avec un niveau.

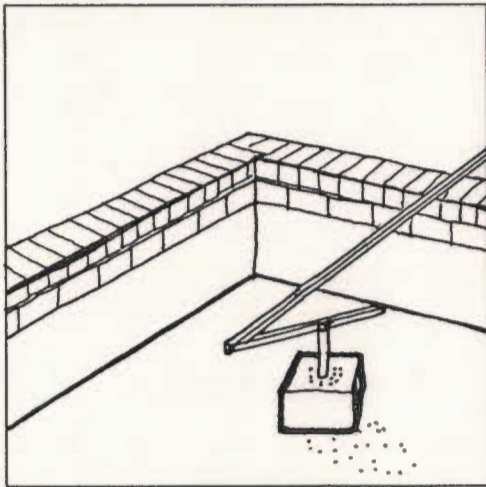
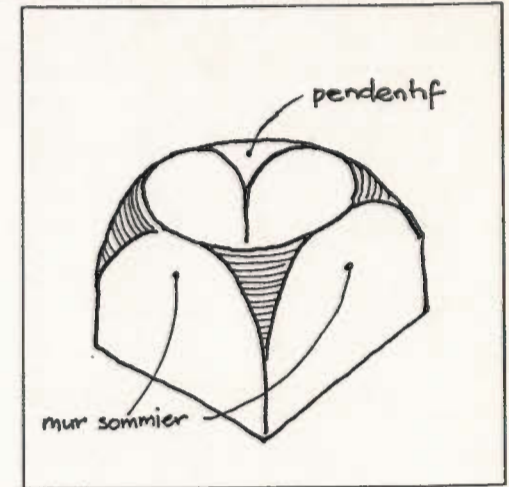


4. Construisez un petit muret contre le poteau et tout autour pour être sûr qu'il ne bougera pas.

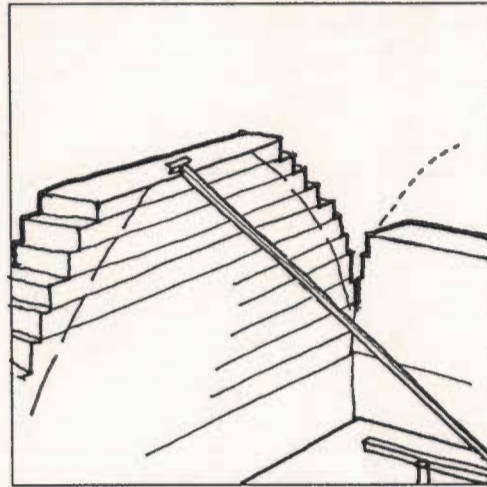
## Les murs sommiers



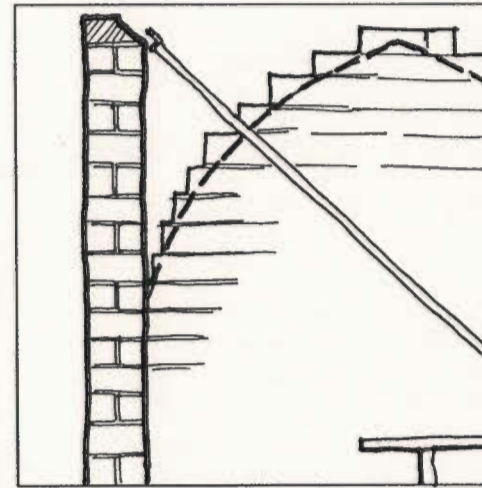
La coupole repose sur 4 murs sommiers et 4 pendentifs.



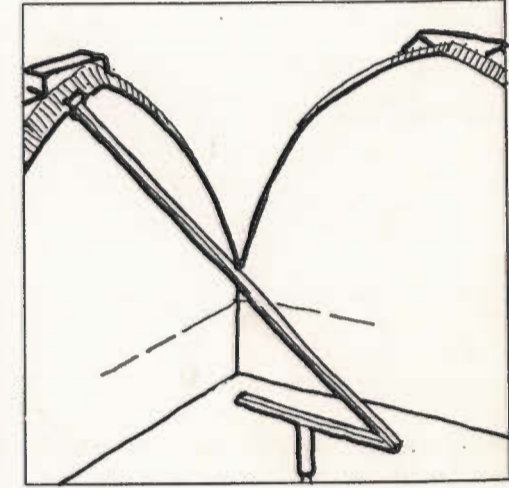
1. Montez encore 2 assises de blocs au-dessus du point de naissance de la coupole.



2. Utilisez le guide mobile pour tracer l'arc de chacun des 4 murs. Construisez les murs en suivant cet arc.

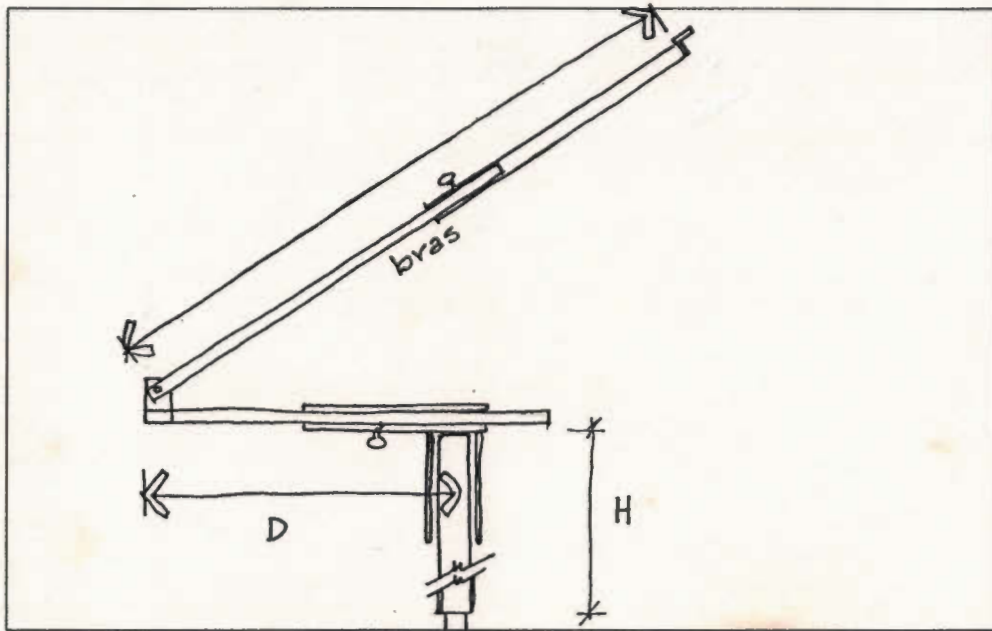


3. Quand le sommet du mur est atteint, taillez le côté intérieur à l'angle du guide mobile et suivant l'arc tracé par le guide mobile.



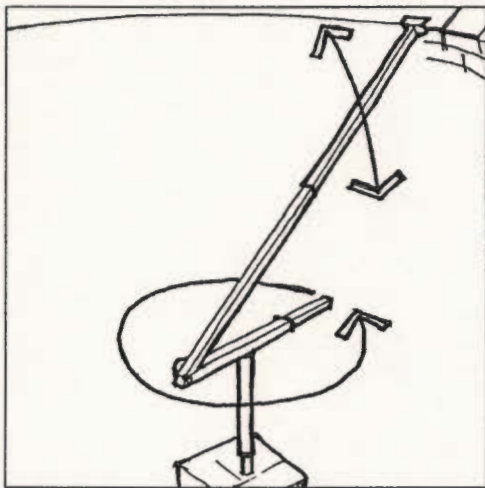
4. Recommencez pour chacun des 4 murs.

## Le guide mobile

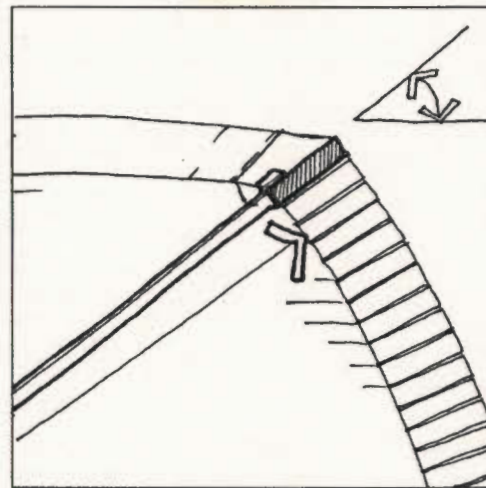


Le montage du guide mobile est très important. Les dimensions doivent correspondre au rayon voulu pour la coupole: ajustez la longueur du bras mobile et du rayon D (voir ci-contre).

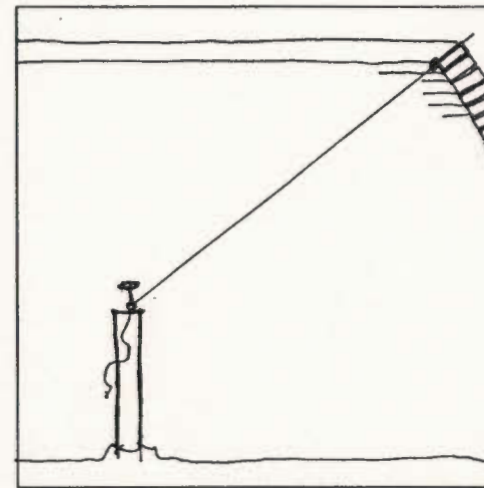
La hauteur (H) est déjà fixée par la hauteur du poteau central.



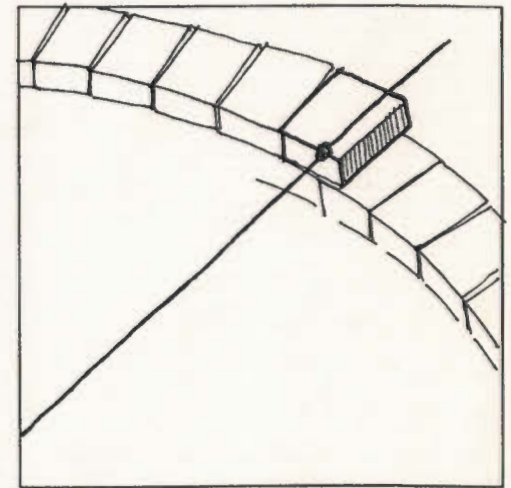
1. Le guide mobile peut tourner sur place et le bras monter et baisser.



2. Le guide mobile montre la position (la distance du centre) de chaque brique et l'angle suivant lequel elle doit être posée.

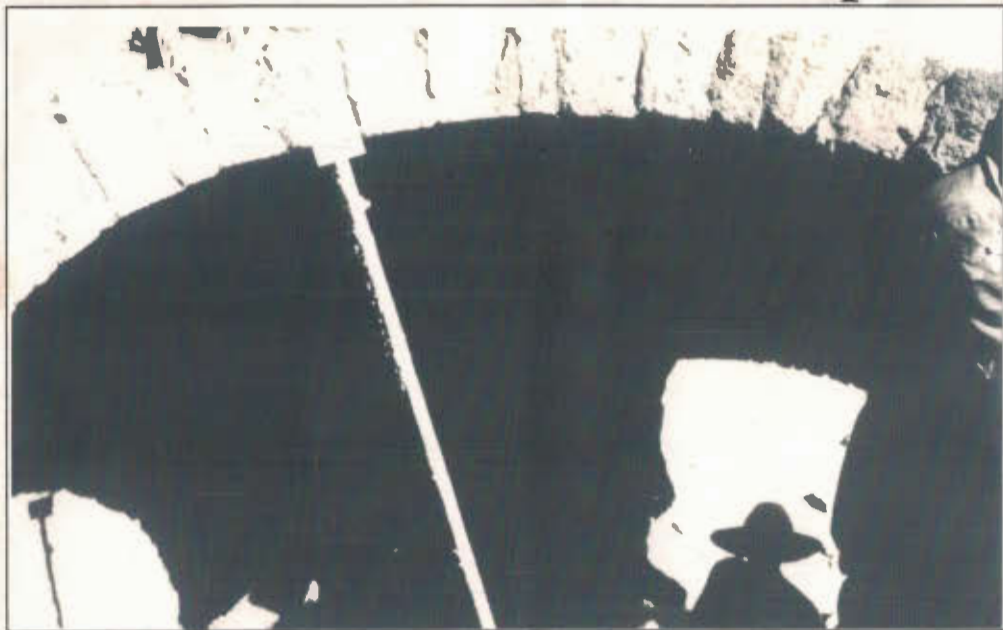


3. Si vous n'avez pas de guide mobile, utilisez une ficelle ou un fil de fer attaché au poteau central. (Ceci donnera une coupole hémisphérique.)



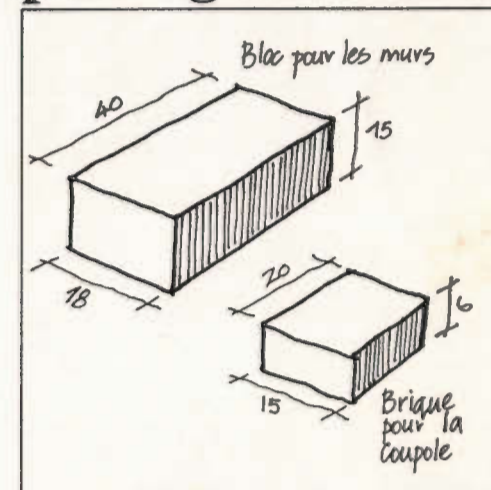
4. La ficelle ou le fil de fer avec un noeud ou une boucle près du bout montre la distance du centre et l'angle de chaque brique. Attention: une ficelle peut s'étirer.

# La pose des briques de la coupole - généralités

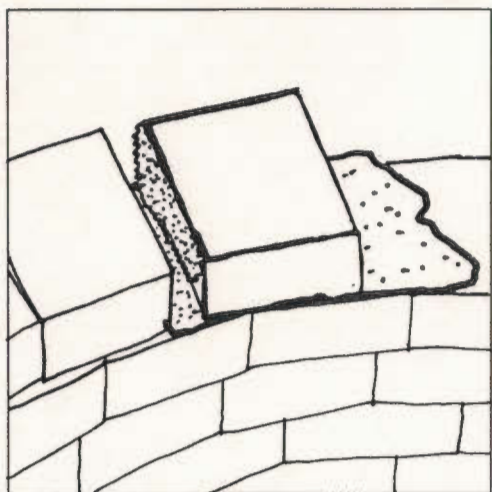


Chaque brique doit être posée avec beaucoup de soin.

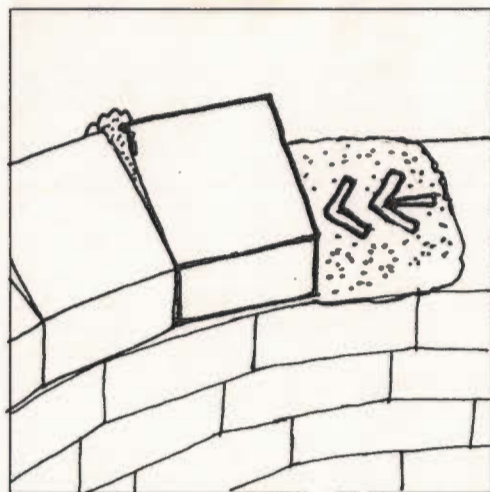
La coupole risque de s'effondrer si les briques sont mal posées!



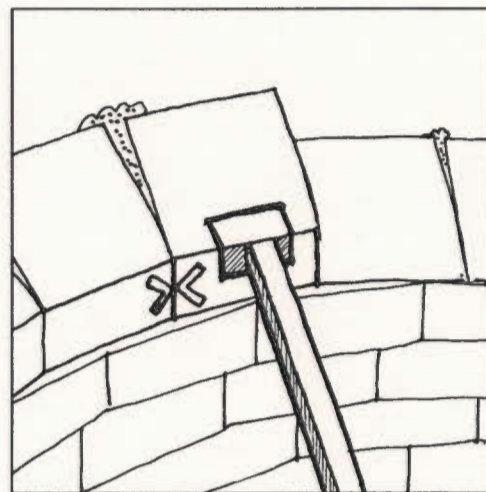
Pour la construction des pendentifs et des coupoles, utilisez des petites briques (20 x 15 x 6 cm).



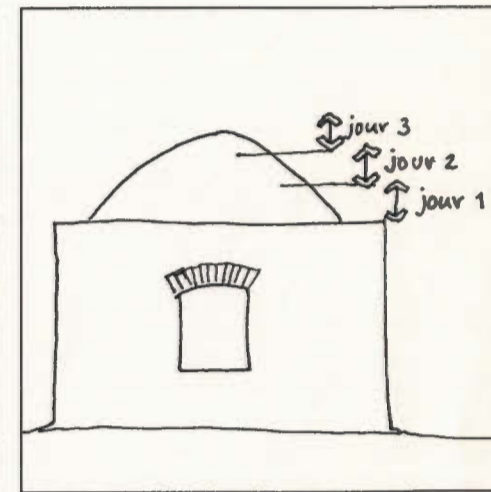
1. Posez chaque brique sur un lit de mortier.



2. Poussez chaque brique contre celle d'à côté pour que l'excédent de mortier sorte du joint et que les faces intérieures se touchent.



3. Vérifiez la bonne position et orientation de la brique avec le guide mobile.



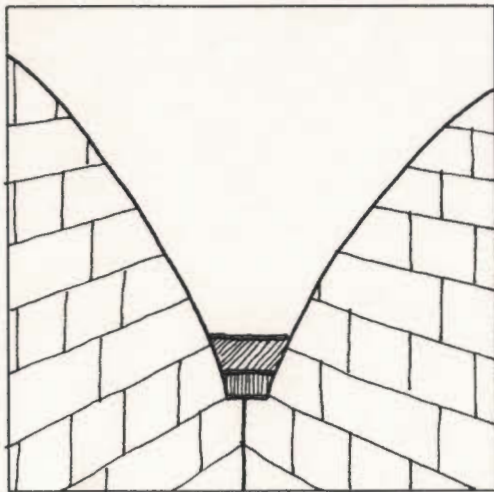
4. Même si vous posez les briques rapidement, ne montez pas trop vite la coupole. Prenez le temps de laisser sécher le mortier.

# Les pendentifs

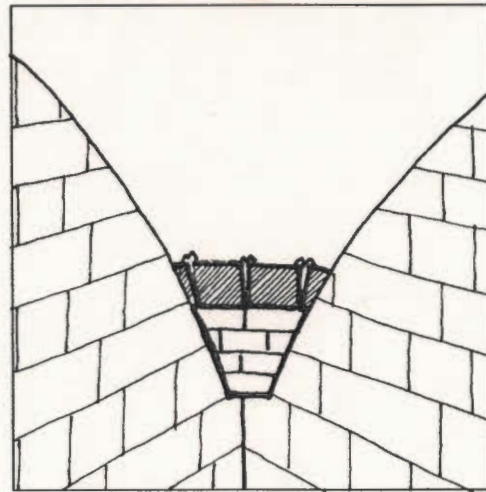


**Quand les murs-sommiers sont terminés, commencez à construire les pendentifs dans chaque coin.**

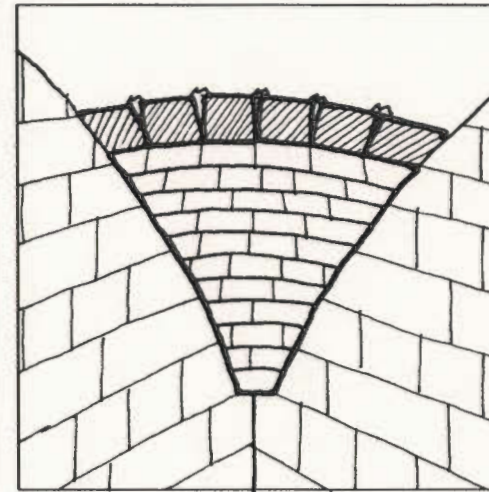
**Il faut aussi construire en même temps les murs extérieurs des pendentifs. Ainsi il serait utile de lire la page suivante tout de suite après celle-ci!**



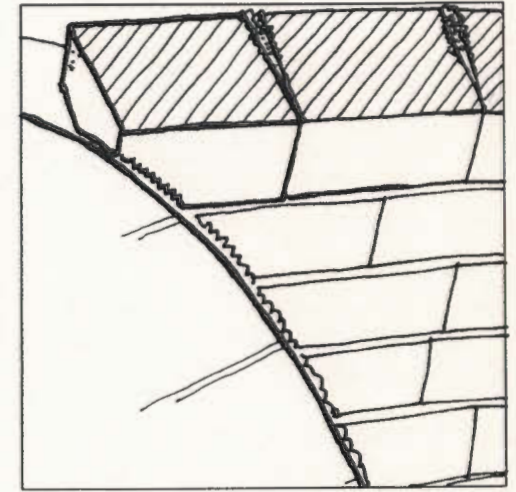
1. Taillez la première brique: elle doit remplir l'espace entre les deux murs. Posez-la sur un lit de mortier. Utilisez le guide mobile pour la position et l'angle.



2. Continuez de monter le pendentif. Utilisez le guide mobile. Evitez les joints verticaux l'un au-dessus de l'autre. Posez chaque brique sur un lit de mortier.



3. Attention - les faces intérieures doivent toucher. Remplissez les espaces entre les faces extérieures de mortier.

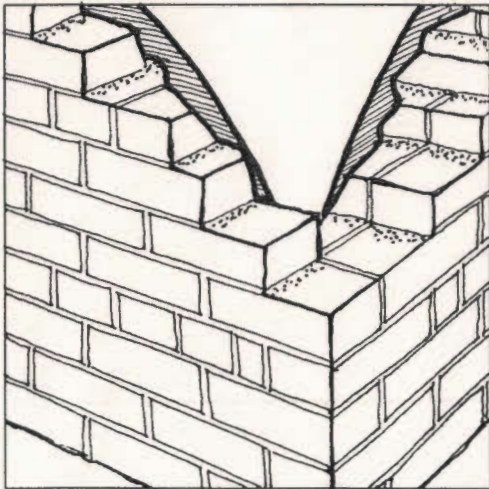


4. Continuez de tailler la première et la dernière brique de chaque assise, pour que l'assise reste droite et pour suivre la courbe du mur.

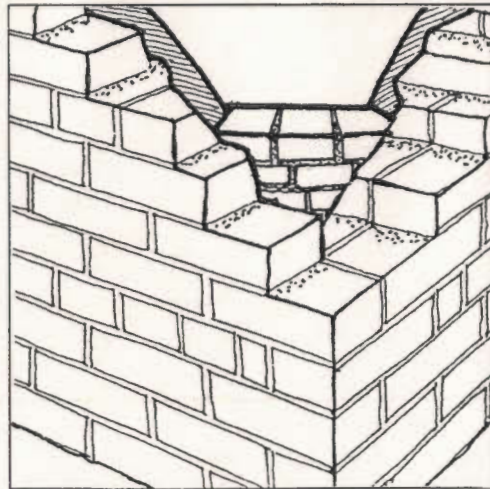
## L'extérieur des pendentifs



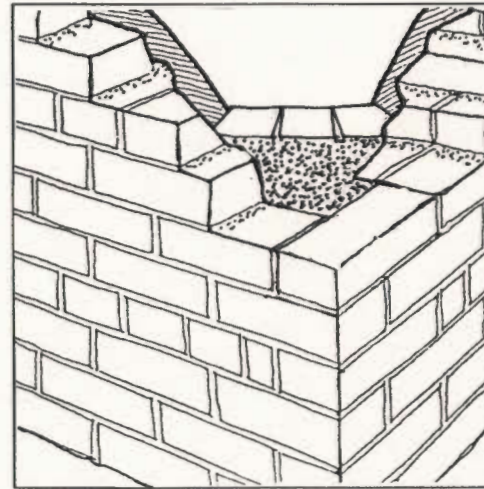
Construisez les murs extérieurs des pendentifs en même temps que les pendentifs. L'appareillage des murs doit impérativement continuer d'être respecté - l'extérieur des pendentifs fait partie des murs.



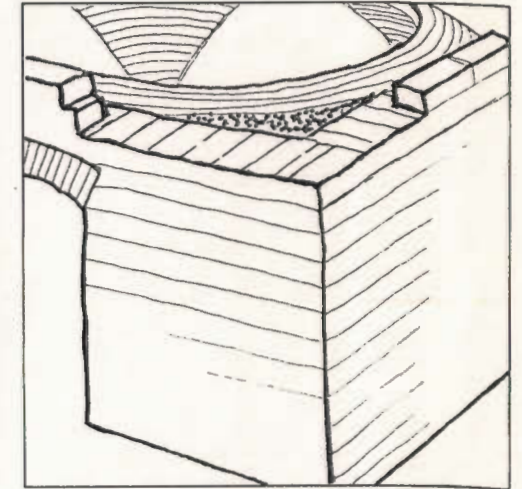
1. En même temps que vous montez les pendentifs (voir page précédente), construisez les murs extérieurs avec des blocs ordinaires (40 x 18 x 15 cm).



2. Remplissez l'espace entre le mur extérieur (droit) et le pendentif (arrondi) avec une terre sableuse humide damée en couches successives.



3. Continuez de monter les pendentifs (à l'intérieur) et les murs extérieurs en même temps.

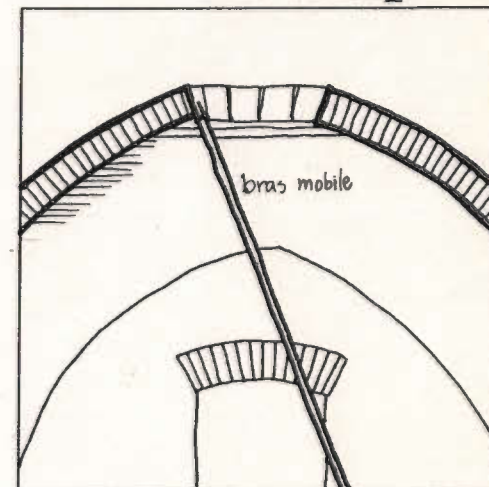


4. Les murs extérieurs doivent monter jusqu'à au moins deux tiers de la hauteur de la coupole.

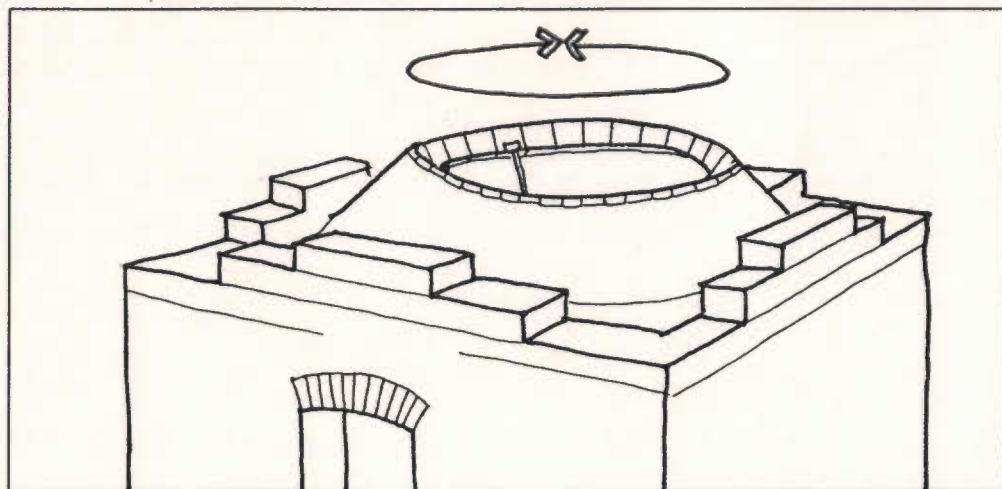
# La coupole



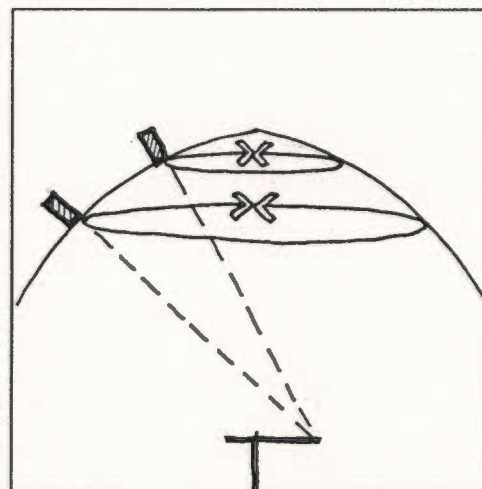
Pour contruire la partie haute de la coupole, procédez de la façon suivante.



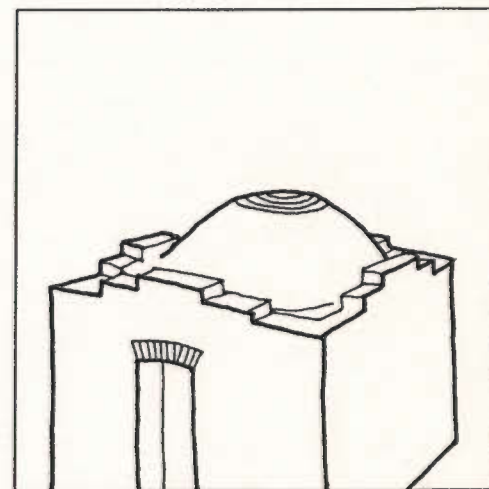
1. Continuez de monter la coupole. Utilisez le bras mobile pour trouver la position et l'angle de chaque brique.



2. Chaque assise de briques dans la coupole forme un cercle complet.



3. Au fur et à mesure que les assises montent, les cercles deviennent de plus en plus petits et l'angle des briques devient plus fort.

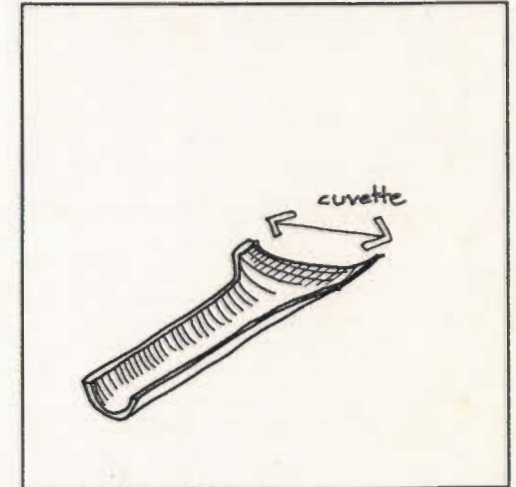


4. La coupole est terminée. Vous pouvez laisser un trou pour la lumière et la ventilation.

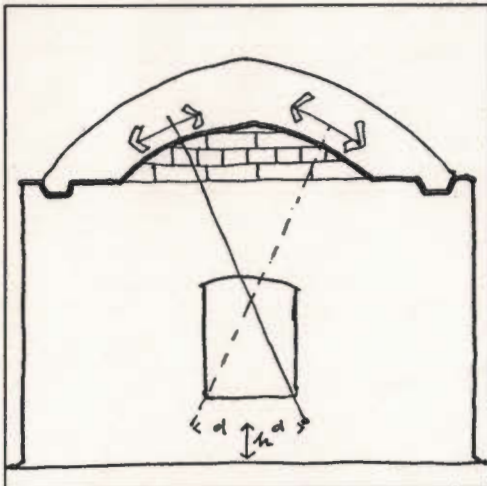
# La pose des gargouilles (coupole sur base rectangulaire)



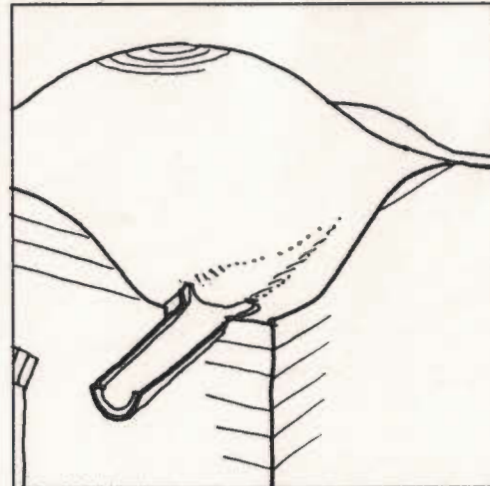
Il est très important d'assurer une évacuation parfaite des eaux de pluie, et d'empêcher que l'eau ne coule sur les murs. Sinon les murs et la coupole seront vite abîmés.



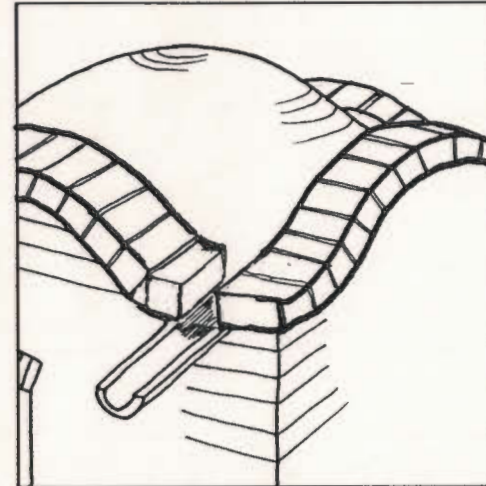
Les gargouilles seront de préférence ouvertes et avec une "cuvette" pour recueillir l'eau et pour l'empêcher de passer entre la gargouille et le mur.



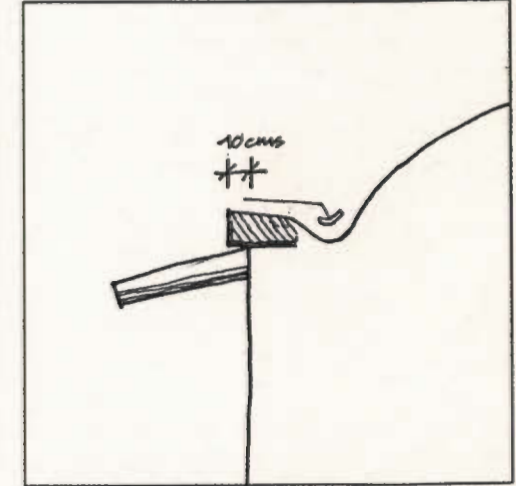
1. Sur les 4 côtés de la coupole, continuez de monter les murs pour assurer l'écoulement d'eau vers les coins. Tracez la courbe avec une ficelle.



2. Aux coins, taillez les blocs pour poser une gargouille, soit en tôle soit en ferro-ciment.



3. Posez une rangée de briques de chaque côté de la gargouille.

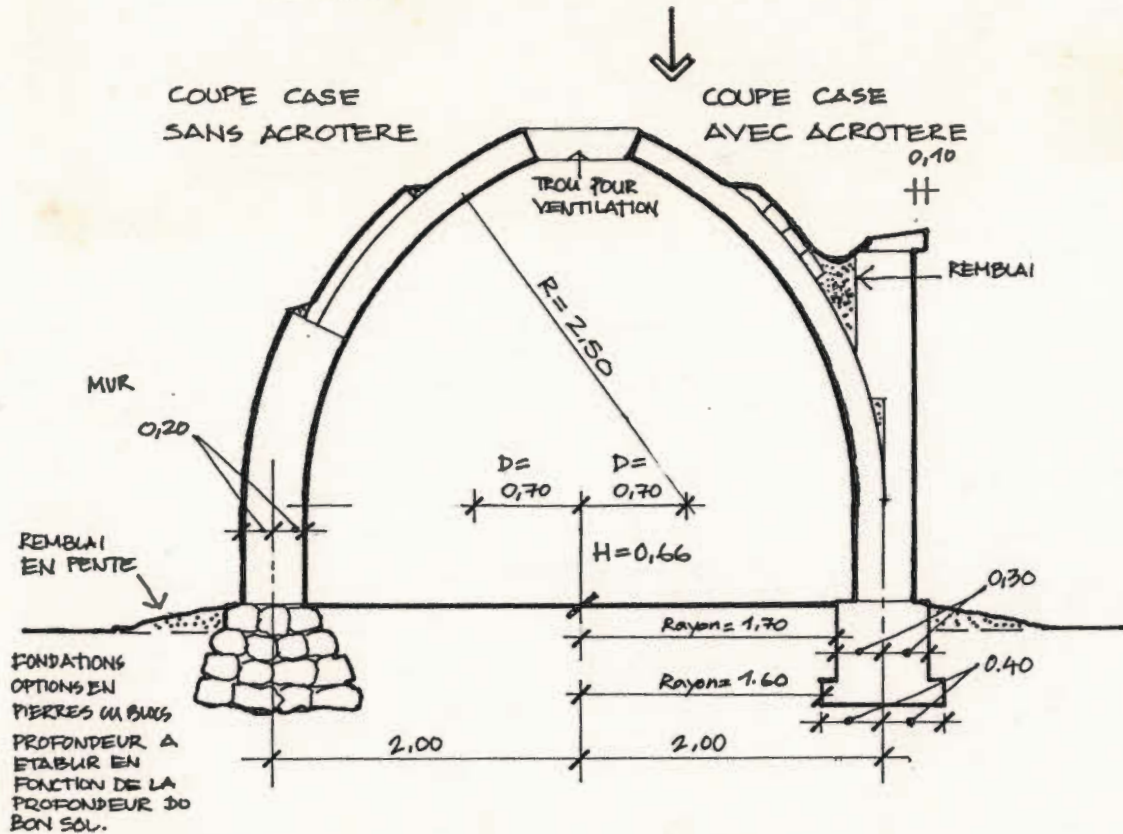


4. Si on veut poser un acrotère, il ne doit pas dépasser 10 cm et doit être incliné vers l'intérieur pour réduire les traces d'eau.

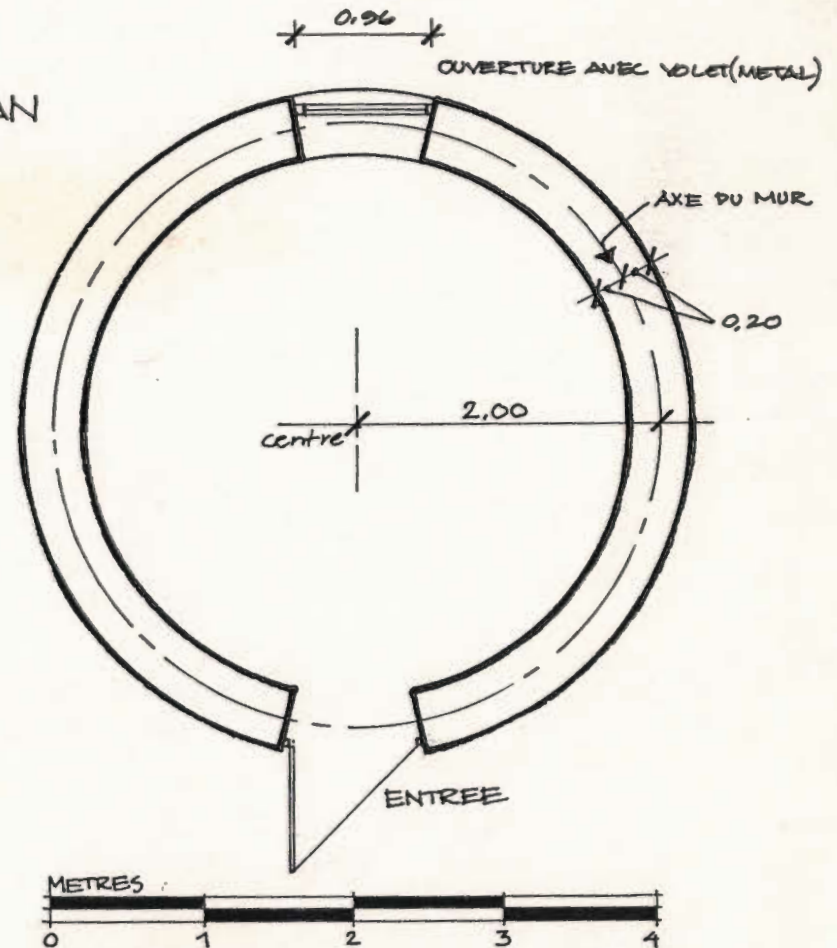
## La coupole sur base ronde

# Plan et coupe de la coupole sur base ronde

COUPE



PLAN

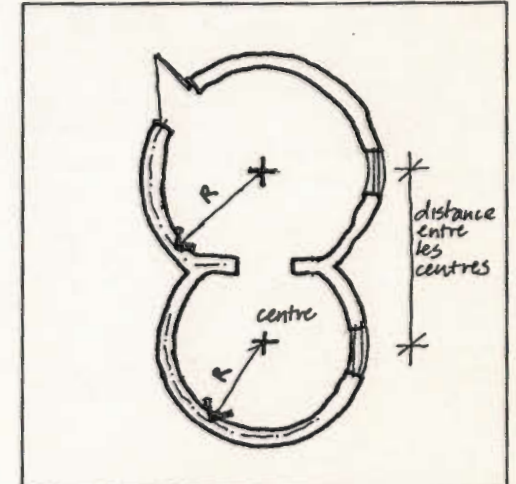


# Le poteau central de la case ronde

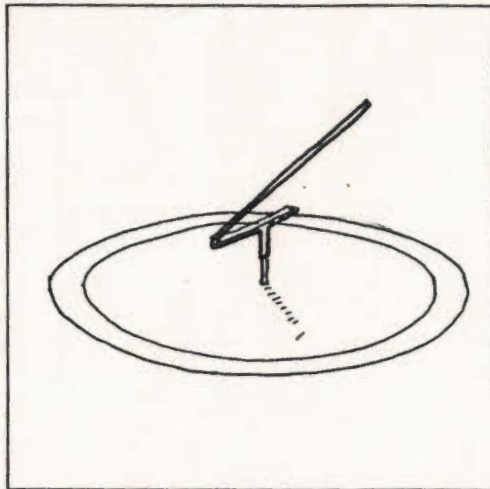


On peut construire plusieurs formes rondes les unes à côté des autres pour faire plusieurs pièces (voir l'exemple du plan ci-contre).

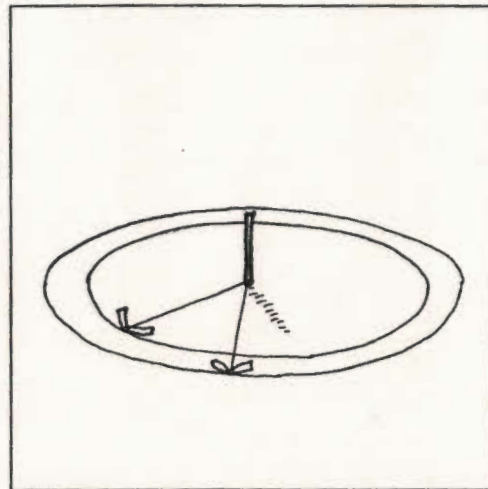
La façon de construire chaque pièce ronde est la même que pour une simple case ronde.



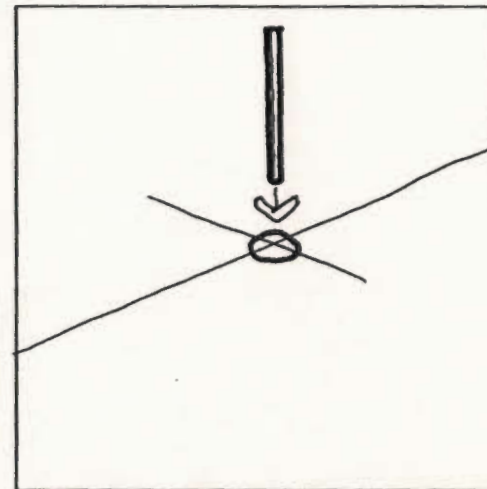
1. Le plan du bâtiment montre la distance entre le centre des deux pièces et aussi le rayon (la distance du centre de la pièce au mur) pour tracer les murs.



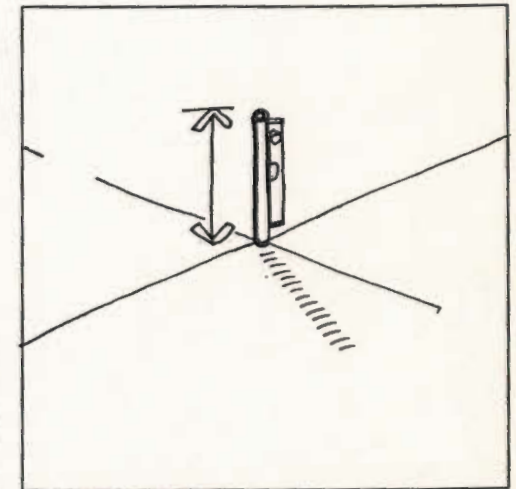
2. La forme de la *coupole* sera tracée en utilisant le guide mobile (ou une ficelle) qui tourne autour du poteau central.



3. Les *murs* seront aussi tracés à partir du poteau central. Une trace montrera le bord *intérieur* du mur et un autre le bord *extérieur*.

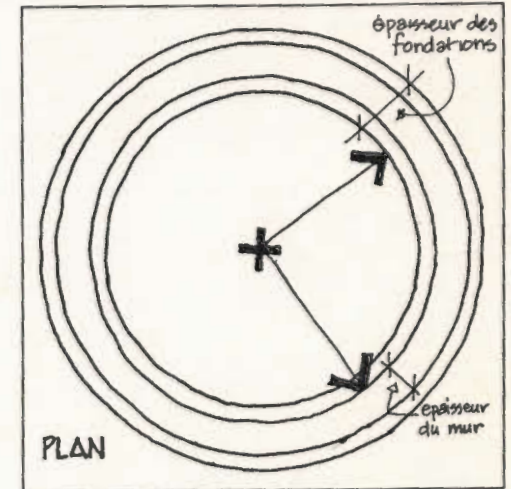
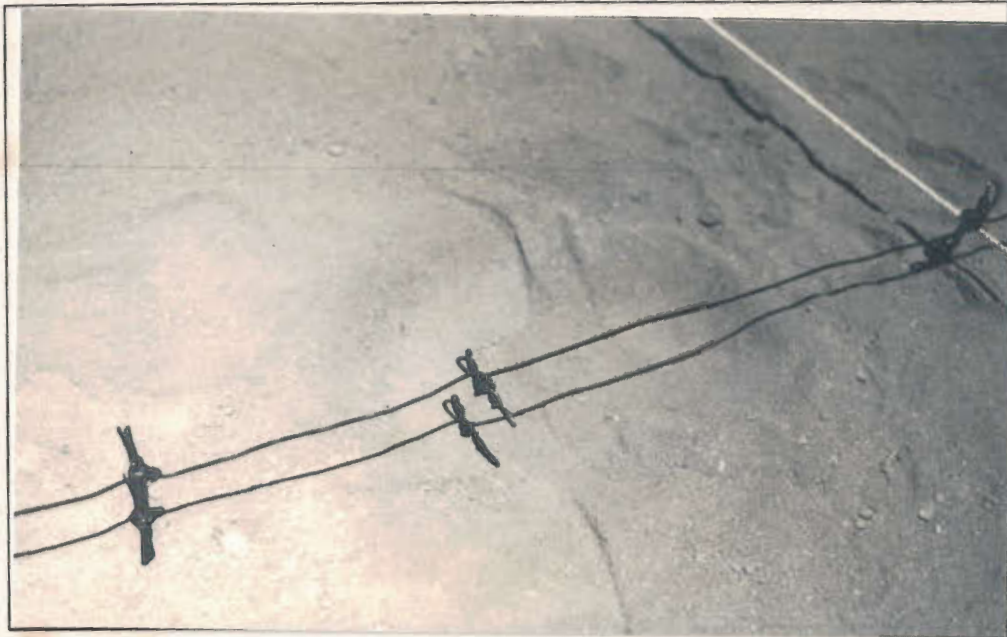


4. Décidez où sera le centre de la pièce à construire. Creusez un trou. Enfoncez-y le poteau.

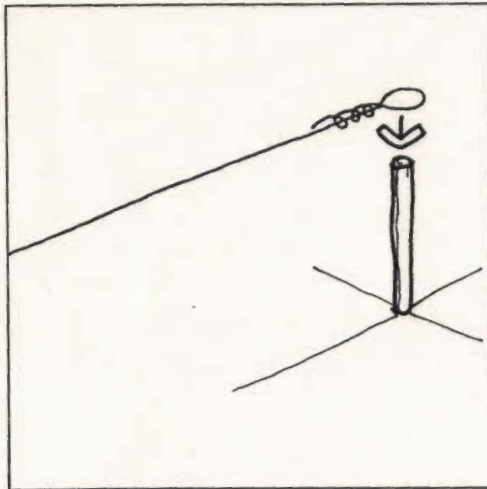


5. Vérifiez d'abord que le poteau soit de la même hauteur que le point de naissance de la coupole. Puis vérifiez qu'il soit est parfaitement vertical.

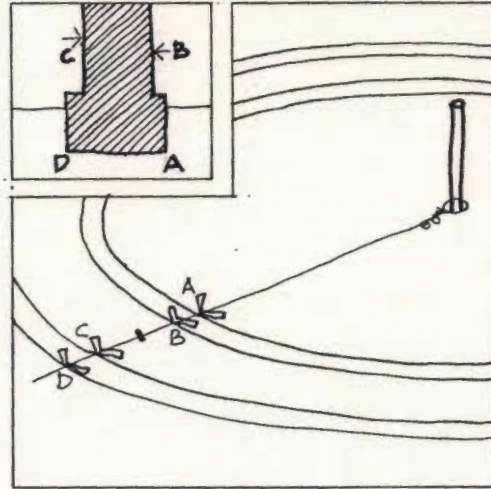
# Comment tracer la case ronde



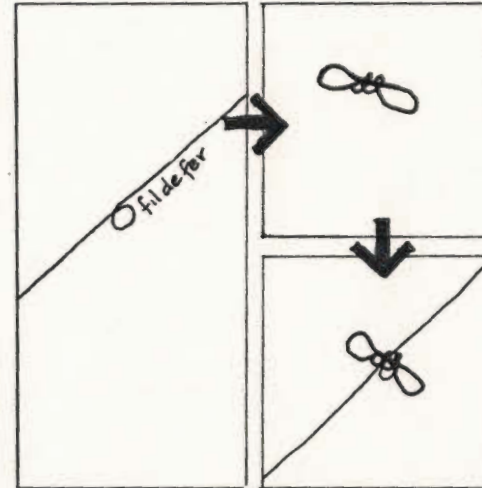
Avec un seul fil de fer attaché au poteau central on peut tracer en même temps les fondations et le mur.



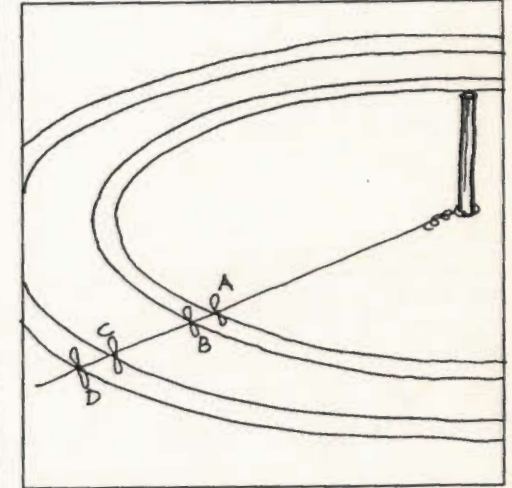
1. Faites une boucle au bout d'un fil de fer. Passez la boucle sur le poteau central.



2. Tracez le bord intérieur des fondations (A), le bord intérieur du mur (B), le bord extérieur du mur (C), et le bord extérieur des fondations (D).

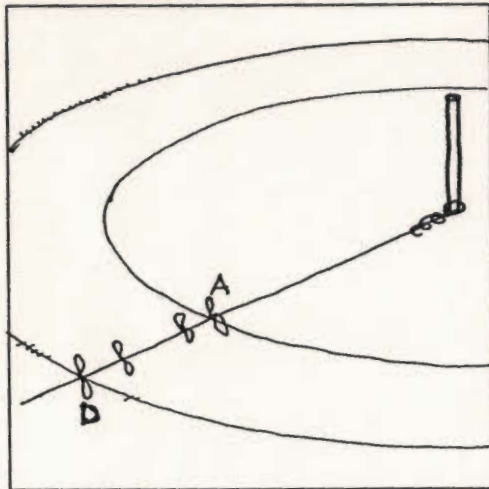
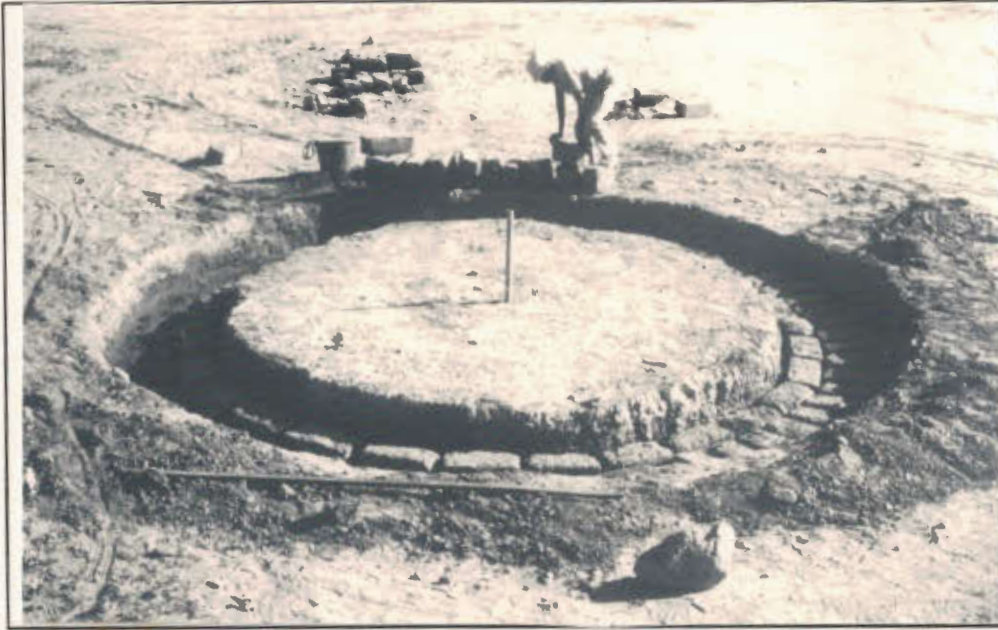


3. Mesurez sur le fil de fer la distance du poteau au bord intérieur des fondations (A). Faites une boucle. Attachez-y un papillon de fil de fer. Serrez-le bien.

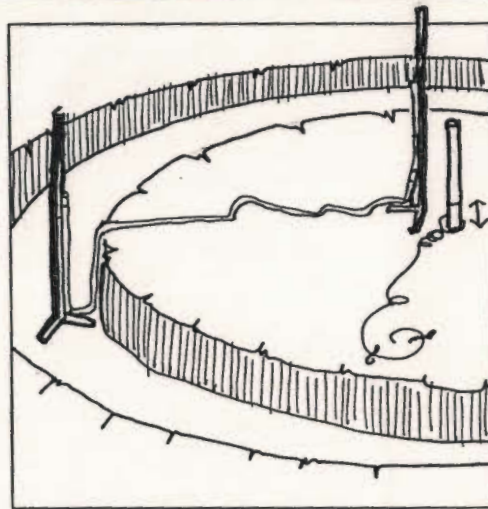


4. Recommencez pour B, C, et D. Vérifiez les dimensions. Tenez le fil de fer bien tendu. Tournez autour du poteau pour tracer les fondations et les murs.

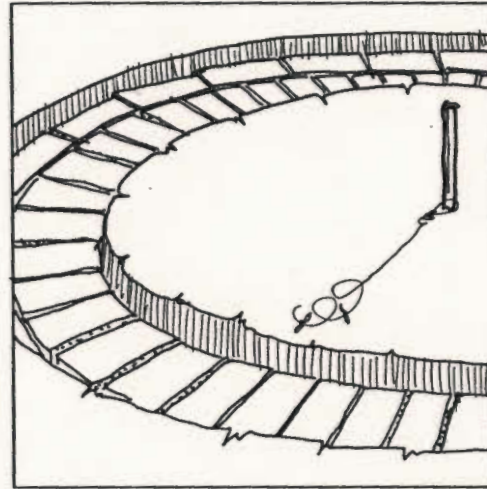
## Les fondations de la case ronde



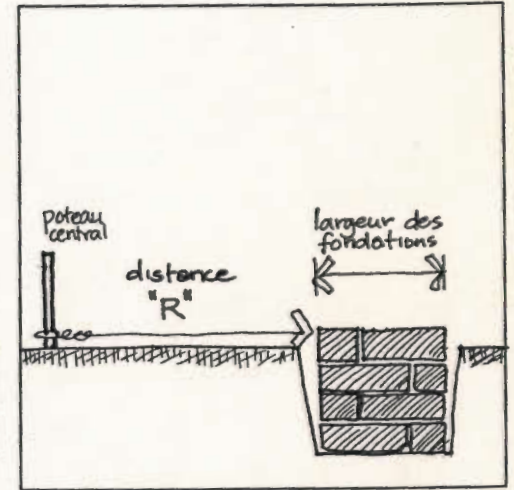
1. Vous avez déjà tracé le bord intérieur (A) et extérieur (D) des fondations. (Voir page précédente). Creusez les fondations en suivant les traces sur le sol.



2. Marquez sur le poteau central un point à 10cm au-dessus du sol. Ensuite, vérifiez la profondeur de la fondation avec le niveau à eau.



3. Posez les blocs des fondations sur un lit de mortier. Contrôlez la position des blocs (distance du centre et alignement) avec le fil de fer.



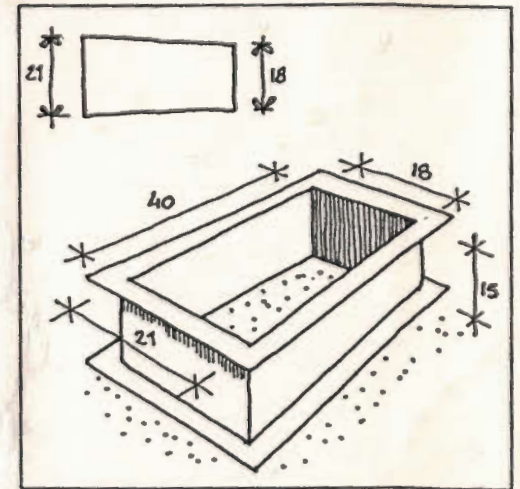
4. Le plan indique la largeur des fondations et le rayon R. (Voir ci-dessus.)

## Les murs de la case ronde

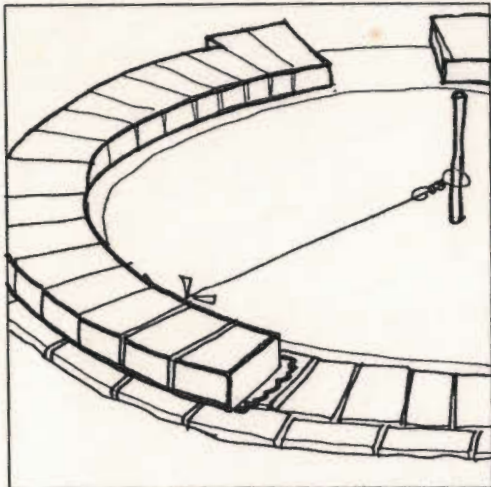


Quand les fondations sont terminées, commencez les murs. Utilisez soit des blocs modulaires (exemple 40 x 18 x 15 cm) soit, mieux encore, des blocs trapézoïdaux.

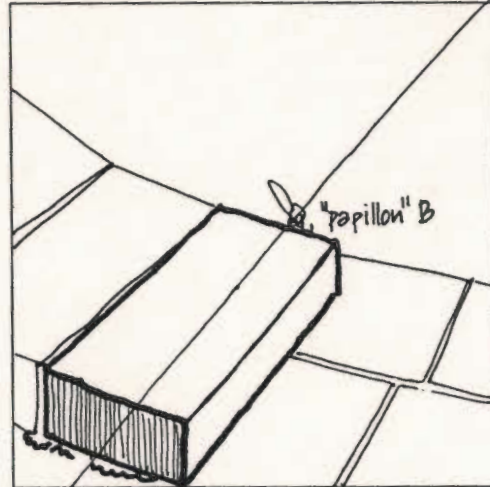
*Note: le chantier illustré dans ce guide montre la construction d'une case ronde avec des blocs modulaires.*



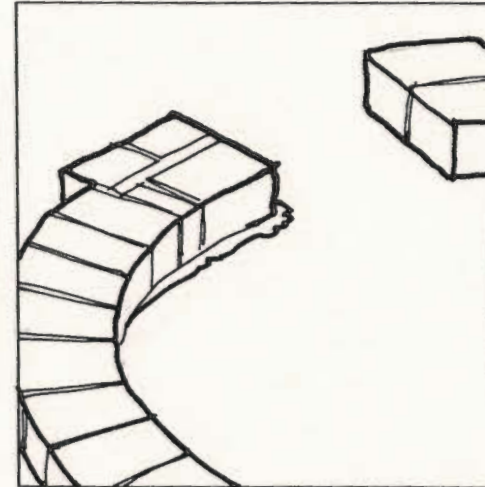
Les blocs trapézoïdaux (voir ci-dessus) évitent d'avoir des joints écartés et permettent une pose de maçonnerie plus exacte pour une case ronde.



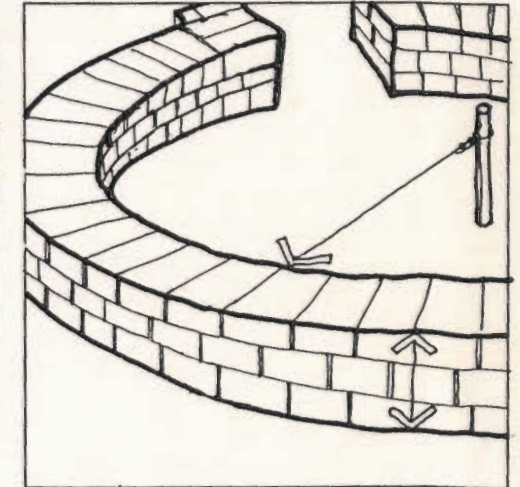
1. Les blocs des murs sont alignés sur le poteau central à l'aide du fil de fer et posés sur un lit de mortier. Remplissez les espaces entre les blocs de mortier.



2. Le "papillon" qui montre le bord intérieur du mur (B) permet de poser chaque bloc à la bonne distance du poteau central.



3. A l'entrée de la pièce renforcez les jambages de la porte en agrandissant la largeur du mur.



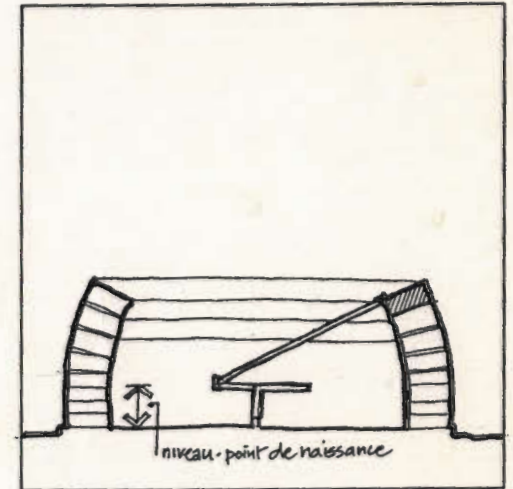
4. Evitez les joints verticaux superposés. Montez les murs jusqu'au point de naissance de la coupole (dimension donnée sur les plans).

## Le bas de la coupole

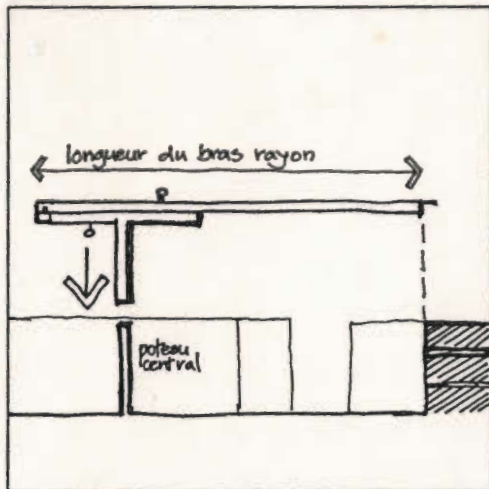


La coupole de la case ronde repose sur le mur (un cercle de blocs).

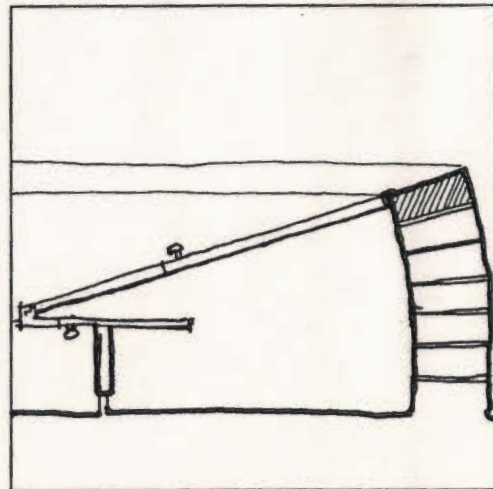
La première partie de la coupole - le bas - est construite avec de grands blocs (exemple 40 x 18 x 15 cm).



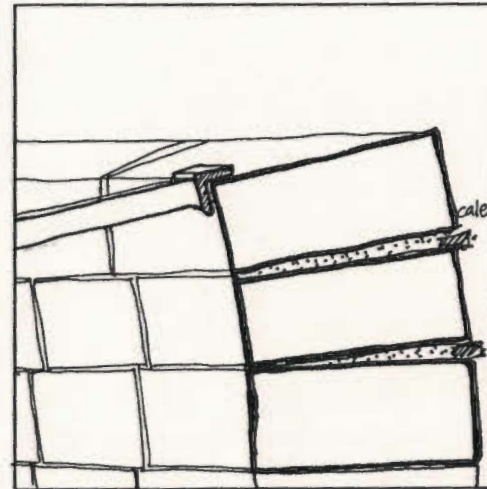
1. Ajustez la hauteur du guide mobile pour qu'elle soit au même niveau que le point de naissance de la coupole.



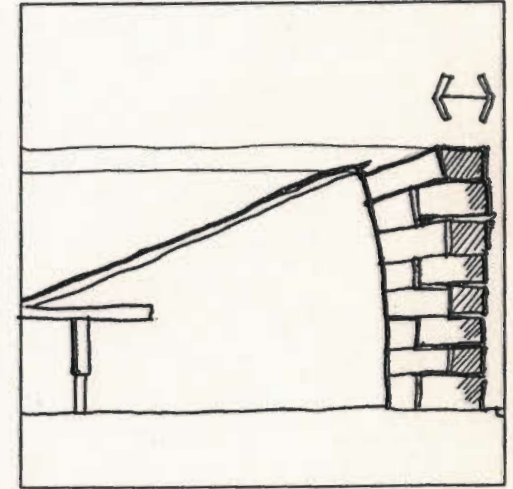
2. Ajustez la longueur du bras rayon du guide mobile pour que le bout touche le bord intérieur du mur. Montez-le sur le poteau central.



3. Le bras rayon montre la distance entre le centre et chaque bloc.



4. Le bras rayon montre l'angle selon lequel chaque bloc doit être posé. Calez les blocs du côté extérieur du mur avec des pierres.

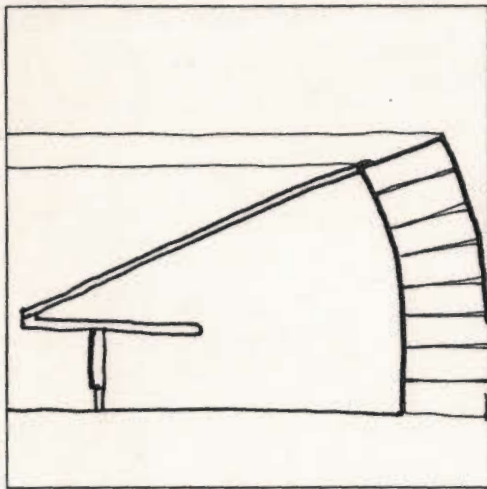


5. A l'entrée, au moment de poser chaque assise, montez aussi un petit mur droit de chaque côté.

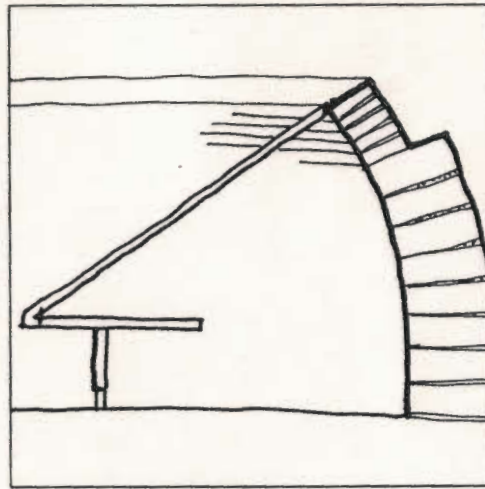
## Le haut de la coupole



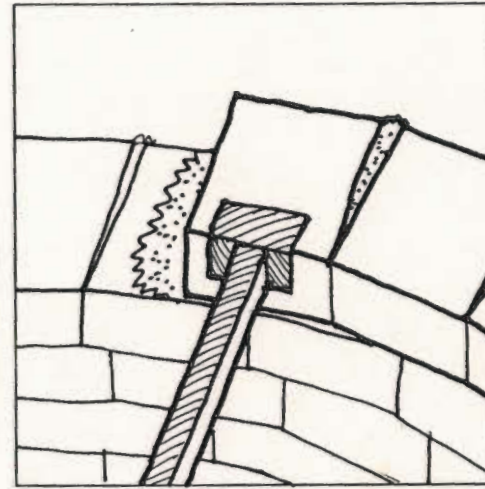
La deuxième partie de la coupole - le haut - est construite avec de petites briques (exemple 20 x 15 x 6 cm).



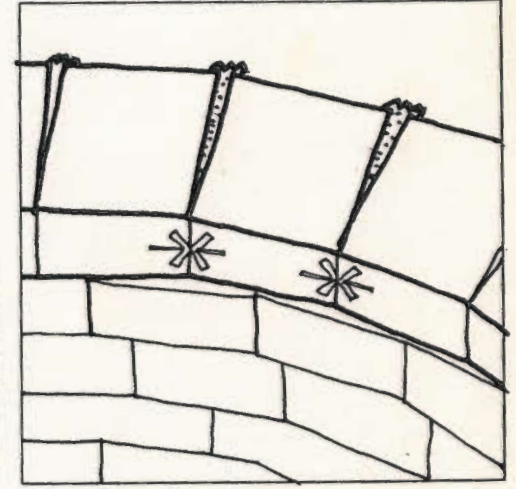
1. Quand l'angle devient aigu, la pose de grands blocs n'est plus conseillée. Continuez avec de petites briques.



2. Le guide mobile montre la distance du centre et l'angle de chaque brique, comme pour la première partie (le bas) de la coupole.



3. Posez chaque brique sur un mortier de terre. Remplissez les espaces du côté extérieur des briques avec du mortier.



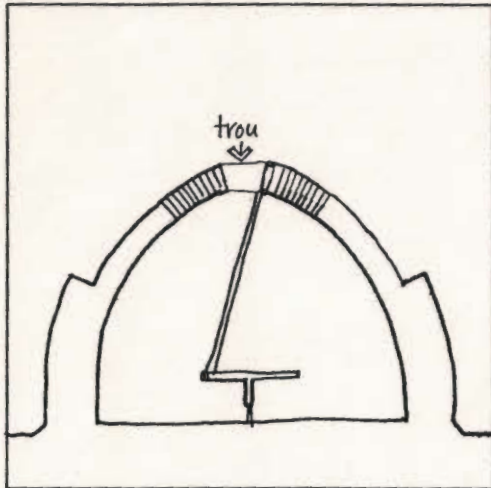
4. Attention - les faces intérieures des briques doivent se toucher.

## Pour finir la coupole

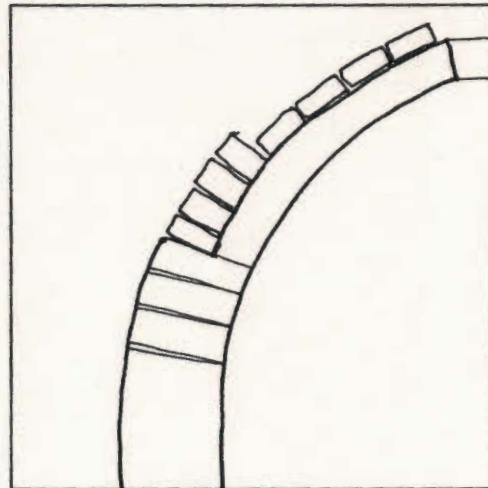


Il existe deux façons de finir la coupole:

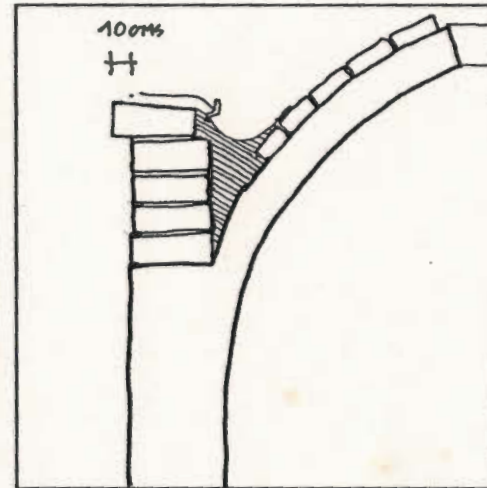
- sans acrotère,
- avec acrotère.



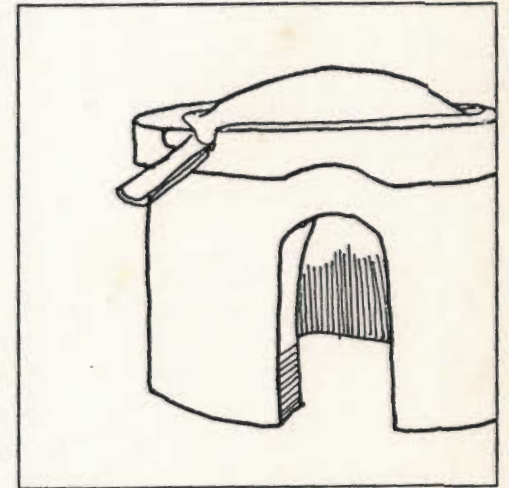
1. La coupole est terminée. On peut laisser un trou de ventilation en haut.



2. Si vous ne voulez pas d'acrotère, montez quatre assises de briques à l'extérieur de la coupole. Terminez par des briques posées sur le côté.



3. Montez l'acrotère, s'il y en a un, droit. Terminez par une assise qui déborde de 10cm. Remplissez entre l'acrotère et la coupole avec une terre sableuse damée.

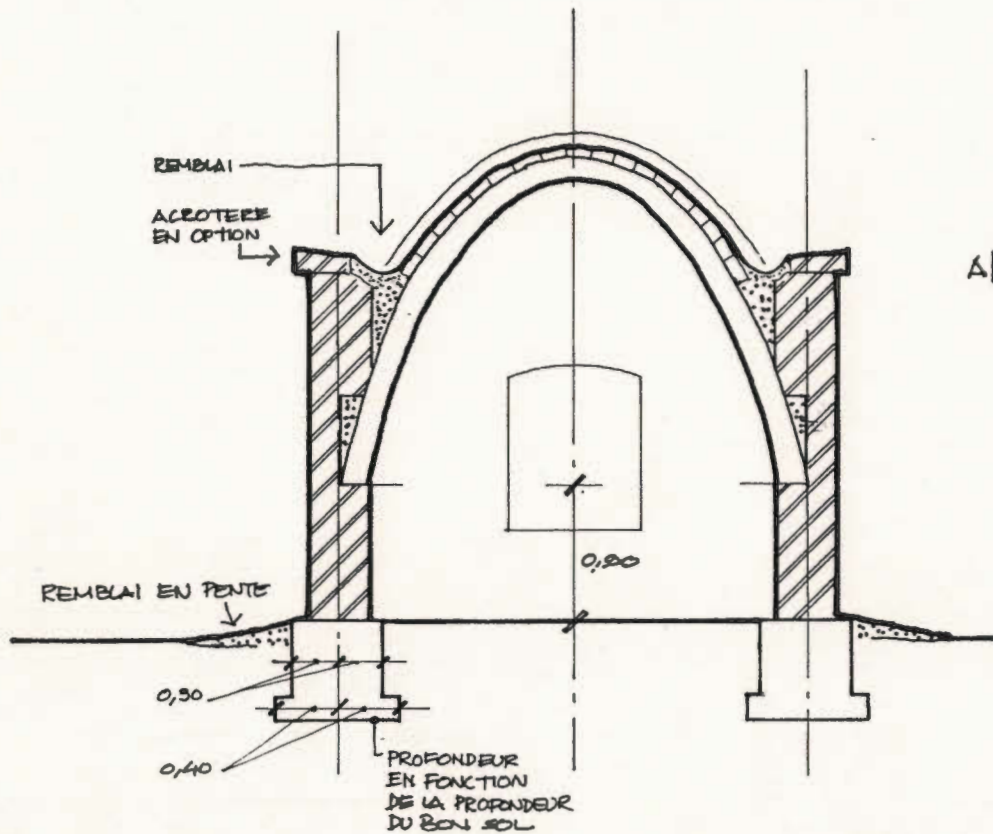


4. Placez une gargouille (comme pour la coupole sur base carrée). Vérifiez que le remplissage derrière l'acrotère soit un peu en pente pour que l'eau s'écoule.

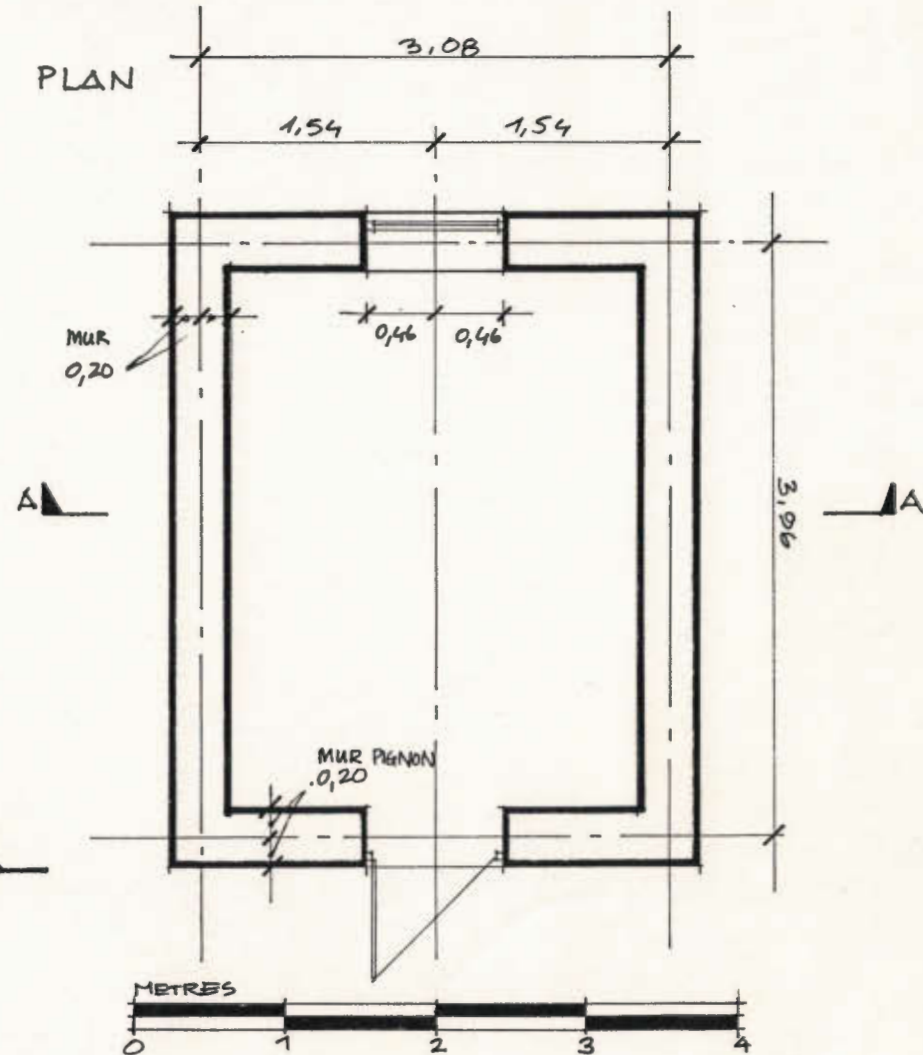
**La vouîte**

# Plan et coupe de la voûte

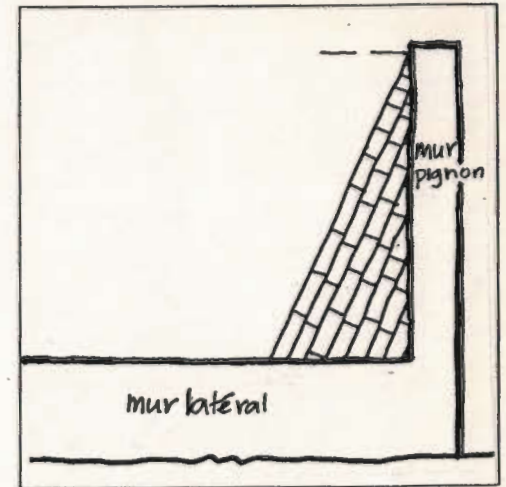
COUPE



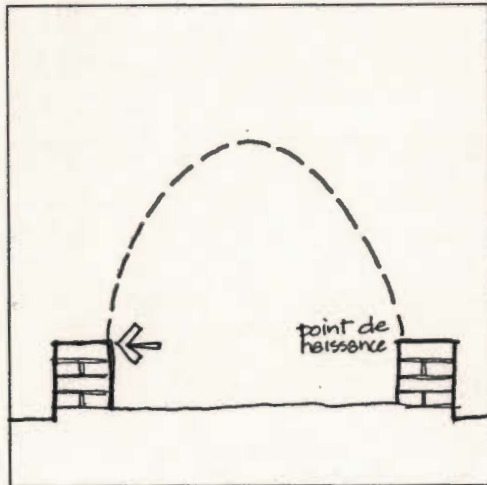
PLAN



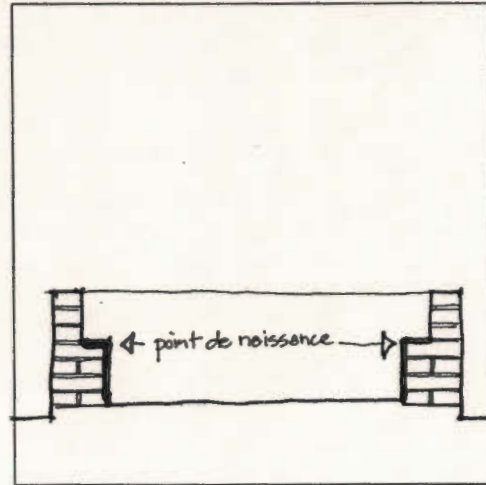
## Les murs latéraux



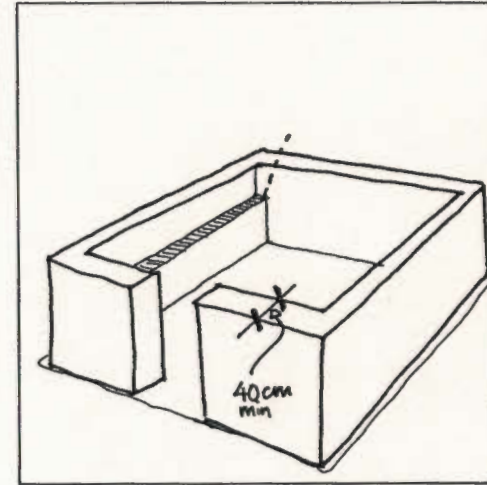
La voûte repose sur deux petits murs latéraux. La voûte sera inclinée à chaque bout vers les murs pignons.



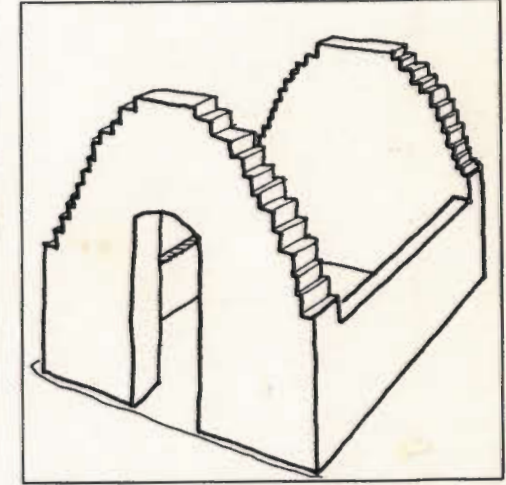
1. Construisez les quatre murs jusqu'au niveau du point de naissance de la voûte.



2. Montez encore trois assises, en réduisant de moitié l'épaisseur des deux murs latéraux.



3. Les murs pignons doivent avoir au moins 40cm d'épaisseur.



4. Continuez de monter uniquement les deux murs pignons en forme de voûte.

# Tracé de la voûte - une flèche à 56% de la portée

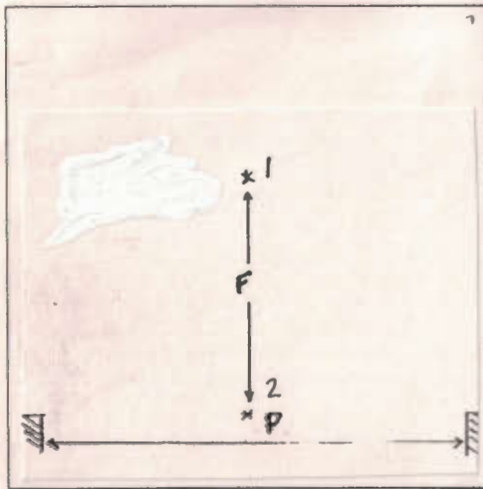
Ce tracé donne une voûte relativement basse, ce qui peut économiser le nombre de briques utilisées pour la construction de la voûte, mais qui exerce aussi une poussée latérale plus forte.

Ainsi attention! il n'est pas conseillé sur des murs latéraux élevés.

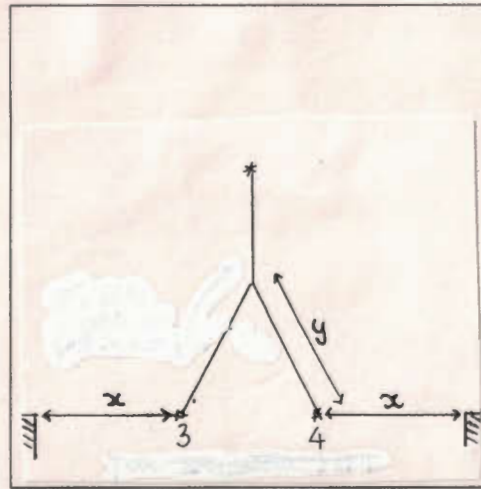
Cette page donne les dimensions dont vous aurez besoin pour tracer cette voûte, et les principes à suivre. Ensuite, voir page 66 pour comment procéder en pratique.

P	.48	.92	1.36	1.80	2.24	2.68	3.12	3.56	4.00	4.44	4.88	5.32
F	.27	.52	.76	1.01	1.25	1.50	1.75	1.99	2.24	2.49	2.73	2.98
x	.16	.31	.45	.60	.75	.89	1.04	1.19	1.33	1.48	1.63	1.77
y	.16	.31	.45	.60	.75	.89	1.04	1.19	1.33	1.48	1.63	1.77

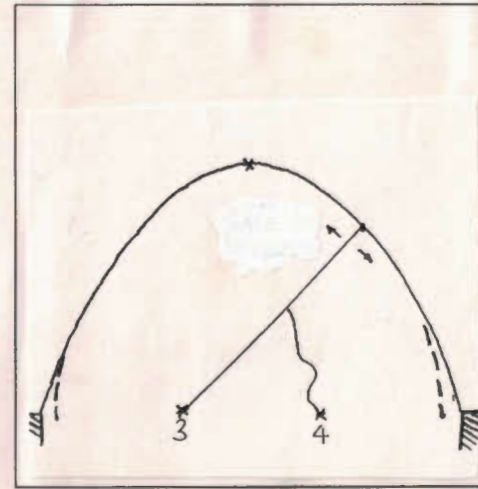
1. Sélectionnez sur le tableau ci-dessus la portée (P) voulue.



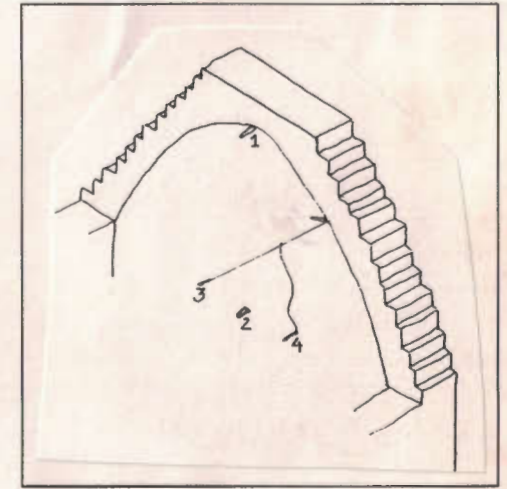
2. Enfoncez les clous ou les piquets 1 et 2. La distance entre les deux est égale à la hauteur de la flèche (F).



3. Enfoncez les clous ou les piquets 3 et 4 en mesurant x, la distance du mur. Confectionnez une corde (ou un fil de fer), reliant 1, 3, et 4, selon la dimension y.



4. Tracez la courbe. La courbe s'écartera légèrement des murs (voir pointillé). Rectifiez à l'oeil.



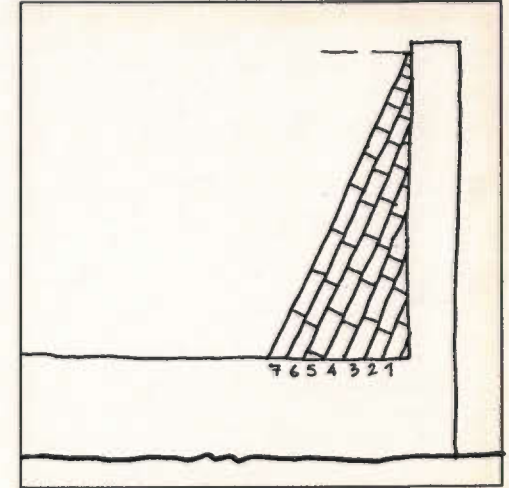
5. Voir page 66 pour procéder en pratique.

## Les premières assises de la voûte

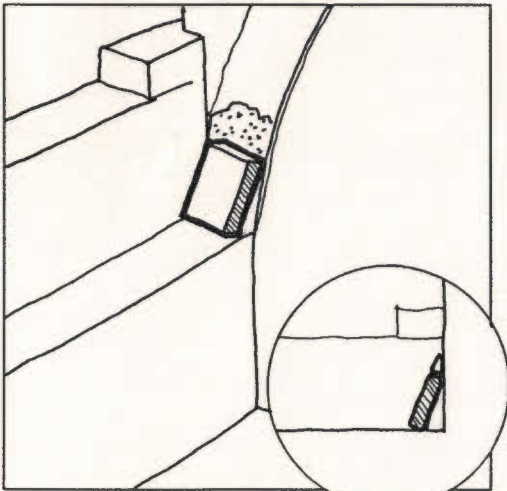


Pour la pose des briques de la voûte, les briques doivent être inclinées vers les murs pignons aux deux bouts de la voûte.

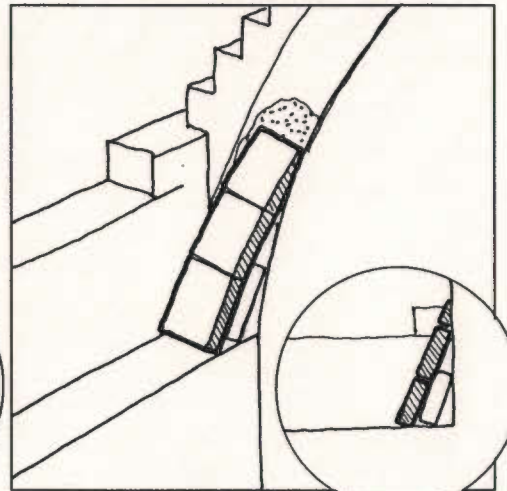
Pour former cet angle d'inclinaison, il faut monter plusieurs assises incomplètes de chaque côté des murs pignons.



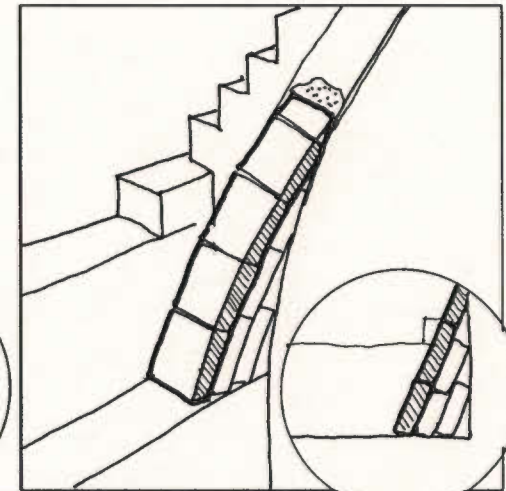
Par exemple, pour une voûte de 3m de portée, il faut compter 6 ou 7 assises *incomplètes* avant de poser une assise qui fera la courbe complète.



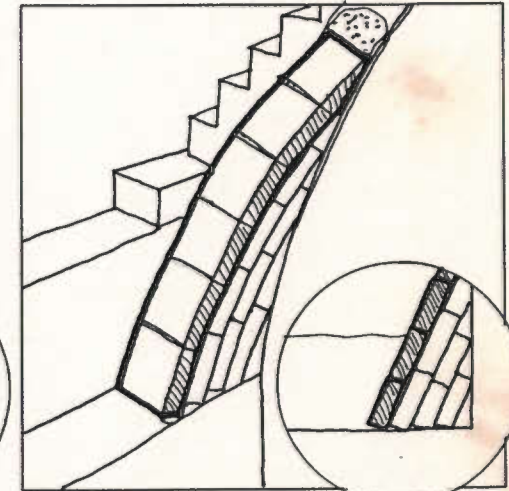
1. Commencez par poser une brique entière inclinée vers le mur pignon. Posez-la dans un lit de mortier et remplissez les espaces de mortier.



2. Continuez de poser les assises suivant la même inclinaison. Taillez la dernière brique, s'il le faut, pour bien aboutir contre le mur.



3. Recommencez pour la troisième assise et ainsi de suite. Suivez la courbe de la voûte. Les briques seront plus écartées vers l'extérieur.



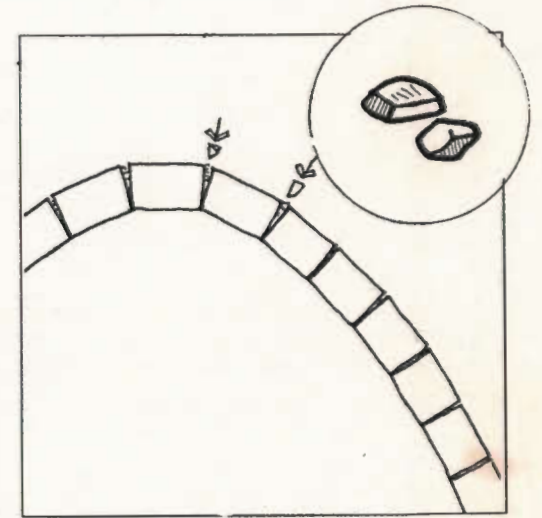
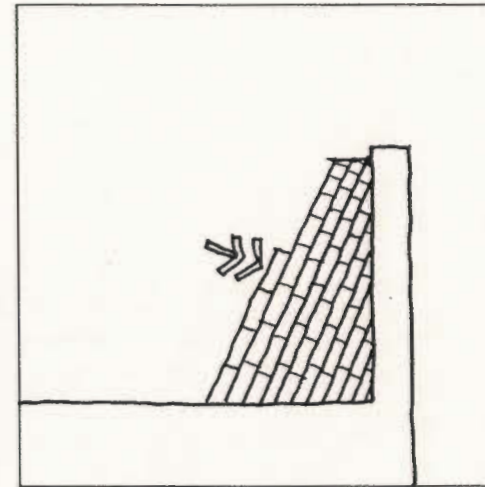
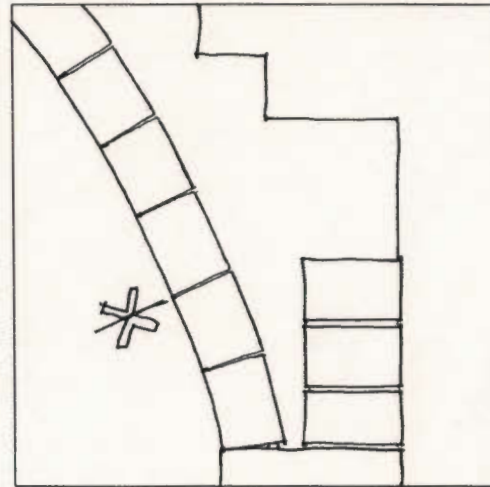
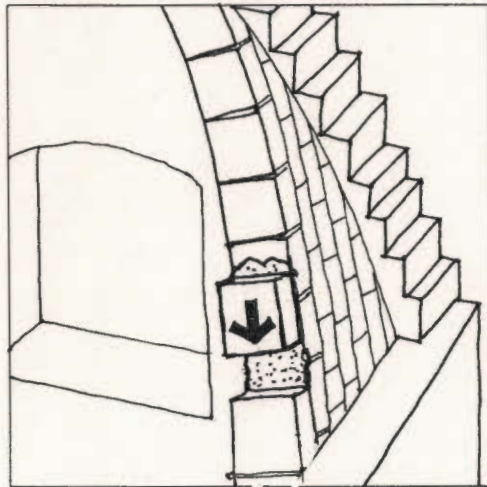
4. Procédez de la même façon dans les deux coins des murs pignons.

# La pose des briques de la voûte



Pour réussir la voûte il faut faire très attention de bien poser les briques.

Contrôlez régulièrement à l'oeil la forme de la voûte.



1. Chaque brique est posée sur un lit de mortier frais - n'étalez qu'un peu de mortier à la fois. Glissez la brique vers le bas.

2. La face intérieure de chaque brique doit *toucher* la brique précédente de la même assise.

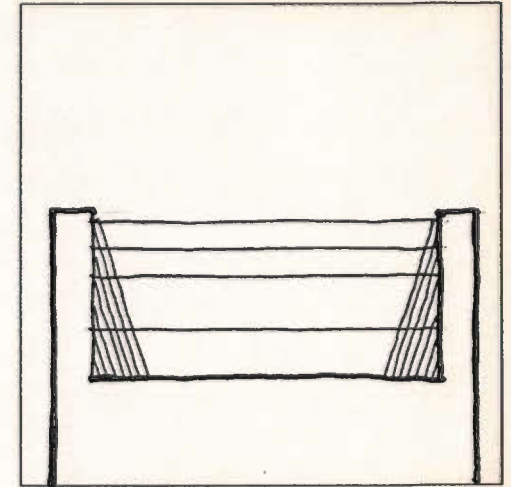
3. En même temps, tapez sur chaque brique vers le mur pignon pour qu'elle adhère bien à l'assise précédente.

4. Calez l'espace entre les faces extérieures des briques avec de petites pierres. Remplissez de mortier.

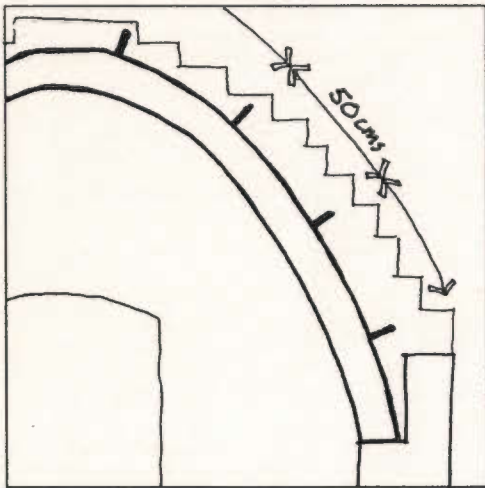
## Les ficelles guides



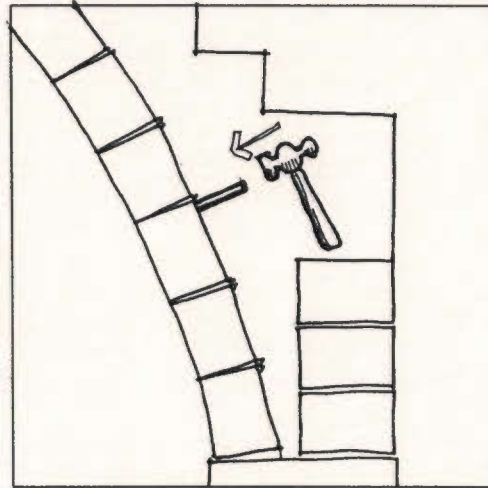
Pour vous aider à bien respecter la forme de la voûte, attachez des ficelles guides entre les deux murs pignons qui montrent la courbe à suivre.



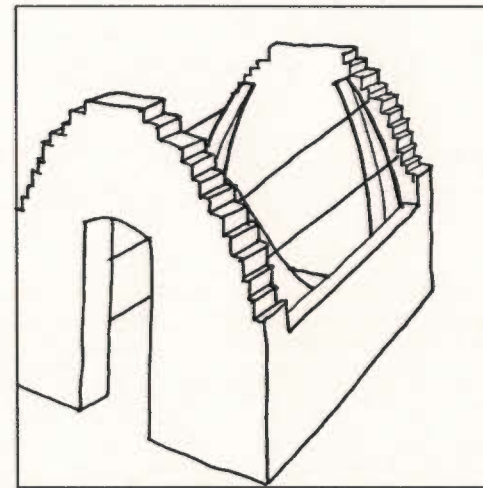
Les ficelles seront tendues horizontalement entre les deux murs pignons.



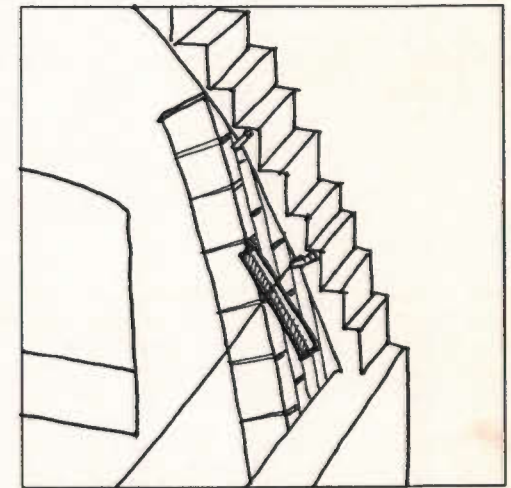
1. Attachez une ficelle tous les 50cm autour de la voûte.



2. Enfoncez des piquets dans la voûte à côté du mur pignon pour attacher les ficelles. Faites la même chose sur l'autre mur pignon.



3. Tendez bien les ficelles entre les murs pignons opposés.



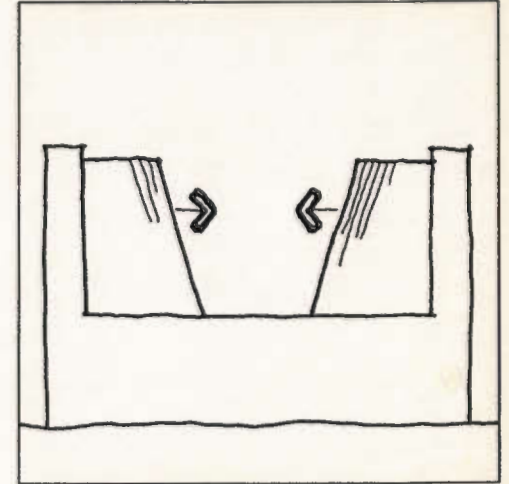
4. La ficelle doit être tendue à une petite distance de la voûte. Utilisez un morceau de bois pour contrôler cette distance tout au long de la voûte.

## Le milieu de la voûte

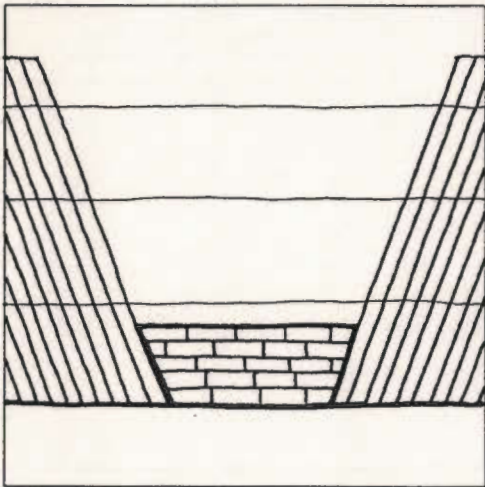


Au fur et à mesure que les deux bouts de la voûte se rapprochent au milieu, il devient plus difficile de travailler.

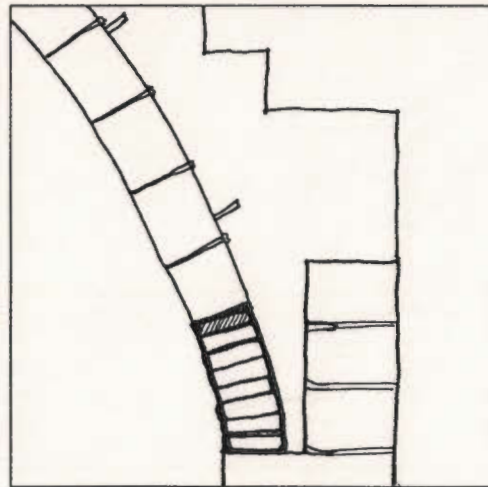
On remplit l'espace au milieu en alternant des assises horizontales et verticales.



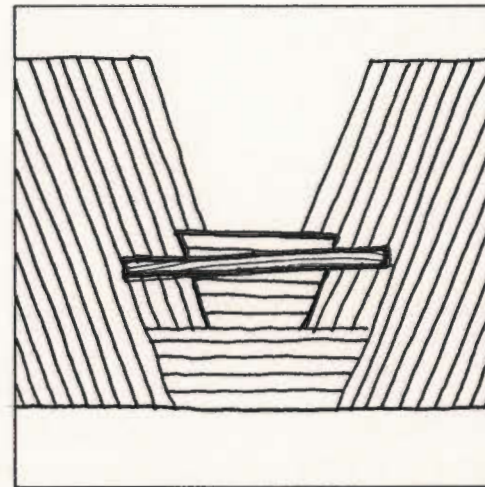
1. Construisez les deux côtés de la voûte vers le milieu.



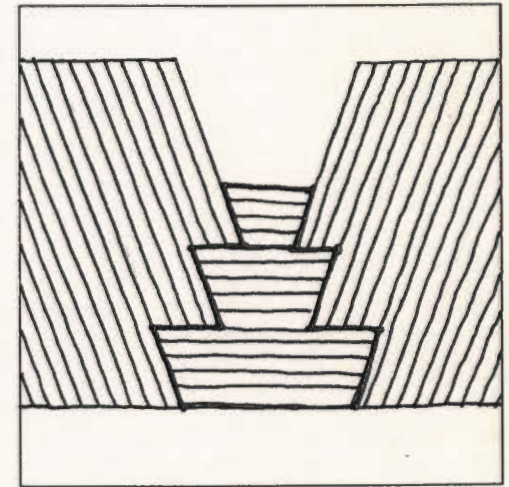
2. Quand il n'y a plus assez de place pour travailler facilement au milieu, posez quelques assises horizontales sur les murs latéraux.



3. Les assises horizontales doivent suivre la courbe de la voûte. Utilisez les ficelles et contrôlez à l'oeil.

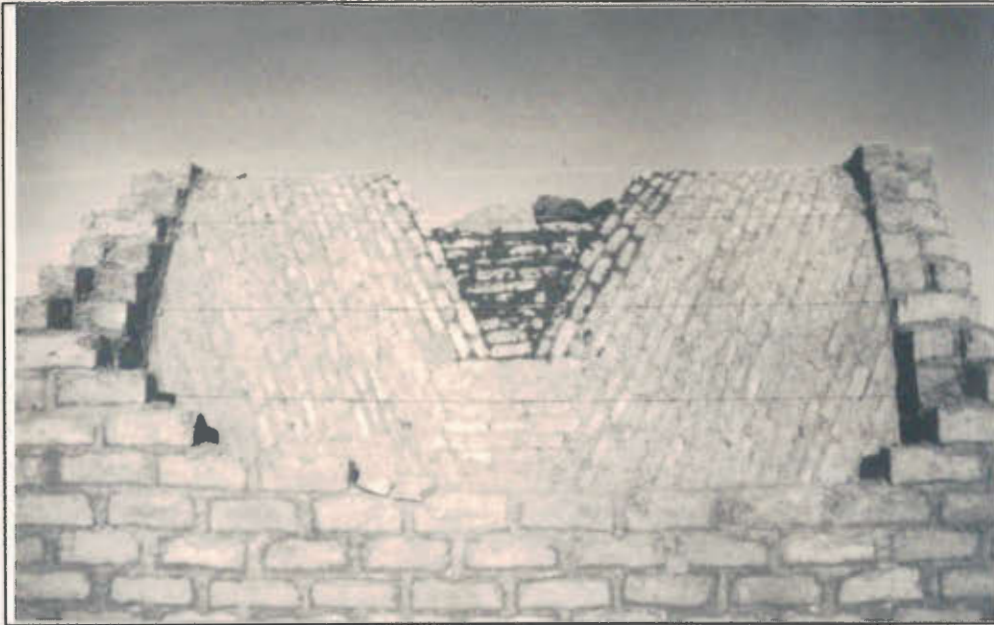


4. Posez encore des assises "verticales", puis horizontales. Contrôlez l'alignement avec les ficelles et un bout de bois tenu entre les assises "verticales".

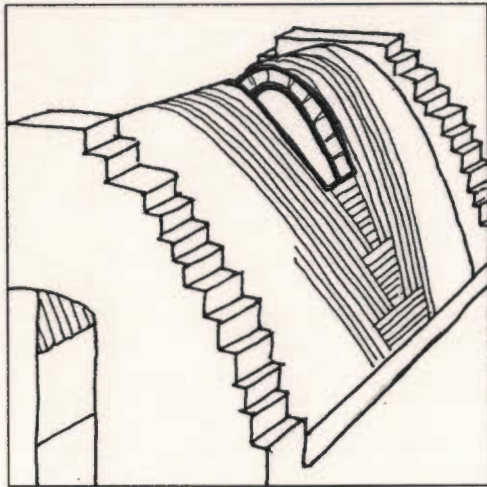


5. Continuez de monter le milieu de la voûte: les dernières assises seront verticales (voir page suivante).

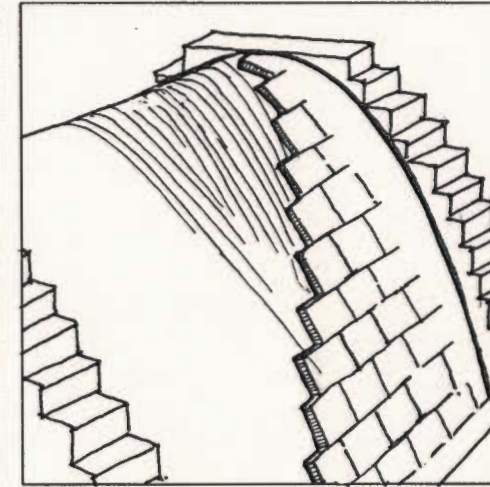
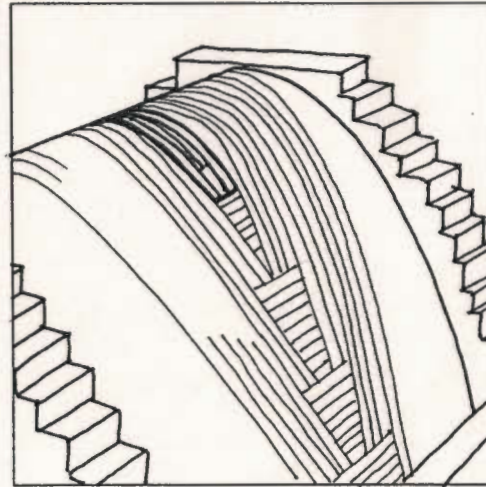
## Pour terminer la voûte



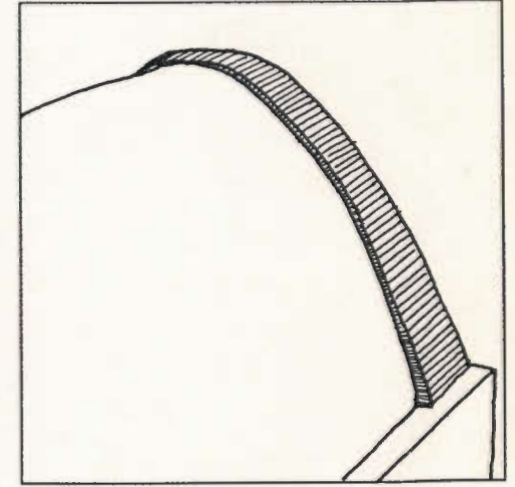
La pose d'une couche supplémentaire de briques sur la voûte améliore l'isolation thermique et permet de créer un meilleur joint entre la toiture et le remblayage nécessaire pour l'écoulement de l'eau.



1. Posez les dernières assises verticales pour finir la voûte.

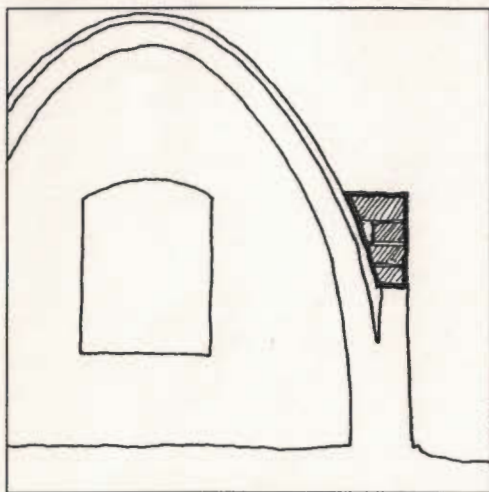


3. Posez une couche de briques à plat sur un lit de mortier et mettez du mortier entre les briques.

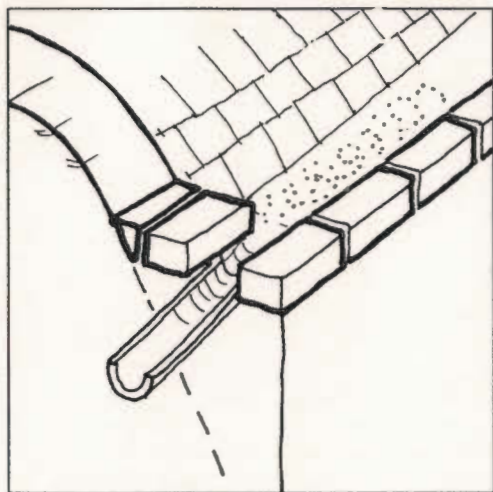


4. Taillez le mur pignon.

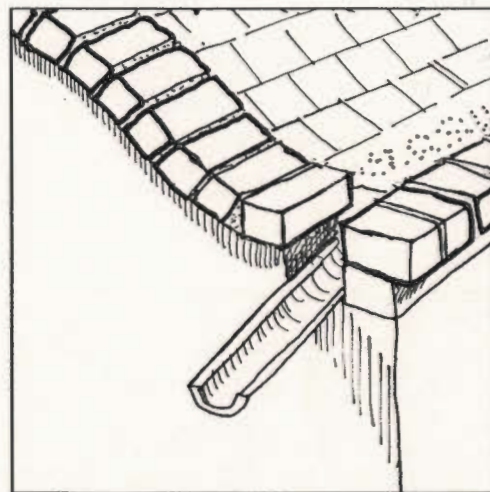
## L'évacuation d'eau de la voûte



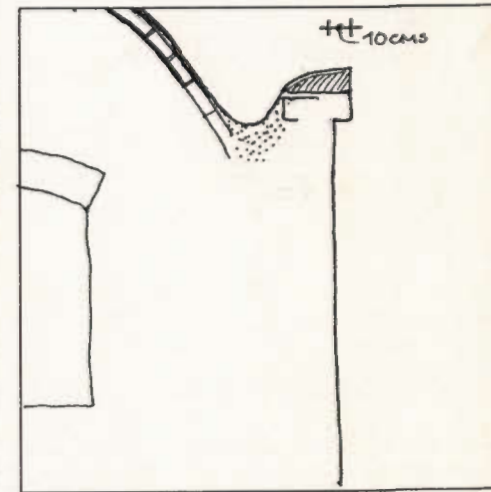
1. Sur les murs latéraux, montez encore quelques assises de blocs. Taillez les blocs pour qu'ils adhèrent bien à la voûte. Remplissez tous les espaces de mortier.



2. Faites une faible pente vers un des murs pignons pour que l'eau puisse s'écouler.



3. Placez une gargouille de chaque côté de la voûte. Posez des blocs (exemple 40 x 18 x 15 cm) pour former l'acrotère, si vous le souhaitez.



4. La saillie de l'acrotère ne doit pas dépasser 10cm.

**Protégez votre bâtiment!**

---

# Protéger le bâtiment contre la pluie

---

**Il est d'une importance primordiale d'assurer une évacuation rapide des eaux de pluie, d'abord du toit, et ensuite hors des alentours du bâtiment.**

## **Les enduits**

**Il est aussi important de protéger votre bâtiment avec un enduit. Cependant, le choix d'un bon enduit n'est pas facile.**

**Les enduits à base de ciment (ferro-ciment, mortier de ciment...) sont durs, mais risquent de se fissurer. L'eau qui pénètre par les fissures et mouille la structure peut éventuellement entraîner l'effondrement du bâtiment. Aussi faites très attention quant à l'emploi du ciment et, en tous cas, ne manquez pas de faire des joints de dilatation.**

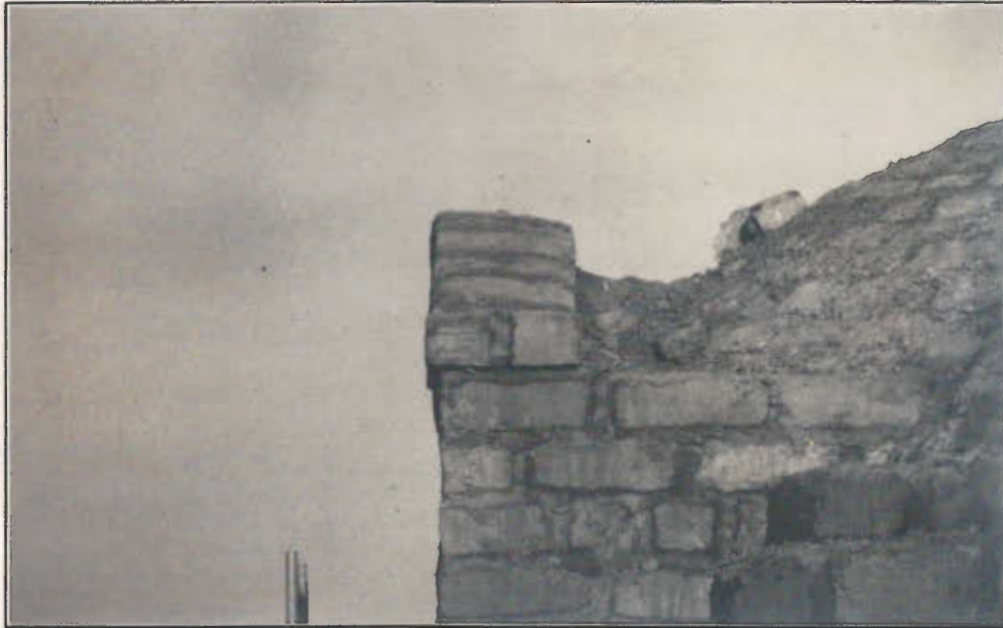
**En zone rurale, un enduit "traditionnel" en terre peut présenter la meilleure solution, surtout si vous constatez que ce type d'enduit offre une bonne protection à d'autres bâtiments dans votre localité. Le mode de préparation et d'application de l'enduit est important: consultez plusieurs maçons locaux pour trouver les meilleures techniques. De plus, ces enduits demandent toujours un entretien régulier - après chaque pluie il est nécessaire de monter sur le toit pour vérifier son état. Si l'enduit a été érodé ou s'il y a des dégâts quelconques, apportez immédiatement les réparations nécessaires. Et surtout vérifiez que le toit soit en bon état avant la saison des pluies.**

**Si vous souhaitez essayer un nouvel enduit, ou une variante jusque là inconnue dans votre région, faites des essais sur une petite surface de mur avant de procéder à une application plus importante.**

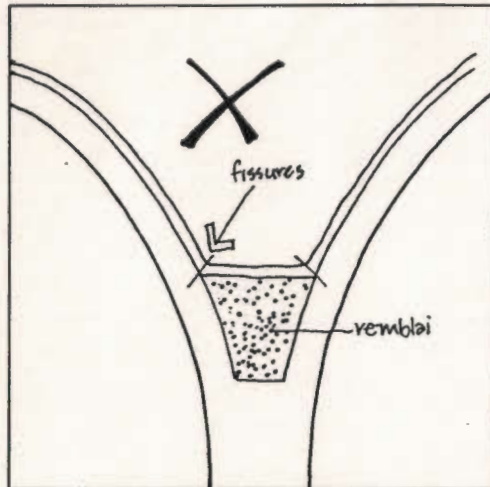
## **Les acrotères**

**Il n'est pas indispensable de construire un acrotère, surtout si vous êtes dans une zone de très faible pluviométrie. Par contre les acrotères peuvent faciliter la canalisation des eaux de pluie vers les gargouilles et leur construction est donc conseillée en zone de pluviométrie plus forte. Nous avons conseillé dans les pages précédentes une forme possible d'acrotère pour chacun des types de bâtiments proposés. Notons également que l'acrotère peut apporter un élément décoratif, permettant de modifier l'aspect du bâtiment.**

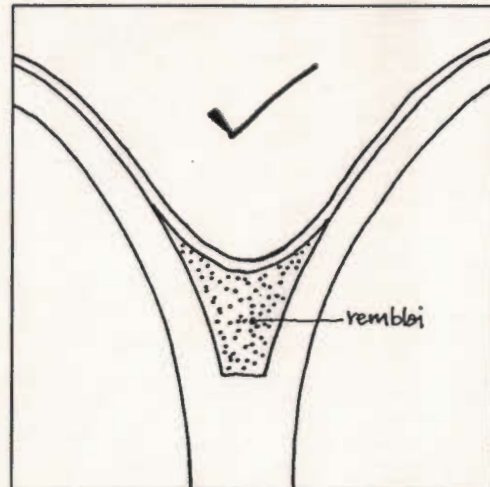
# Le remblai



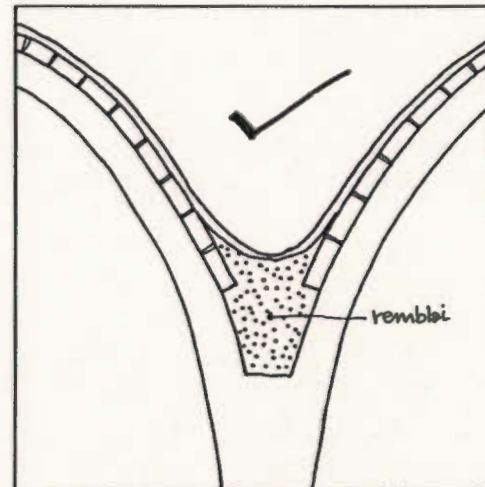
La forme du toit doit assurer l'écoulement de l'eau vers les gargouilles. Le remblai permet de créer les pentes nécessaires. Utilisez un sol sableux qui contient juste assez d'argile pour durcir en séchant. Ajoutez le remblai en couches successives de 3-4 cm. Evitez d'utiliser des briques cassées posées dans un mortier argileux, ou encore des déchets du chantier, qui se fissureraient!



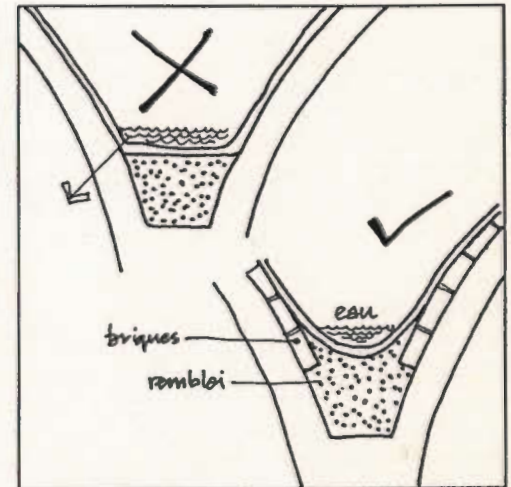
1. Attention! La chaleur risque de provoquer des fissures entre deux couches de matériaux d'épaisseur différente.



2. Pour éviter que ces fissures ne se produisent, augmentez l'épaisseur du remblai progressivement (voir dessin ci-dessus).



3. Une couche supplémentaire de briques sur la voûte ou coupole et au-dessus du remblai, l'ensemble étant revêtu d'un enduit, donne une finition plus homogène.



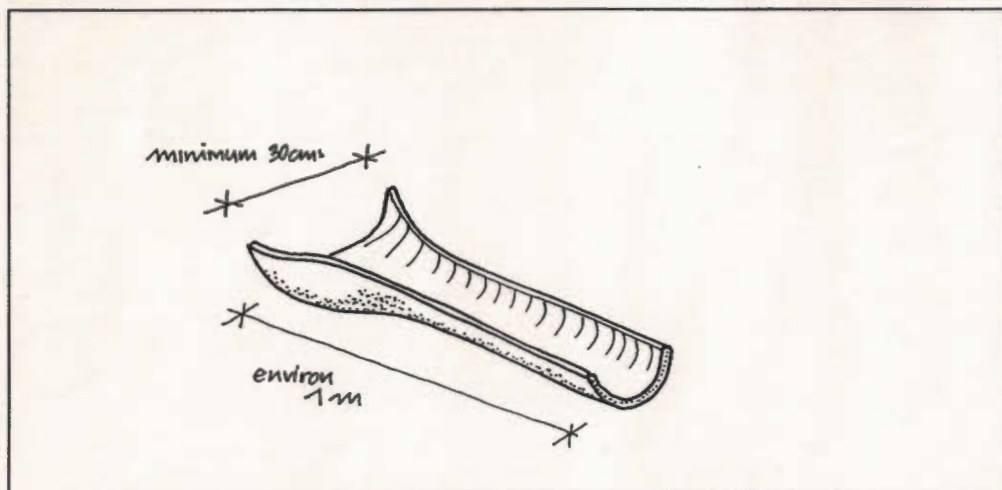
4. Le profil des creux créés par le remblai doit être arrondi pour éviter au maximum que l'eau ne coule sur la jonction entre remblai et maçonnerie.

# Les gargouilles

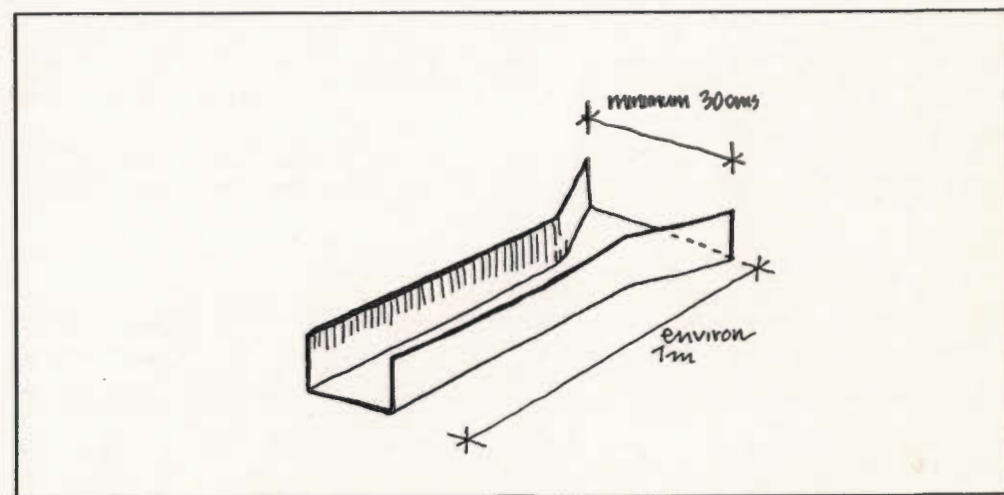


Les gargouilles doivent être de préférence à profil courbé. L'utilisation de tuyaux en métal est à éviter, d'une part parce qu'ils risquent de se boucher et d'autre part, parce qu'il est très difficile d'obtenir un joint étanche entre le tuyau et le toit.

Nous proposons ici deux modèles de gargouilles.



1. Fabriquez une gargouille en ferro-ciment, suivant la forme montrée ci-dessus.

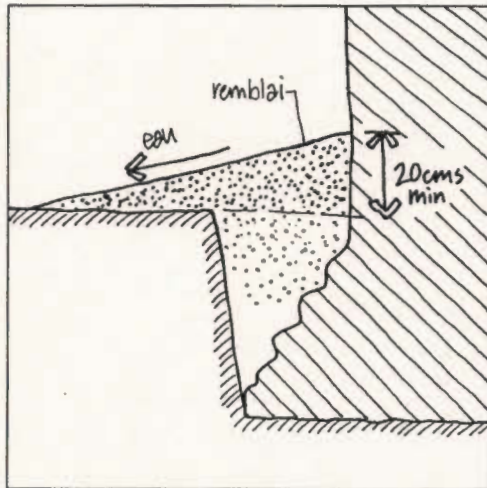


2. Confectionnez une gargouille en tôle (par exemple en utilisant un vieux bidon) suivant la forme montrée ci-dessus.

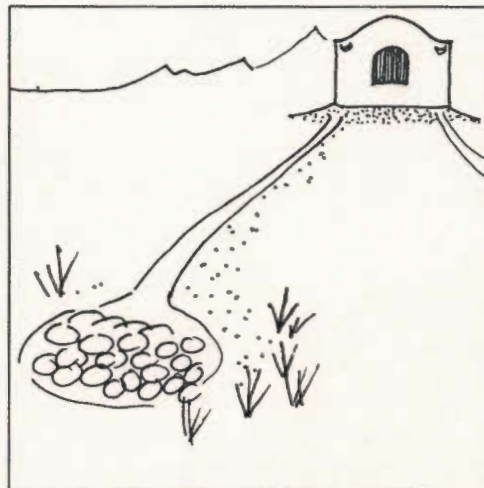
# L'évacuation d'eau hors des alentours du bâtiment

La présence d'eau près des murs et des fondations peut entraîner de sérieux dégâts.

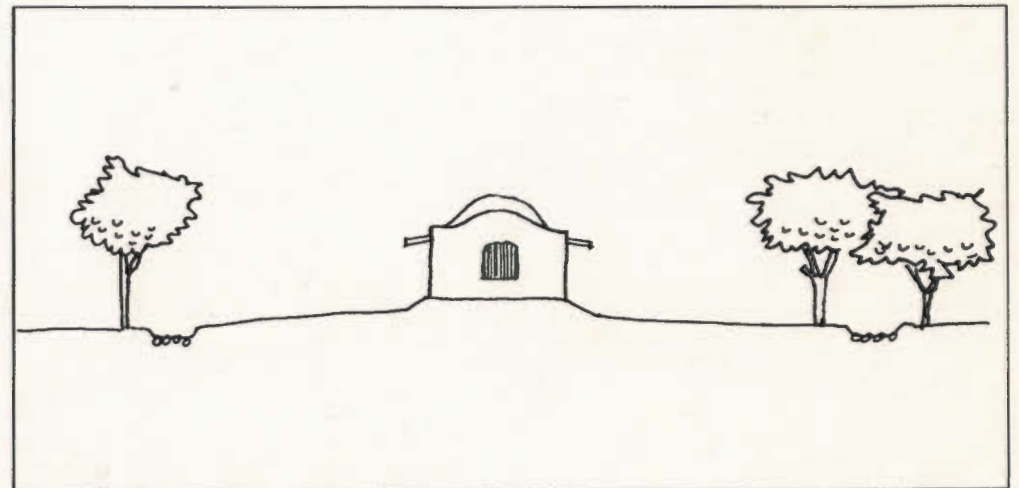
Assurez-vous que l'eau sera évacuée loin du bâtiment.



1. Les fondations doivent monter au moins à 20 cm au-dessus du sol. Ceci permet d'ajouter un remblai en pente pour évacuer l'eau.



2. On peut souvent exploiter l'évacuation de l'eau - canalisez l'eau vers des puits perdus, à une certaine distance du bâtiment.



3. Plantez des arbres à côté des puits perdus - ils amélioreront le confort de votre concession.

Cet ouvrage  
a été achevé d'imprimer  
le 30 mai 1990  
par l'Imprimerie Raimbaud  
à Cahors  
pour Development Workshop (France).

Dépôt légal : juin 1990.