

MANUEL DU MAÇON NUBIEN

Règles professionnelles du
Concept Technique
Voûte Nubienne

EDITION 2024



AVERTISSEMENT

Ce manuel, produit et diffusé par l'association « la Voûte Nubienne » (AVN), regroupe les règles et recommandations techniques de base devant orienter la construction de bâtiments en Voûtes Nubiennes (VN) dans les pays où le marché VN se diffuse, et plus généralement en zones de type sahéliennes.

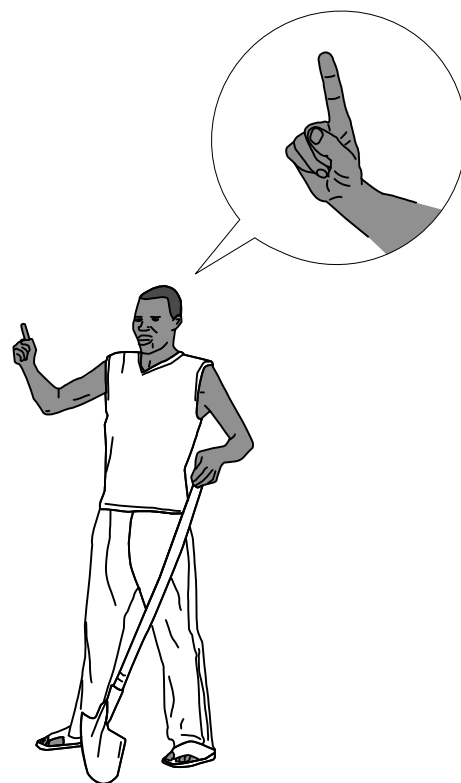
L'utilisation du concept technique VN sous des climats plus humides et tropicaux n'est pas validée par AVN et supposerait au préalable de procéder à des expérimentations in situ en vue de son adaptation.

Ces informations représentent la somme des expériences acquises par AVN et les maçons VN depuis l'ouverture du programme de vulgarisation du concept VN en 2000. Elles s'inscrivent dans les contraintes techniques précises proposées par AVN afin de garantir le maximum de sécurité des réalisations VN et une transmission optimum du savoir faire VN.

Ce manuel s'adresse principalement aux artisans et maçons VN et vient compléter, renforcer et rappeler les connaissances acquises sur les chantiers. Il sert également de support dans le cadre de la formation des nouveaux apprentis.

Il ne peut être considéré comme une « méthode de construction » et ne peut remplacer la formation acquise sur des chantiers et transmise par des maçons VN expérimentés. L'utilisation de ce document ne peut donc en aucun cas garantir une mise en œuvre correcte et une construction de qualité. Ainsi la diffusion et l'utilisation de ce document ne peut engager la responsabilité d'AVN quand à des malfaçons ou sinistres constatés sur des chantiers VN.

Thomas Granier
Fondateur - Directeur général



SECTION 1 : NOTIONS PRÉALABLES

- S1 - 1** PARTIES D'UNE CONSTRUCTION EN VOÛTE NUBIENNE
- S1 - 2** SE PROTÉGER DE L'EAU
- S1 - 3** EXIGENCES DE SUIVI ET D'ENTRETIEN

SECTION 2 : DÉFINITION ET GESTION CHANTIER**1 - RÈGLES D'OCCUPATION D'UN TERRAIN**

- S2 - 1.1** Positionnement
- S2 - 1.2** Drainage au sol

2 - LIMITES STRUCTURELLES

- S2 - 2.1** Dimensions d'une voûte
- S2 - 2.2** Hauteur de naissance de voûte (HNV)

3 - QUANTITÉS

- S2 - 3.1** Exemples d'abaques de matériaux
- S2 - 3.2** Exemples équipes et durée chantier

4 - MATÉRIEL DE CHANTIER

- S2 - 4.1** Gros matériel
- S2 - 4.2** Petit matériel et câble compas

SECTION 3 : MATÉRIAUX**1 - BRIQUES ET MORTIERS**

- S3 - 1.1** Préparation des terres
- S3 - 1.2** Dimensions des briques
- S3 - 1.3** Moule pour les grandes briques
- S3 - 1.4** Moule pour les petites briques
- S3 - 1.5** Préparation des briques
- S3 - 1.6** Briques Banco Surface Cailloux (BBSC)★AD

2 - ESSAIS TERRES ET MATÉRIAUX TRANSFORMÉS

- S3 - 2.1** Essais d'identification des terres
- S3 - 2.2** Essais de validation des matériaux transformés

3 - AUTRES MATÉRIAUX

- S3 - 3.1** Autres matériaux courants
- S3 - 3.2** Blocs de pierre ou de ciment ★AD
- S3 - 3.3** Dosages de ciment divers ★AD

SECTION 4 : DIMENSIONNEMENTS ET MISE EN ŒUVRE DU GROS-ŒUVRE**1 - FONDATIONS**

- S4 - 1.1** Dimensionnement des fondations
- S4 - 1.2** Implantation
- S4 - 1.3** Fouilles
- S4 - 1.4** Fondations en pierre et mortier
- S4 - 1.5** Fondations en pisé ★AD

2 - SOUBASSEMENTS

- S4 - 2.1** Pieds de murs renforcés par un banc ★AD
- S4 - 2.2** SoubassementS en blocs de pierre ou de ciment ★AD
- S4 - 2.3** Soubassements en béton cyclopéen ★AD

3 - MURS

- S4 - 3.1** Dimensionnements des murs
- S4 - 3.2** Principes d'appareillages des murs et soubassements
- S4 - 3.3** Autres exemples d'appareillages
- S4 - 3.4** Principes de pose
- S4 - 3.5** Murs mixtes ★AD
- S4 - 3.6** Murs mixtes avec BBSC ★AD
- S4 - 3.7** Barrière capillaire ★AD

4 - OUVERTURES

- S4 - 4.1** Règles pour les ouvertures dans les murs porteurs
- S4 - 4.2** Règles pour les ouvertures dans les murs pignons
- S4 - 4.3** Aérations dans les murs pignons
- S4 - 4.4** Types d'appareillages des portes et fenêtre
- S4 - 4.5** Types d'appareillages des niches
- S4 - 4.6** Protection des appuis d'ouvertures ★AD

5 - CÂBLE-COMPAS

- S4 - 5.1** Câble compas - fabrication
- S4 - 5.2** Câble compas - mise en place

6 - VOUTAINS ET ARCADES

- S4 - 6.1** Coffrages pour les voutains
- S4 - 6.2** Voutains
- S4 - 6.3** Grands arcs dans les murs pignons ★AD

7 - VOÛTE

- S4 - 7.1** Départ de la voûte
- S4 - 7.2** Avancée de la voûte
- S4 - 7.3** Fermeture de la voûte

SECTION 4 : DIMENSIONNEMENTS ET MISE EN ŒUVRE DU GROS-ŒUVRE (SUITE)

8 - CONTREFORTS

S4 - 8.1 Contreforts

9 - TOITURE

S4 - 9.1 Orientation de la pente de toiture
 S4 - 9.2 Pente maçonnerie
 S4 - 9.3 Gouttières
 S4 - 9.4 Bâche plastique et couche de terre
 S4 - 9.5 Murets d'acrotères
 S4 - 9.6 Balustrades maçonneries
 S4 - 9.7 Finitions sur toiture

10 - PROTECTIONS D'ACROTÈRES ET DE BALUSTRADES

S4 - 10.1 Moule pour dalles de ciment ★AD
 S4 - 10.2 Fabrication des dalles de ciment ★AD
 S4 - 10.3 Protection en dalles de ciment ★AD
 S4 - 10.4 Protection en béton armé coffré ★AD

11 - ESCALIERS

S4 - 11.1 Exemples d'escaliers extérieurs ★AD
 S4 - 11.2 Exemples d'escaliers intérieurs ★AD
 S4 - 11.3 Dimensions et traçage des escaliers ★AD
 S4 - 11.4 Escaliers - quelques recommandations ★AD

12 - CONSTRUIRE UN ÉTAGE

S4 - 12.1 Règles pour la construction d'un étage ★AD

13 - AGRANDIR UN BÂTIMENT VN EXISTANT

S4 - 13.1 Ajout d'une voûte - dans le prolongement ou perpendiculairement ★AD
 S4 - 13.2 Ajout d'une voûte adjacente ★AD
 S4 - 13.3 Ajout d'une voûte en étage ★AD

SECTION 5 : OUVRAGES CONNEXES

1 - MENUISERIE

S5 - 1.1 Pose de menuiseries courantes

2 - PETITE MAÇONNERIE

S5 - 2.1 Cloisons lourdes
 S5 - 2.2 Cloisons légères ★AD
 S5 - 2.3 Étagères maçonneries

3 - ÉLECTRICITÉ

S5 - 3.1 Installation électrique ★AD

4 - PLOMBERIE

S5 - 4.1 Installation de plomberie ★AD
 S5 - 4.2 Installation de plomberie en étage ★AD
 S5 - 5.1 Traitement des planchers intérieurs ★AD

SECTION 6 : REVÊTEMENTS

1 - ENDUITS

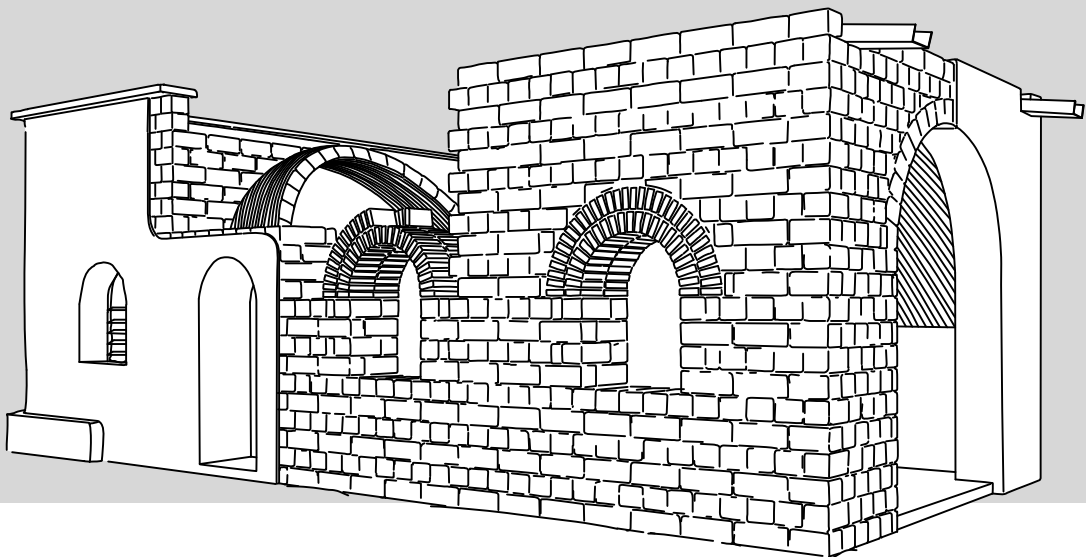
S6 - 1.1 Fiche introductive
 S6 - 1.2 Préparation des supports
 S6 - 1.3 Enduits traditionnels à base de terre
 S6 - 1.4 Enduit stabilisé au bitume pour murs extérieurs ★AD
 S6 - 1.5 Enduit stabilisé au bitume pour toitures ★AD
 S6 - 1.6 Enduit sable-ciment pour murs extérieurs avec BBSC ★AD
 S6 - 1.7 Enduit sable-ciment pour murs intérieurs ★AD

2 - PEINTURES

S6 - 2.1 Badigeons de chaux et peintures ★AD

SECTION 1

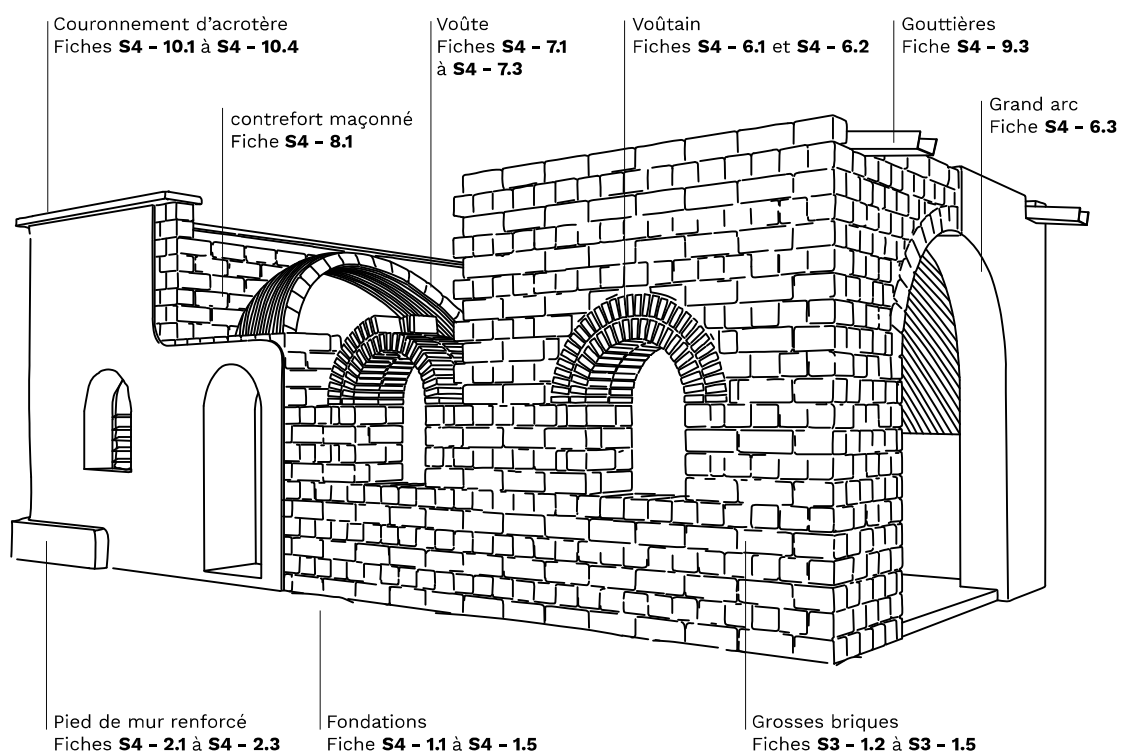
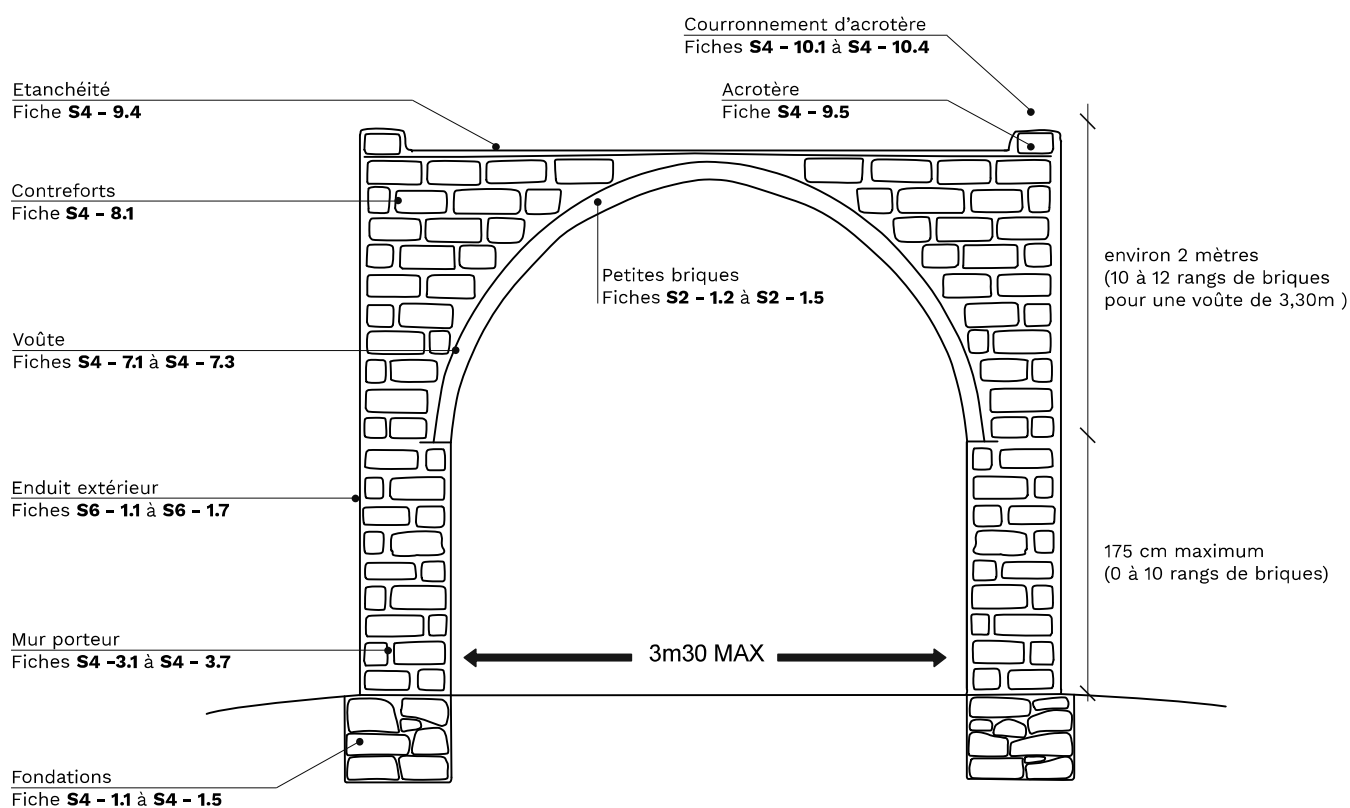
NOTIONS PRÉALABLES



S1 - 1

NOTIONS PRÉALABLES

PARTIES D'UNE CONSTRUCTION EN VOÛTE NUBIENNE



S1 - 2

NOTIONS PRÉALABLES

SE PROTÉGER DE L'EAU

Les bâtiments voûtes nubiennes sont construits en terre crue ; ils doivent donc être protégés de l'eau. Si cette protection est assurée alors leur durabilité est presque illimitée. Il existe différentes solutions qui nécessitent plus ou moins de maintenance à un coût plus ou moins élevé.

Enduits et finitions des murs

Enduits traditionnels à base de terre
Fiche **S6 - 1.3**



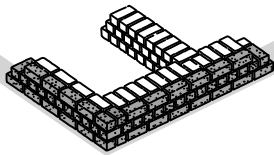
Enduit stabilisé au bitume
Fiche **S6 - 1.4**



Enduit sable-ciment pour murs en BBSC
Fiche **S6 - 1.6**

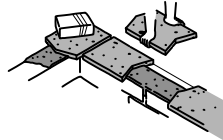


Murs mixtes
Fiche **S4 - 3.5**

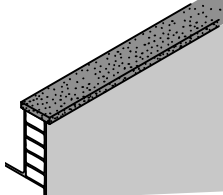


Protections d'acrotères et de balustrades

Protection en dallettes de ciment
Fiches **S4 - 10.1** à **S4 - 10.3**

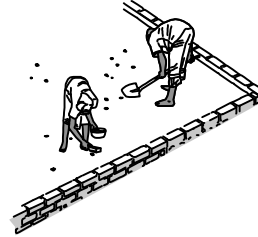


Protection en béton armé coffré
Fiche **S4 - 10.4**

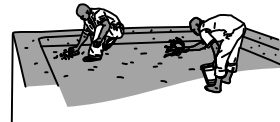


Finitions sur toiture

Enduits traditionnels à base de terre
Fiche **S4 - 9.7**

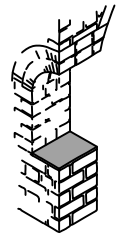


Enduit stabilisé au bitume pour toitures
Fiche **S6 - 1.5**

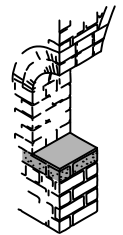


Protection des appuis d'ouvertures

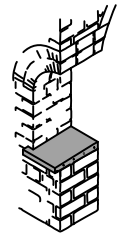
Protection simple
Fiche **S4 - 4.6**



Protection en blocs de pierre ou de ciment
Fiche **S4 - 4.6**

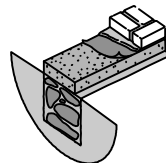


Protection en béton armé coffré
Fiche **S4 - 4.6**



Barrière capillaire

Barrière capillaire
Fiche **S4 - 3.7**

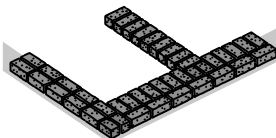


Soubassements

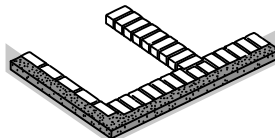
Pieds de mur renforcés par un banc
Fiche **S4 - 2.1**



Soubassement en blocs de pierre ou de ciment
Fiche **S4 - 2.2**

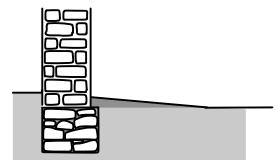


Soubassements en béton cyclopéen
Fiche **S4 - 2.3**



Drainage

Pente en terre compactée
Fiche **S2 - 1.2**



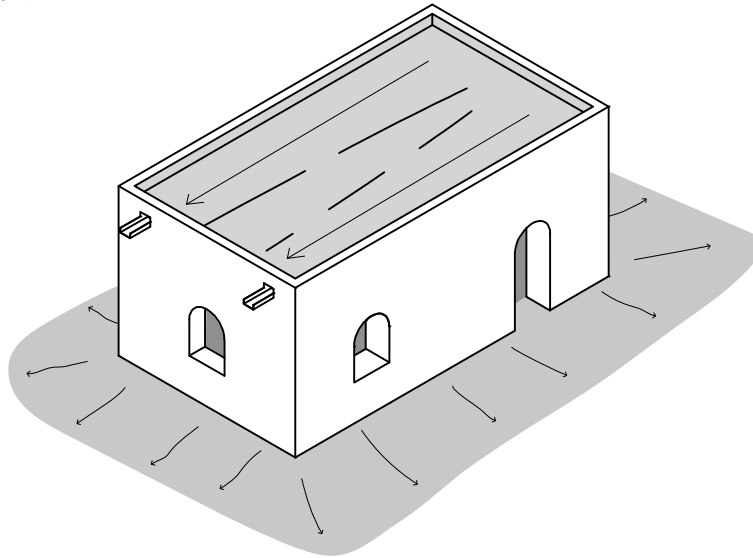
S1 - 3a

NOTIONS PRÉALABLES

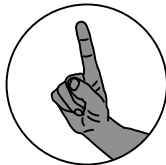
EXIGENCES DE SUIVI ET D'ENTRETIEN

Les bâtiments voûte nubienne sont des édifices solides et durables, qui comme tout autre bâtiment nécessitent de respecter certaines exigences de suivi et d'entretien simples. Le respect de ces exigences garantit la pérennité des bâtiments VN.

Tant que les abords des bâtiments sont dégagés (afin que l'eau puisse s'en écouler) et que les toitures, les gouttières et les revêtements de murs extérieurs sont maintenus en parfait état, aucune pathologies n'est sencée survenir.

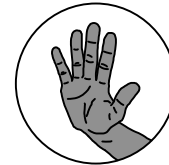


Voici une liste des points d'attention les plus importants :



ATTENTION :

La plupart des scénarios décrits dans cette fiche peuvent évoluer vers des pathologies graves menaçant l'intégrité structurelle du bâtiment. Ils doivent être évités/corrigés impérativement, avec la possible intervention d'un maçon expérimenté.

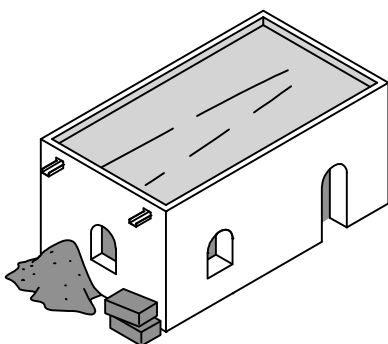


1

Points d'attention extérieurs pour le suivi et l'entretien des abords du bâtiment

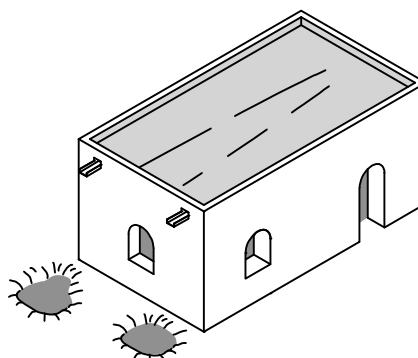
Objets pouvant bloquer l'écoulement de l'eau.

Aucun objet ne doit être laissé contre les murs du bâtiment car ils peuvent entrainer une stagnation d'eau en peids de bâtiment.



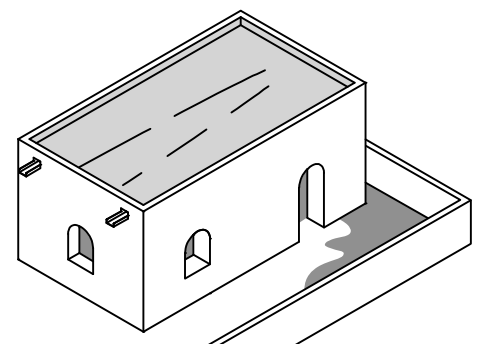
Trous et déformations de la pente périphérique

La pente périphérique doit être en parfait état et aucun trou ne doit être creusé à proximité des bâtiments. L'eau qui tombe des gouttières peut creuser des trous, une attention particulière doit donc être portée à ces zones.



Murs ou obstacles retenant l'eau dans la parcelle

Aucun obstacle à l'évacuation des eaux vers l'extérieur de la parcelle ne doit être construit. Si de nouveaux murs sont nécessaires, ils doivent comporter des points de drainage.



S1 - 3b

NOTIONS PRÉALABLES

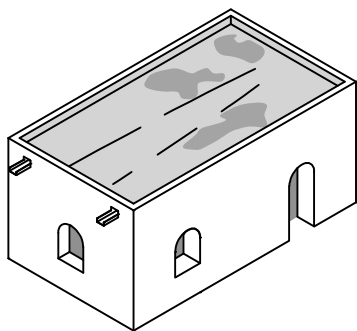
EXIGENCES DE SUIVI ET D'ENTRETIEN

2

Points d'attention extérieurs pour le suivi et l'entretien des toitures

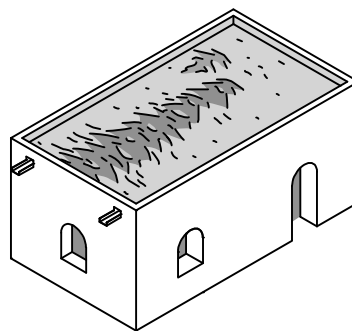
Accumulation d'eau sur la toiture

Si la toiture comporte des défauts de pente, l'eau peut stagner sur le toit, s'infiltrer lentement dans la structure et l'endommager. La pente doit être corrigée au plus vite.



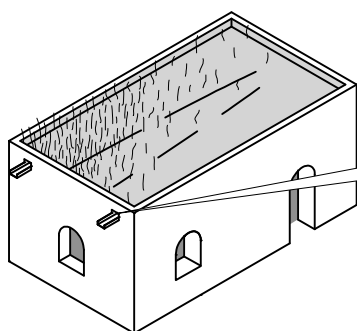
Erosion des couches de protection

Si les couches de protection sont dégradées, la bache plastique devient exposée et va elle aussi se dégrader. Des infiltrations ne tarderont pas à être observées. Les couches de protections doivent être reprises au plus vite.



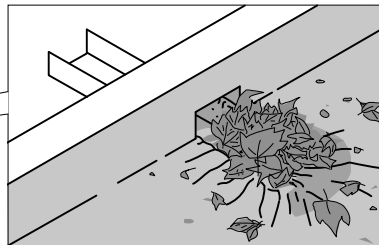
Plantes poussant sur la toiture

Les plantes ralentissent le drainage de l'eau et érodent les couches de protection, entraînant des infiltrations. Elles doivent être arrachées et les couches de protection corrigées si besoin.



Gouttières bouchées

Des feuilles ou d'autres types de débris peuvent obstruer les gouttières. L'eau stagnera sur le toit, s'infiltrera lentement dans la structure et l'endommagera. Les gouttières doivent être nettoyées régulièrement.

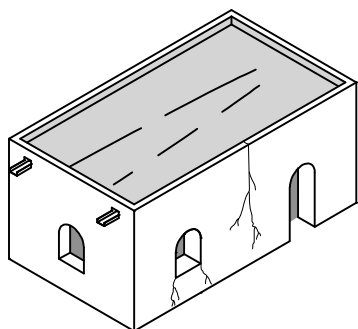


3

Points d'attention extérieurs pour le suivi et l'entretien des revêtements de murs extérieurs

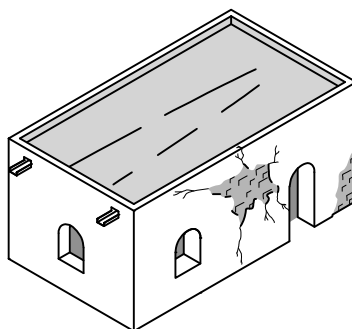
Fissures dans les murs et les enduits

Les fissures sont des zones d'infiltration de l'eau de pluie dans les murs. Elles doivent être ouvertes et refermées au plus vite.



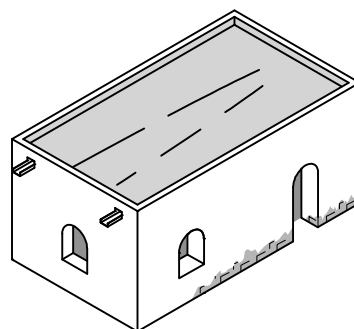
Murs apparents

Un mur apparent n'est plus protégé et va rapidement se dégrader au contact de la pluie. L'enduit de protection doit être repris au plus vite.



Pieds de murs apparents

Un pied de mur apparent n'est plus protégé et va rapidement se dégrader au contact de la pluie. L'enduit de protection doit être repris au plus vite.



S1 - 3c

NOTIONS PRÉALABLES

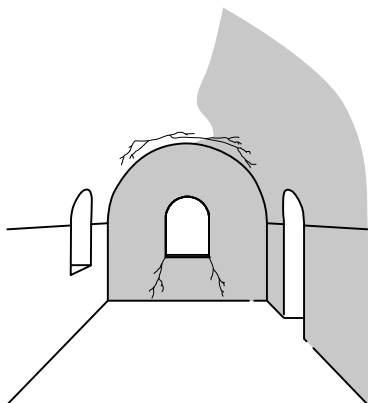
EXIGENCES DE SUIVI ET ENTRETIEN

4

Points d'attention intérieurs pour le suivi et l'entretien des bâtiments

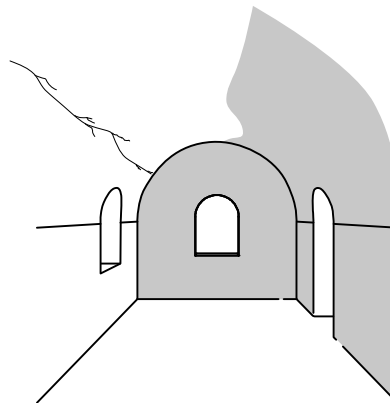
Fissures à la jonction voûte/mur pignon

Pathologie courante sans gravité liée à des tassements différentiels. Ouvrir et refermer les fissures dès que possible.



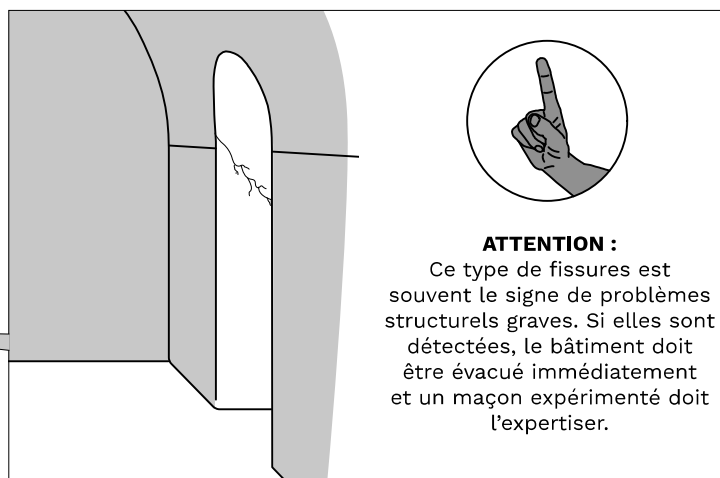
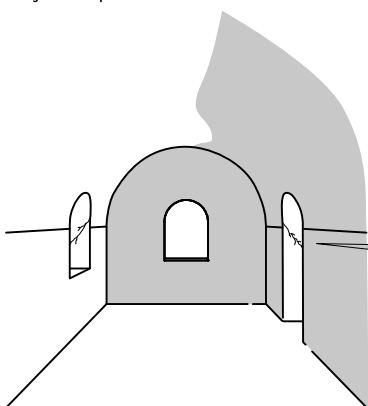
Fissures longitudinales dans la voûte

Pathologie sérieuse qui peut indiquer un écartement de la voûte. Nécessiter une intervention urgente. Consulter un maçon expérimenté immédiatement.



Fissures en biais dans l'épaisseur des murs porteurs

Pathologie sérieuse qui peut indiquer une fragilité structurelle des murs. Nécessite une intervention urgente. Consulter un maçon expérimenté immédiatement.

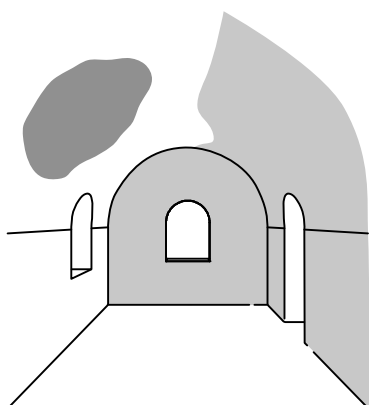


ATTENTION :

Ce type de fissures est souvent le signe de problèmes structurels graves. Si elles sont détectées, le bâtiment doit être évacué immédiatement et un maçon expérimenté doit l'expertiser.

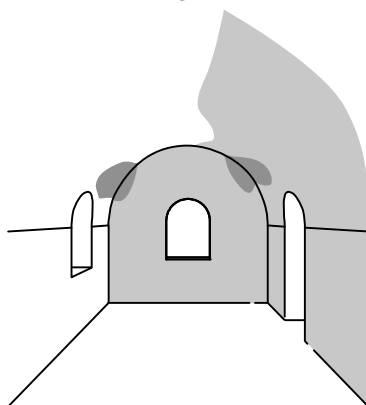
Tâches d'humidité sur la voûte

L'étanchéité est dégradée et provoque des infiltrations. Monter sur le toit, identifier les causes (voir fiche **S1 - 3b**) et corriger au plus vite.



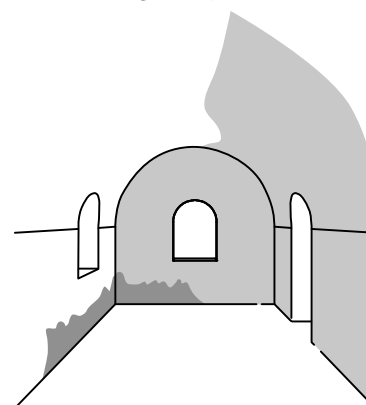
Tâches d'humidité à la jonction voûte/mur pignon

Dans cette zone il s'agit généralement d'infiltrations au niveau des gouttières. Monter sur le toit, identifier les causes (voir fiche **S1 - 3b**) et corriger au plus vite.



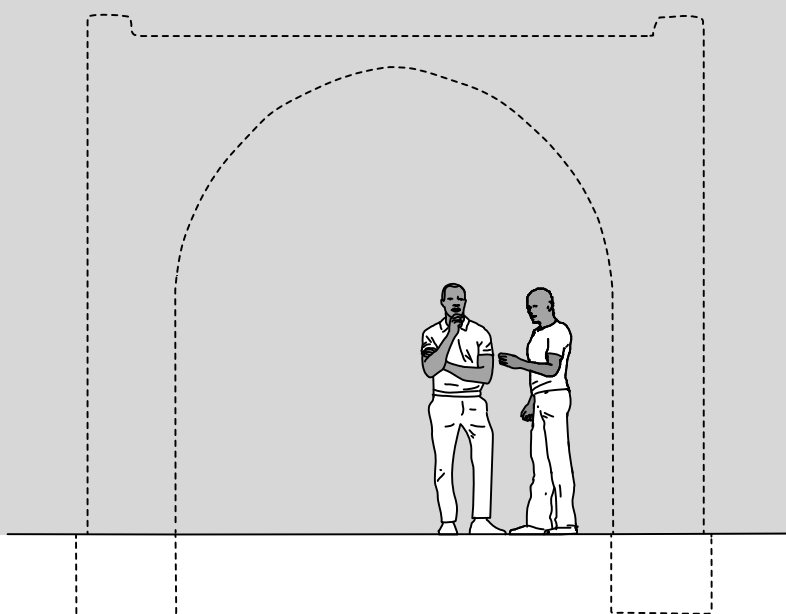
Tâches d'humidité au niveau des pieds de murs

Les enduits extérieurs au niveau des pieds de murs sont probablement dégradés. Contrôler l'extérieur (voir fiche **S1 - 3b**) et corriger au plus vite.



SECTION 2

DÉFINITION ET GESTION CHANTIER



S2 - 1.1

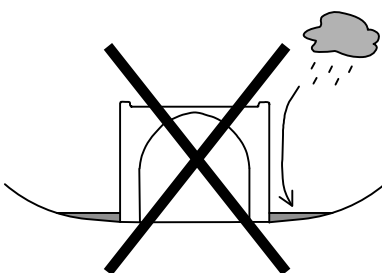
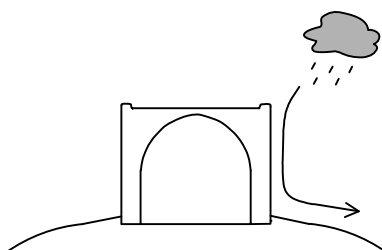
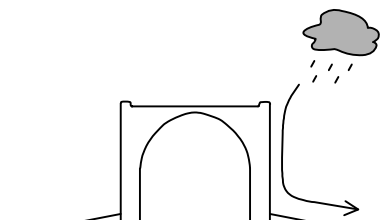
RÈGLES D'OCCUPATION D'UN TERRAIN

POSITIONNEMENT

Bien observer le terrain avant d'implanter le bâtiment.
Il ne faut jamais construire dans un bas fond
ou dans une zone où l'eau stagne !

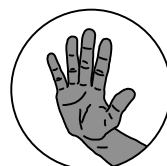
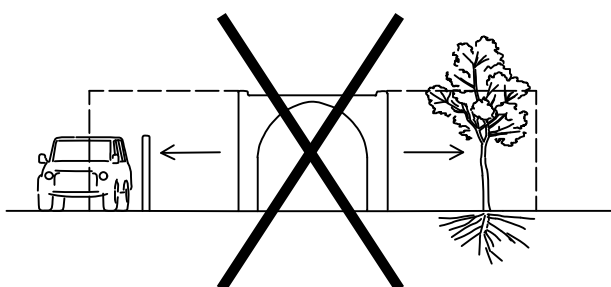
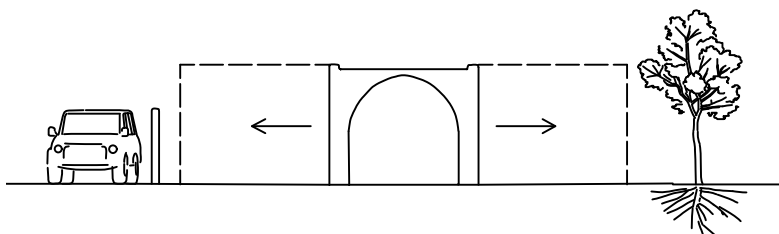
1

Bons terrains et mauvais terrains



2

Il faut anticiper les futures extensions et faire attention à la présence
d'éventuels obstacles : limites de parcelle, arbres, fosses, puits perdus...



S2 - 1.2

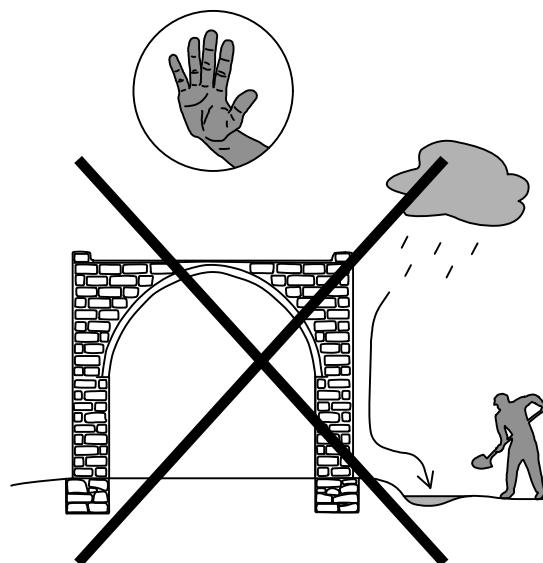
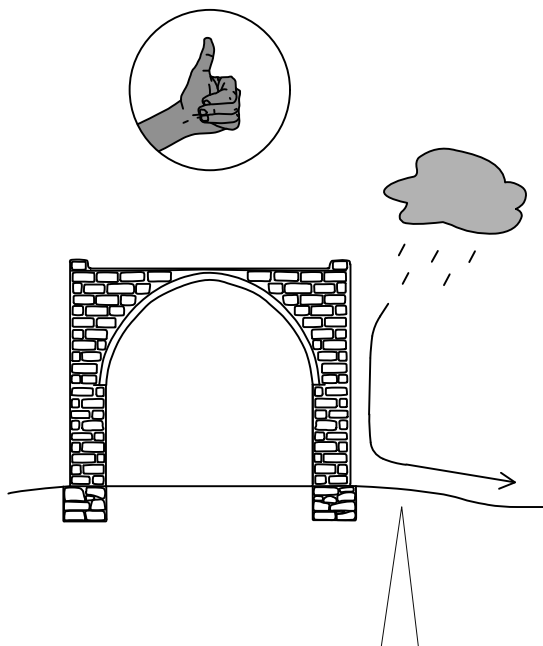
RÈGLES D'OCCUPATION D'UN TERRAIN

DRAINAGE AU SOL

Protéger les fondations et les pieds de murs de l'eau en réalisant des pentes en terre compactée à la base des murs.

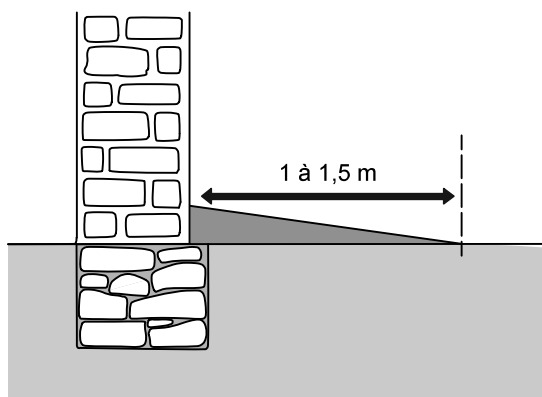
ATTENTION :

Ne jamais creuser le sol à proximité du bâtiment !
Même pour la fabrication des briques ou du mortier.



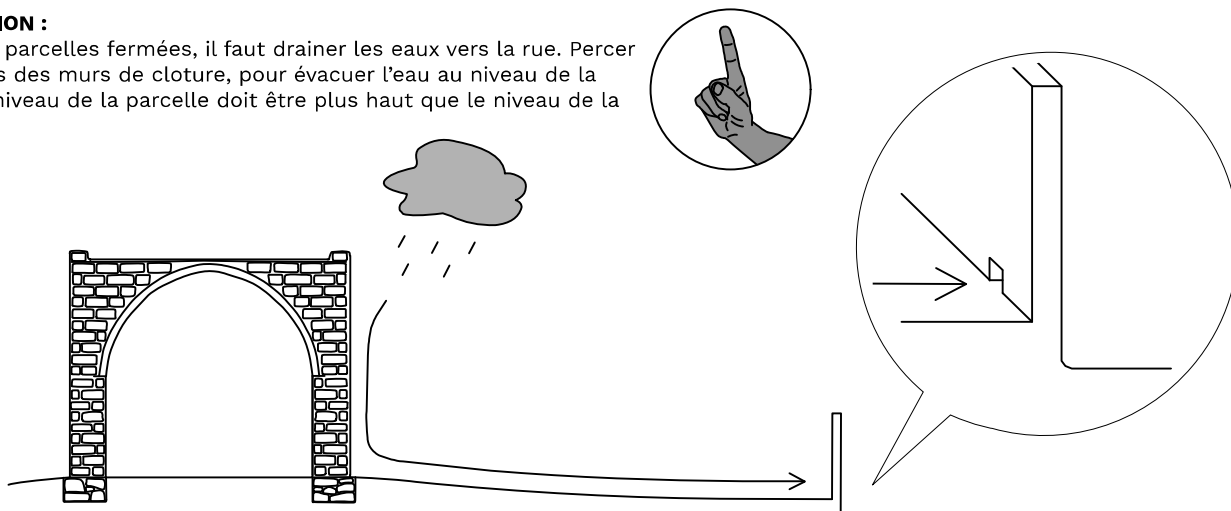
1

Pente simple en terre compactée



ATTENTION :

Pour les parcelles fermées, il faut drainer les eaux vers la rue. Percer les pieds des murs de clôture, pour évacuer l'eau au niveau de la rue. Le niveau de la parcelle doit être plus haut que le niveau de la rue.



S2 - 2.1

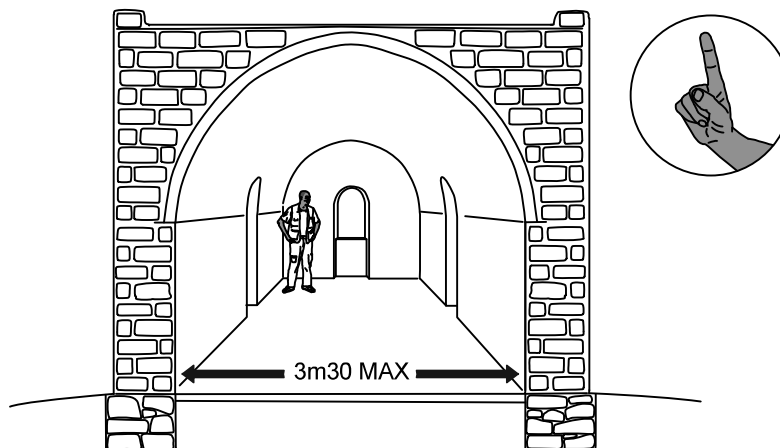
LIMITES STRUCTURELLES

DIMENSIONS D'UNE VOÛTE

1

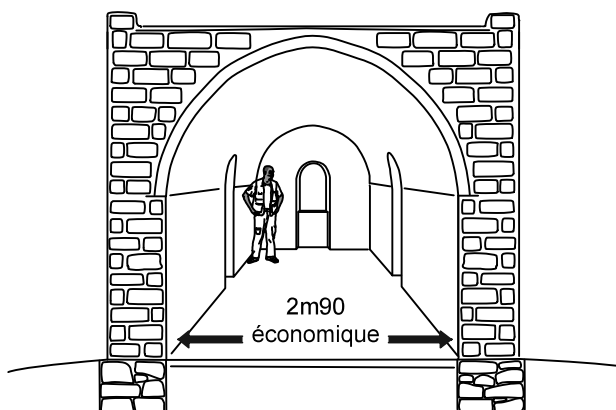
Avant de commencer le travail d'implantation, le maçon doit avoir choisi avec son client les dimensions intérieures de la ou des voûtes.

LA LARGEUR NE DOIT JAMAIS DÉPASSER 3M30.



2

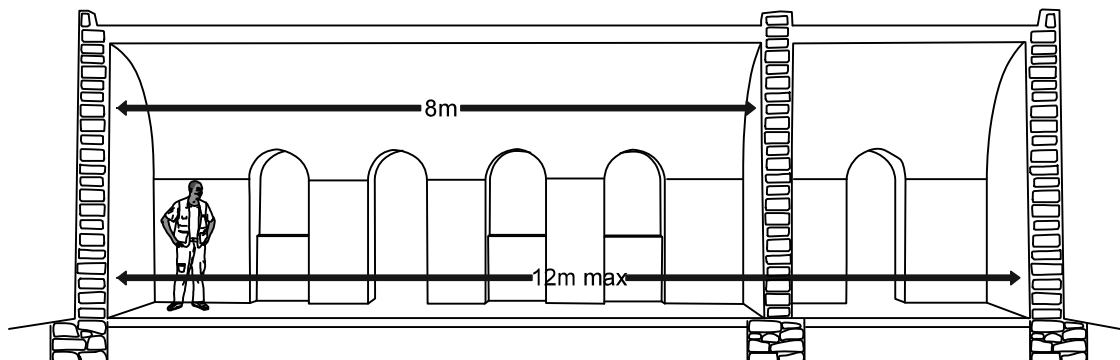
Réduire la largeur d'une voûte, à 2m90 par exemple, permet de faire des économies.



3

La longueur d'une voûte peut être très variable, avec un maximum de 12 mètres.

Un mur de refend est conseillé tous les 8 mètres.



S2 - 2.2

LIMITES STRUCTURELLES

HAUTEUR DE NAISSANCE DE VOÛTE (HNV)

1

Economique : 120cm

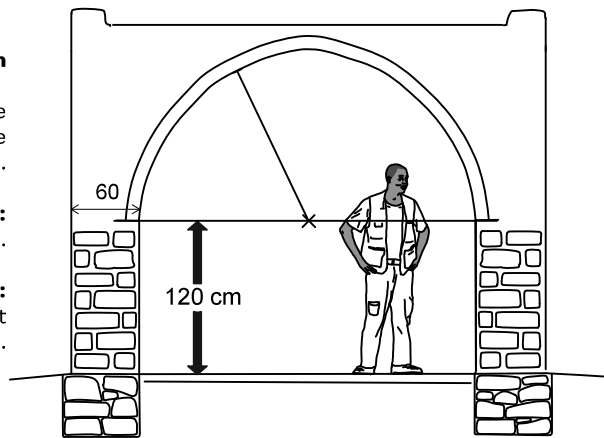
Une naissance de voûte basse permet d'économiser beaucoup de matériaux.

RAPPEL :

Il n'y a pas de hauteur minimum.

ATTENTION :

Attention aux passages de portes et fenêtres dans les murs porteurs.



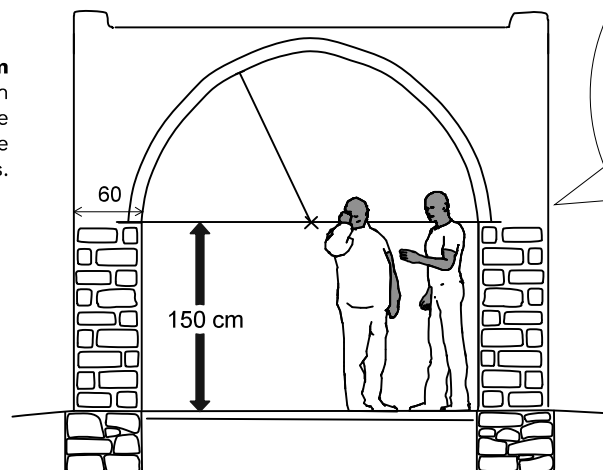
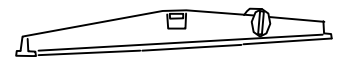
2

Standard : 150cm

Une naissance de voûte à 150cm est un bon rapport qualité d'espace / coût de la construction pour de nombreux types de bâtiments.

RAPPEL :

Toujours vérifier le niveau des murs porteurs



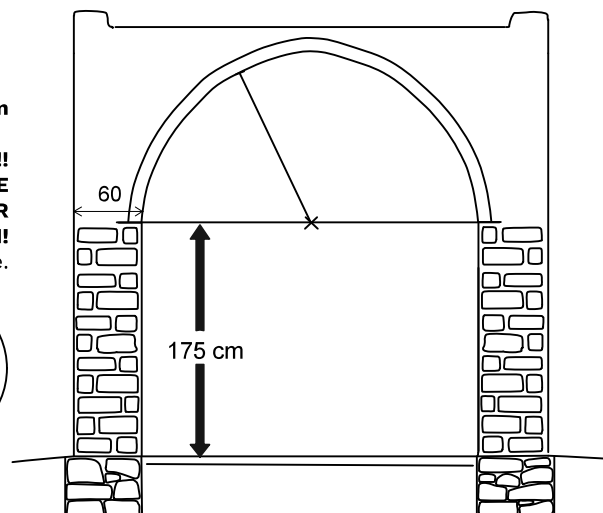
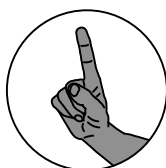
3

Maximum : 175cm

ATTENTION !!

LA HAUTEUR DE NAISSANCE DE VOÛTE NE DOIT JAMAIS DÉPASSER 175CM!

Au delà la voûte ne serait pas stable.



S2 - 3.1a

QUANTITATIFS

EXEMPLES D'ABAQUES DE MATÉRIAUX

Évaluer les quantités de matériaux nécessaires pour construire un bâtiment est très important. Cela permet de planifier les approvisionnements, mais aussi d'établir un devis. Les présents abaques précisent les quantités de matériaux nécessaires à la réalisation des principaux postes de travaux VN, pour des bâtiments de 6 et 8 m de longueur intérieure, en versions 1 et 2 voûtes.

Les postes de travaux suivants sont renseignés :

Gros-œuvre

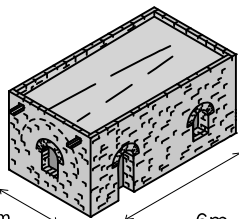
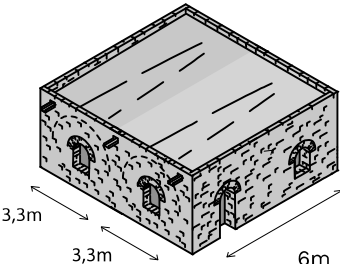
Finitions extérieures

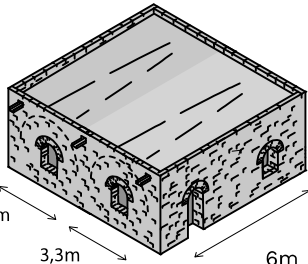
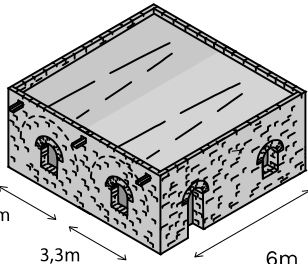
- Enduits stabilisés au bitume pour toitures et pour murs extérieurs
- Enduit stabilisé au bitume pour murs extérieurs
- Enduit sable-ciment pour murs extérieurs BBSC
- Protection d'acrotères en dalles de ciment

Finitions intérieures

- Enduit sable-ciment pour murs intérieurs
- Dalle de sol en béton armé de 10 cm d'épaisseur

Gros-œuvre

			
	3,3m	6m	8m
 Pierre	8,4 m³	10,15 m³	
 Terre	27,5 m³	39,5 m³	
 Grandes briques	3 066	3 852	
 Briques 3/4	67	108	
 Petites briques	2 720	3 612	
 Eau	29 600 l - 148 barr.	37 200 l - 186 barr.	
 Gouttières	2	2	
 Bâche	36 ml	45 ml	

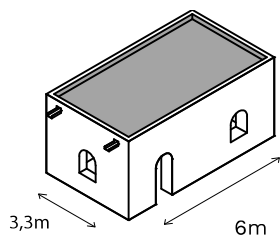
			
	3,3m	6m	8m
 Pierre	13,6 m³	16,3 m³	
 Terre	46,7 m³	58,1 m³	
 Grandes briques	5 130	6 388	
 Briques 3/4	146	188	
 Petites briques	5 400	7 182	
 Eau	51 000 l - 255 barr.	64 400 l - 322 barr.	
 Gouttières	3	3	
 Bâche	68 ml	84ml	

S2 - 3.1b

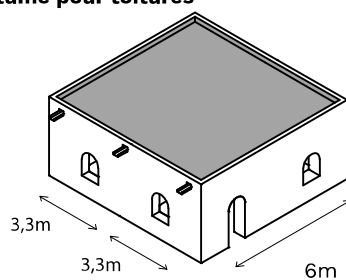
QUANTITATIFS

EXEMPLES D'ABAQUES DE MATÉRIAUX

Enduit stabilisé au bitume pour toitures

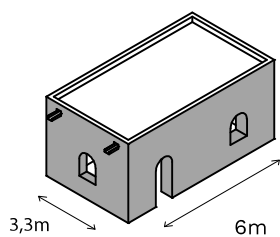


	42 kg	54 kg
	0,15 m³ - 150 l	0,2 m³ - 200 l
	0,46 m³ - 460 l	0,6 m³ - 600 l
	0,6 m³ - 600 l	0,8 m³ - 800 l
	15 l	20 l
	15 l	20 l
	370 l - 2 barr.	480 l - 2,5 barr.

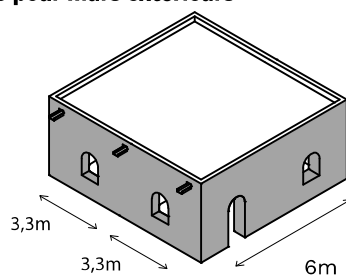


	78 kg	100 kg
	0,27 m³ - 270 l	0,35 m³ - 350 l
	0,86 m³ - 860 l	1,1 m³ - 1 100 l
	1,14 m³ - 1 140 l	1,48 m³ - 1 480 l
	28 l	36 l
	28 l	36 l
	700 l - 3,5 barr.	900 l - 4,5 barr.

Enduit stabilisé au bitume pour murs extérieurs



	60 kg	70 kg
	0,21 m³ - 210 l	0,25 m³ - 250 l
	1,5 m³ - 1 500 l	1,76 m³ - 1 760 l
	21 l	25 l
	21 l	25 l
	530 l - 3 barr.	620 l - 3 barr.



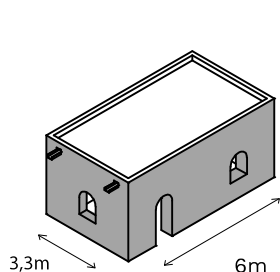
	80 kg	90 kg
	0,28 m³ - 280 l	0,32 m³ - 320 l
	2 m³ - 2 000 l	2,28 m³ - 2 280 l
	28 l	32 l
	28 l	32 l
	700 l - 3,5 barr.	800 l - 4 barr.

S2 - 3.1c

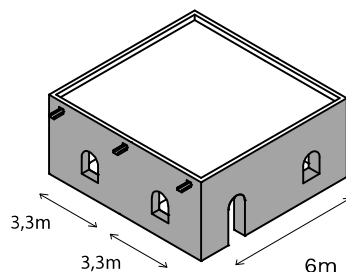
QUANTITATIFS

EXEMPLES D'ABAQUES DE MATÉRIAUX

Enduit sable-ciment pour murs extérieurs en BBSC

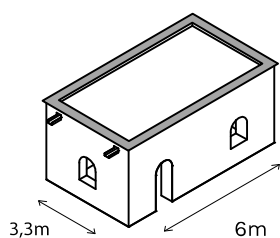


	3,3m	6m	8m
	2,2 m³	2,6 m³	
Sable	-	-	
	2 200 l	2 600 l	
	1 280 kg	1 500 kg	
Ciment	-	-	
	26 sacs	30 sacs	
	770 l	800 l	
Eau	-	-	
	4 barr.	4 barr.	

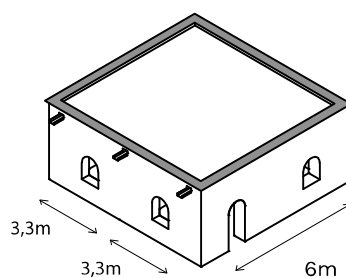


	3,3m	3,3m	6m	8m
	2,96 m³	3,35 m³		
Sable	-	-		
	2 960 l	3 350 l		
	1 720 kg	1 950 kg		
Ciment	-	-		
	34,5 sacs	39 sacs		
	900 l	1 000 l		
Eau	-	-		
	4,5 barr.	5 barr.		

Protection d'acrotères en dallettes de ciment



	3,3m	6m	8m
	46	54	
Dallettes			
	0,19 m³	0,22 m³	
Sable	-	-	
	190 l	220 l	
	67 kg	80 kg	
Ciment	-	-	
	1,5 sacs	1,5 sacs	
	30 l	40 l	
Eau			



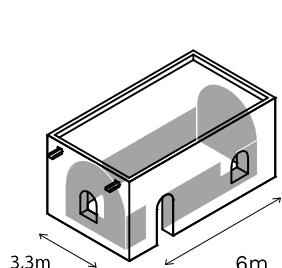
	3,3m	3,3m	6m	8m
	64	70		
Dallettes				
	0,25 m³	0,31 m³		
Sable	-	-		
	250 l	310 l		
	90 kg	112 kg		
Ciment	-	-		
	2 sacs	2,5 sacs		
	50 l	60 l		
Eau				

S2 - 3.1d

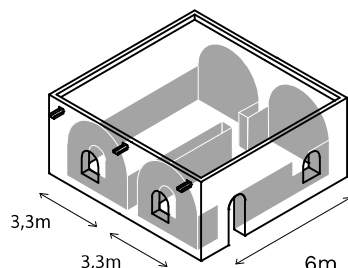
QUANTITATIFS

EXEMPLES D'ABAQUES DE MATÉRIAUX

Enduit sable-ciment pour murs intérieurs

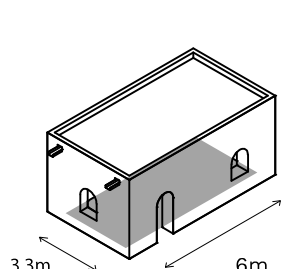


	3,3m	6m	8m
 Sable	1 m³ - 1 000 l	1,2 m³ - 1 200 l	
 Ciment	415 kg - 8,5 sacs	482 kg - 9,5 sacs	
 Eau	230 l - 1 barr.	270 l - 1,5 barr.	

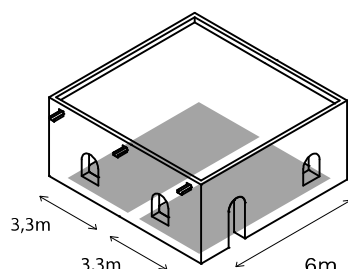


	3,3m	6m	8m
 Sable	2 m³ - 2 000 l	2,4 m³ - 2 400 l	
 Ciment	830 kg - 16,5 sacs	864 kg - 19,5 sacs	
 Eau	470 l - 2,5 barr.	540 l - 3 barr.	

Dalle de sol en béton armé de 10 cm d'épaisseur



	3,3m	6m	8m
 Sable	1,1 m³ - 1 100 l	1,45 m³ - 1 450 l	
 Gravier	1,38 m³ - 1 380 l	1,82 m³ - 1 820 l	
 Ciment	600 kg - 12 sacs	800 kg - 16 sacs	
 Fer à béton 8mm	186 ml	249 ml	
 Eau	300 l - 1,5 barr.	400 l - 2 barr.	



	3,3m	6m	8m
 Sable	2,2 m³ - 2 200 l	2,9 m³ - 2 900 l	
 Gravier	1,76 m³ - 1 760 l	3,64 m³ - 3 640 l	
 Ciment	1200 kg - 24 sacs	1 600 kg - 32 sacs	
 Fer à béton 8mm	372 ml	498 ml	
 Eau	600 l - 3 barr.	800 l - 4 barr.	

S2 - 3.1e

QUANTITATIFS

EXEMPLES D'ABAQUES DE MATÉRIAUX

Pour passer d'une quantité (abaque) à un prix (devis), voici quelques règles utiles :

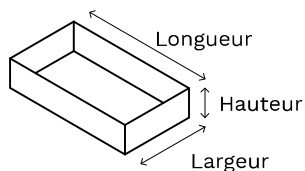
1

Capacité d'une benne

La capacité en mètres cube de n'importe quelle benne peut être calculée en multipliant les 3 dimensions intérieures exprimées en mètre :

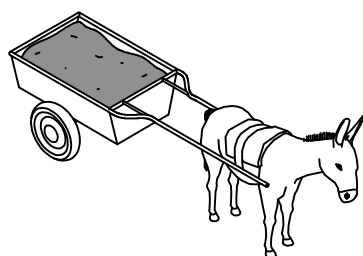
$$\text{Longueur (m)} \times \text{Largeur (m)} \times \text{Hauteur (m)} = \text{Capacité (m}^3\text{)}$$

Par exemple, les cas d'une benne de tricycle :

$$2,3\text{m} \times 1,45\text{m} \times 0,6\text{m} = 2\text{m}^3$$


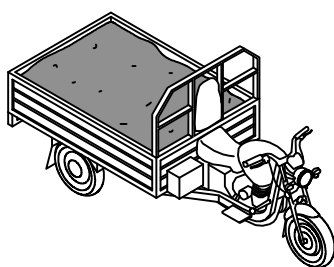
2

Exemples de capacités de différents types de véhicules de transport de matériaux



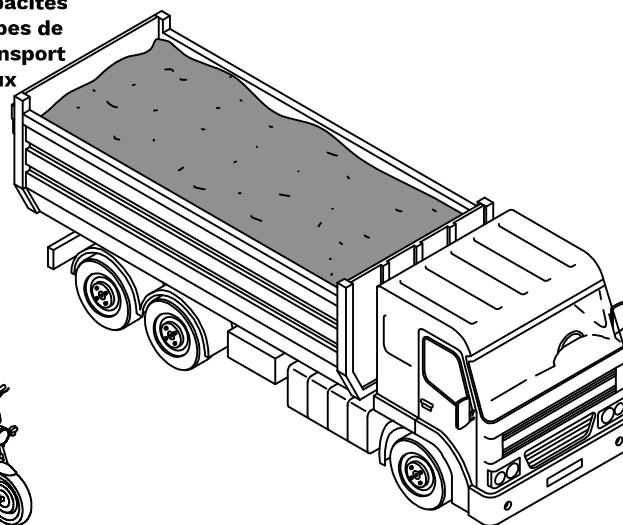
Charrette à âne

Véhicules plutôt adaptés aux petits chantiers car de petite contenance et lents. Vérifier les mesures au cas par cas.



Tricycles à charge

Véhicules adaptés à tous type de chantiers, et de plus en plus courant au Sahel. Vérifier les mesures au cas par cas, mais 2 tailles courantes : **1m³** et **2m³**.



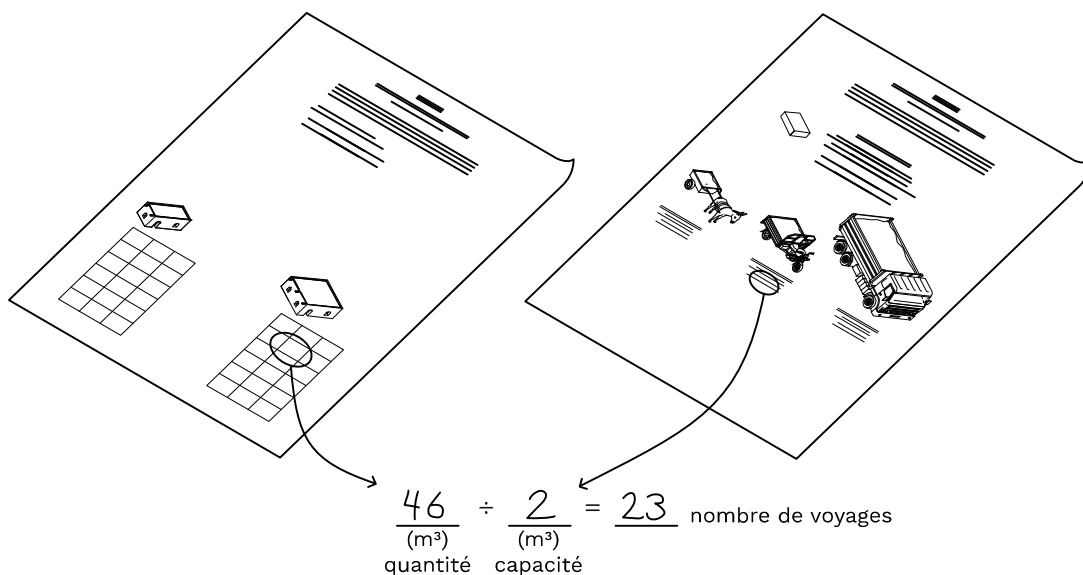
Camion-benne

Véhicules plutôt adaptés aux gros chantiers car grosse contenance. Vérifier les mesures au cas par cas, mais 3 tailles courantes : **6 m³**, **8m³** et **12m³**.

3

Passer des quantités au nombre de voyages

Diviser la quantité (en m³) donnée aux abaques, par la capacité (en m³) du véhicule utilisé.



S2 - 3.2a

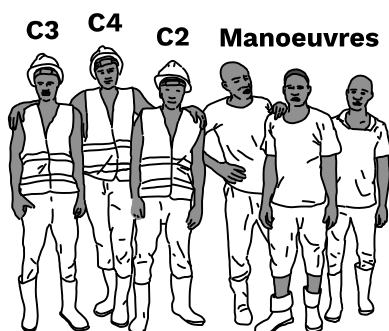
QUANTITATIFS

EXEMPLES D'ÉQUIPES ET DURÉE CHANTIER

Évaluer le temps nécessaire pour construire un bâtiment est très important. Cela permet de planifier le chantier, mais aussi d'établir un devis. Les présents abaques précisent la durée moyenne de réalisation des principaux postes de travaux VN, mis en œuvre par une équipe VN type, pour des bâtiments de 6 et 8 m de longueur intérieure, en versions 1 et 2 voûtes.

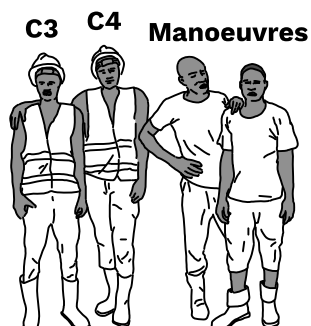
Équipe type pour Gros-œuvre

Le Gros-œuvre VN est constitué de postes de travaux « lourds » imposant une forte intensité de travail. L'équipe type est constituée de 6 personnes minimum selon la répartition suivante :

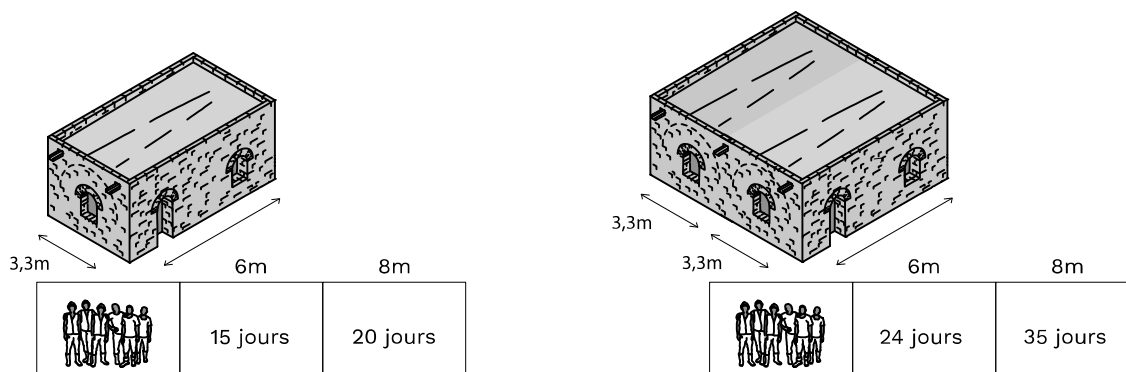


Équipe type pour finitions

Les finitions VN sont moins exigeantes physiquement. L'équipe type peut alors être réduite jusqu'à 4 personnes selon la répartition suivante :



Gros-œuvre

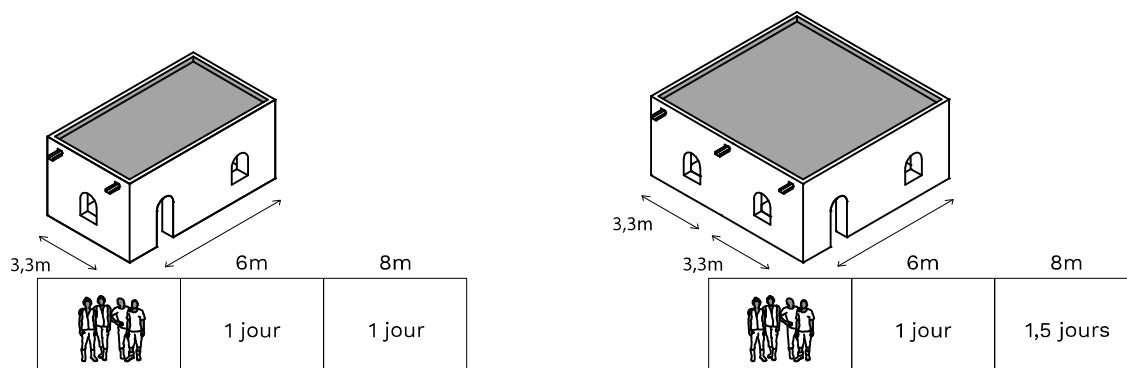


S2 - 3.2b

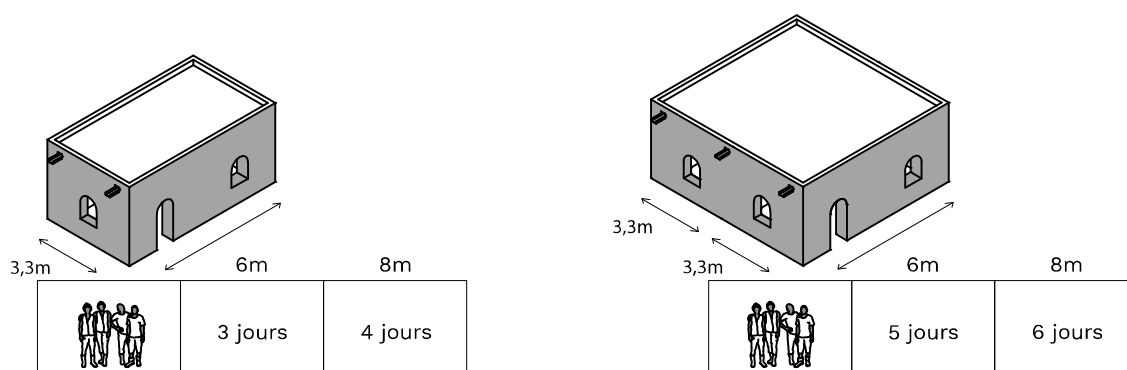
QUANTITATIFS

EXEMPLES D'ÉQUIPES ET DURÉE CHANTIER

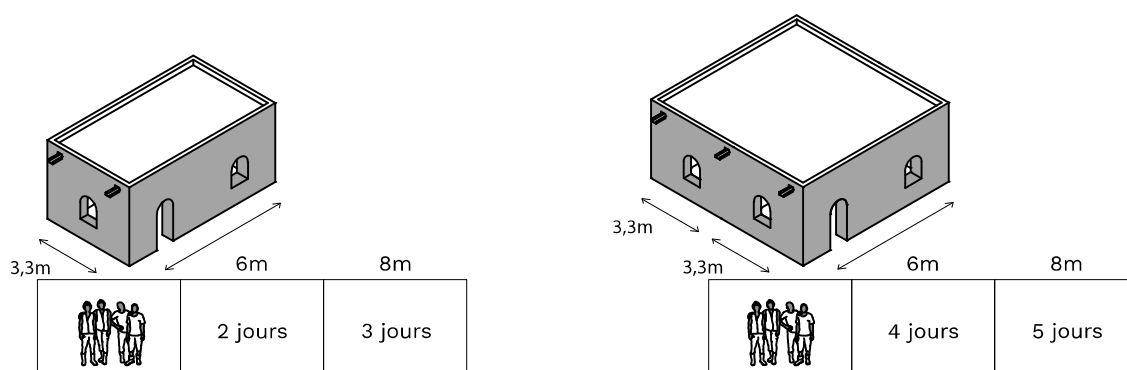
Enduit stabilisé au bitume pour toitures



Enduit stabilisé au bitume pour murs extérieurs



Enduit sable-ciment pour murs extérieurs en BBSC

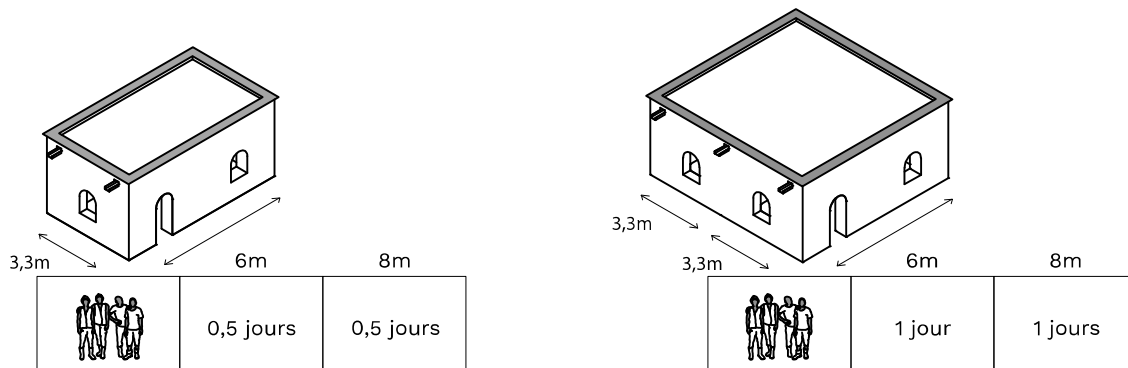


S2 - 3.2c

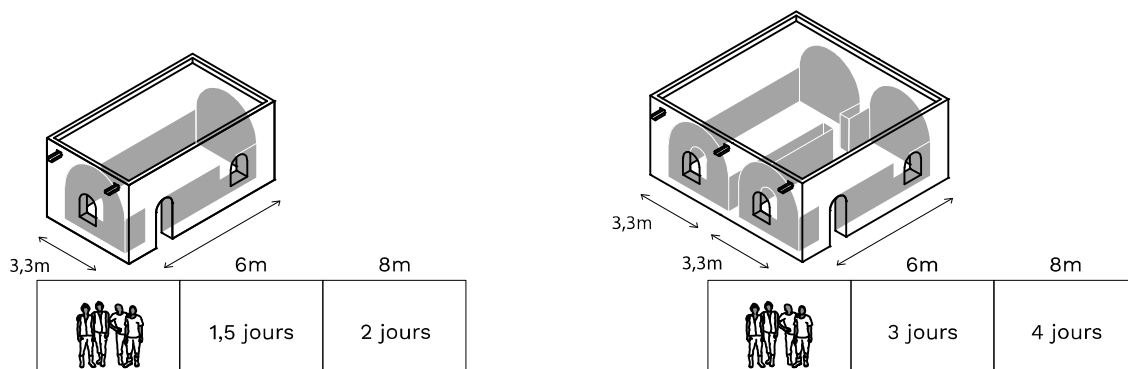
QUANTITATIFS

EXEMPLES D'ÉQUIPES ET DURÉE CHANTIER

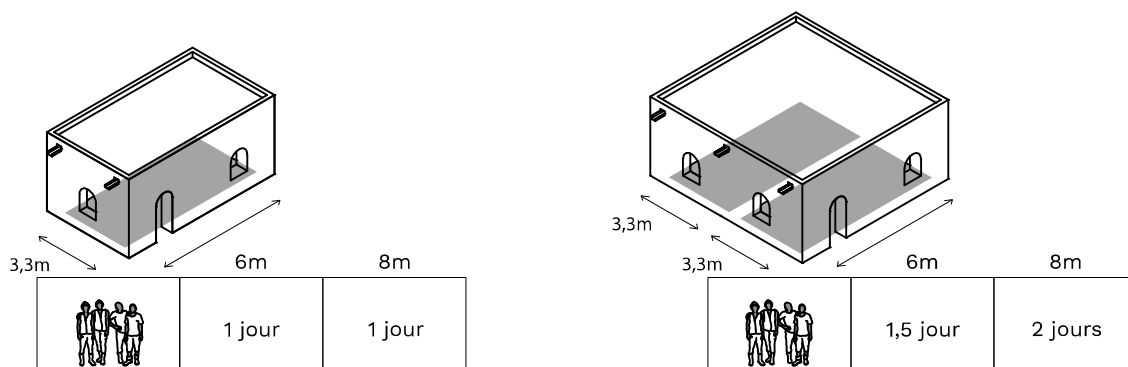
Protection d'acrotères en dallettes de ciment



Enduit sable-ciment pour murs intérieurs



Dalle de sol en béton armé de 10 cm d'épaisseur



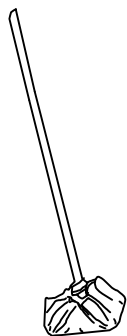
S2 - 4.1

MATÉRIEL DE CHANTIER

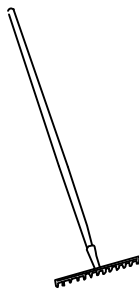
GROS MATÉRIEL



Pelle



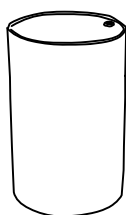
Dame



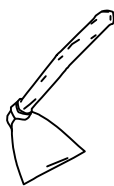
Rateau



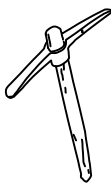
Seau



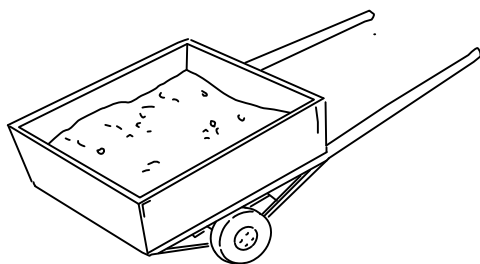
Barrique



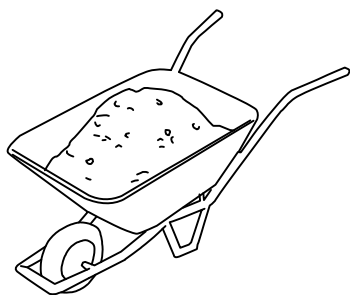
Dabat



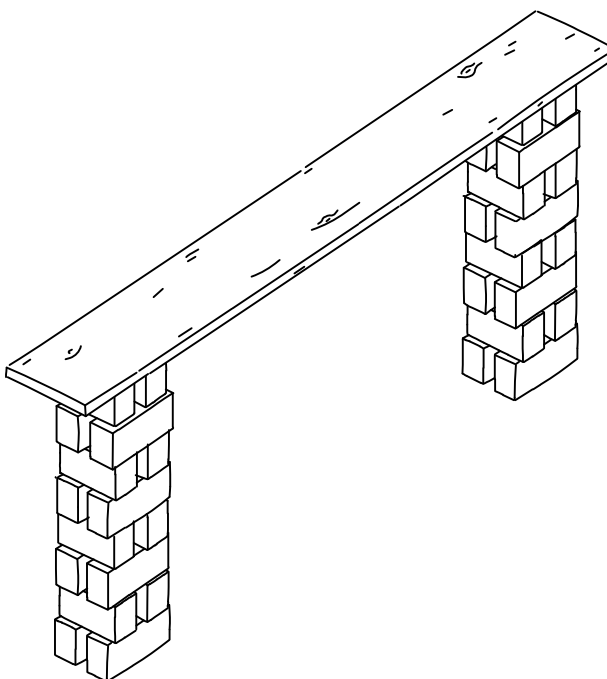
Pioche



Charrette



Brouette

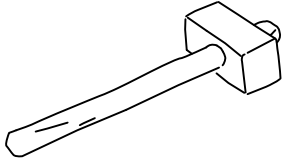


Planches pour échafaudage

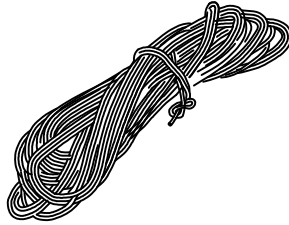
S2 - 4.2

MATÉRIEL DE CHANTIER

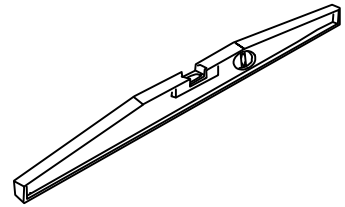
PETIT MATÉRIEL ET CÂBLE COMPAS



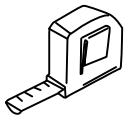
Marteau



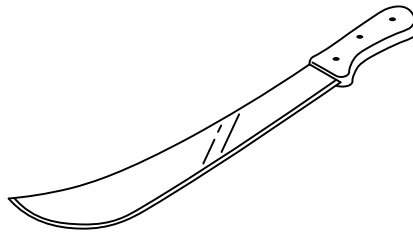
Cordeau



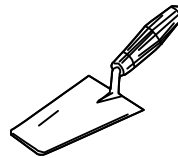
Niveau



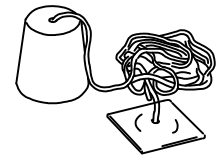
Mètre



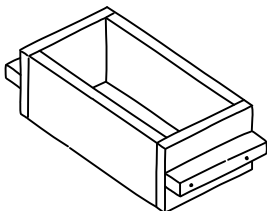
Machette



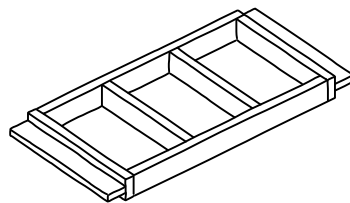
Truelle



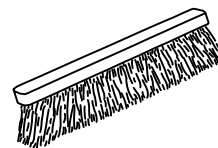
Fil à plomb



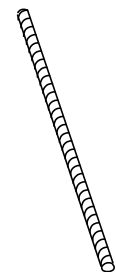
Moule des grandes briques
voir fiche **1.6**



Moule des petites briques
voir fiche **1.6**

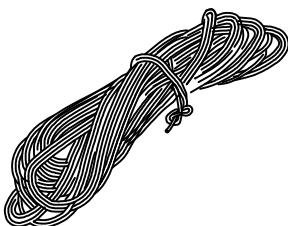


Brosse



Piquet
(fer à béton)

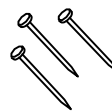
Outils pour la conception du câble compas



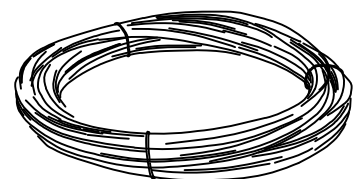
Cordeau



Anneaux



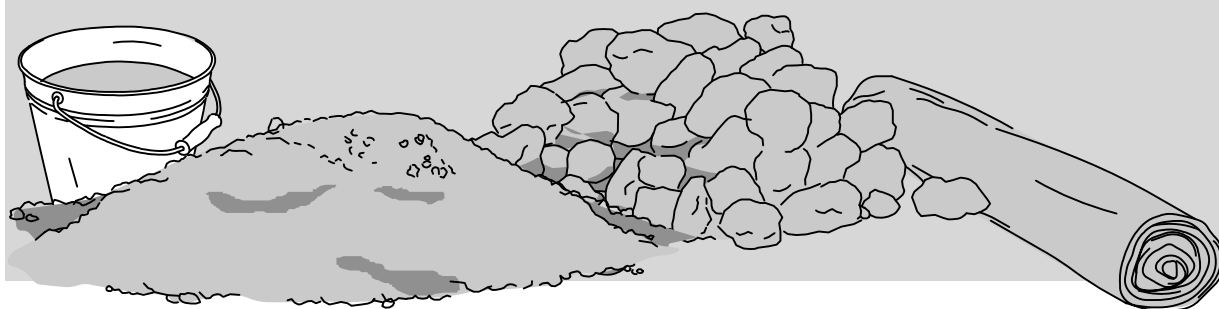
Clous



Fil de fer

SECTION 3

MATÉRIAUX



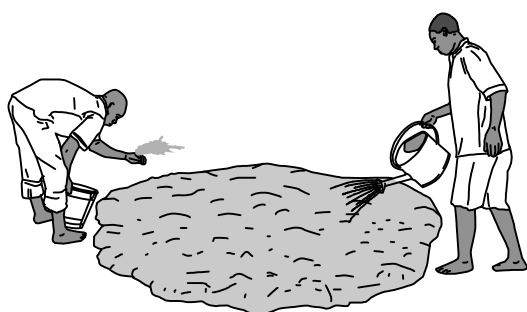
S3 - 1.1

BRIQUES ET MORTIERS

PRÉPARATION DES TERRES

La terre doit être mouillée **[1]** et piétinée au minimum 24 heures avant d'être utilisée **[2]**, pour qu'elle ait bien le temps de boire et devienne homogène. L'opération doit être répétée plusieurs fois pour obtenir un mélange de qualité, tant pour la confection des briques que pour le mortier. Il est donc conseillé de préparer le mortier de terre sur plusieurs jours.

1 Mouiller la terre

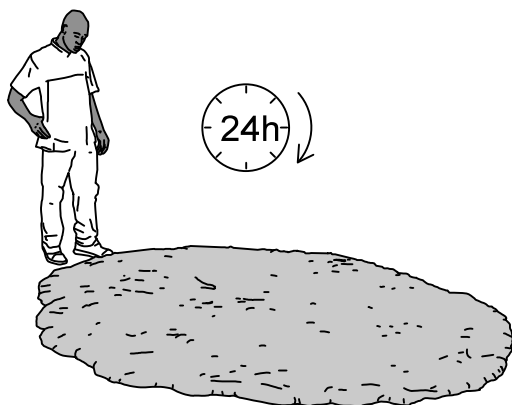


2 Piétiner la terre



3 Attendre 24 heure

Conseil : utiliser une bâche pour ralentir le séchage de la terre et faciliter le travail.



4 Re-piétiner la terre

Penser à remouiller.
Arriver à un mélange parfaitement homogène.



S3 - 1.2

BRIQUES ET MORTIERS

DIMENSIONS DES BRIQUES

Les grandes briques, composant les murs et les contreforts, et les petites briques, composant les voûtaines et les voûtes, n'ont pas les mêmes dimensions et doivent être confectionnées avec des moules différents.

On peut concevoir des moules doubles ou triples pour les petites briques, mais les moules simples sont plus pratiques pour les grosses briques.

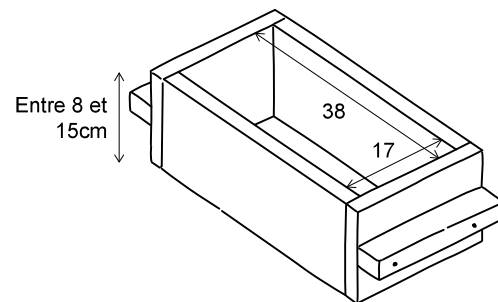
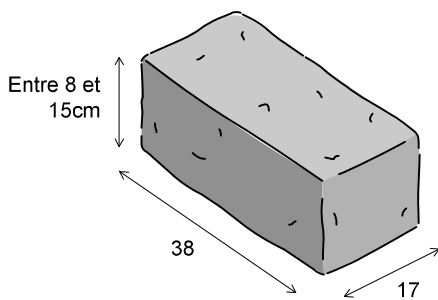
RAPPEL :

Quand la terre sèche, il y a du retrait, plus ou moins important selon les terres.

1

Grandes briques

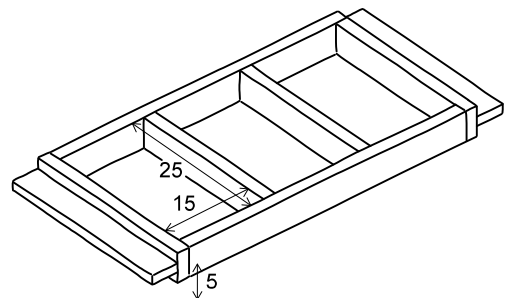
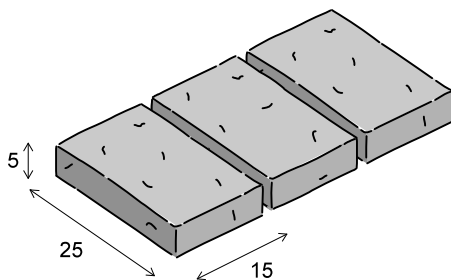
Une brique et son moule en bois.



2

Petites briques (voûte)

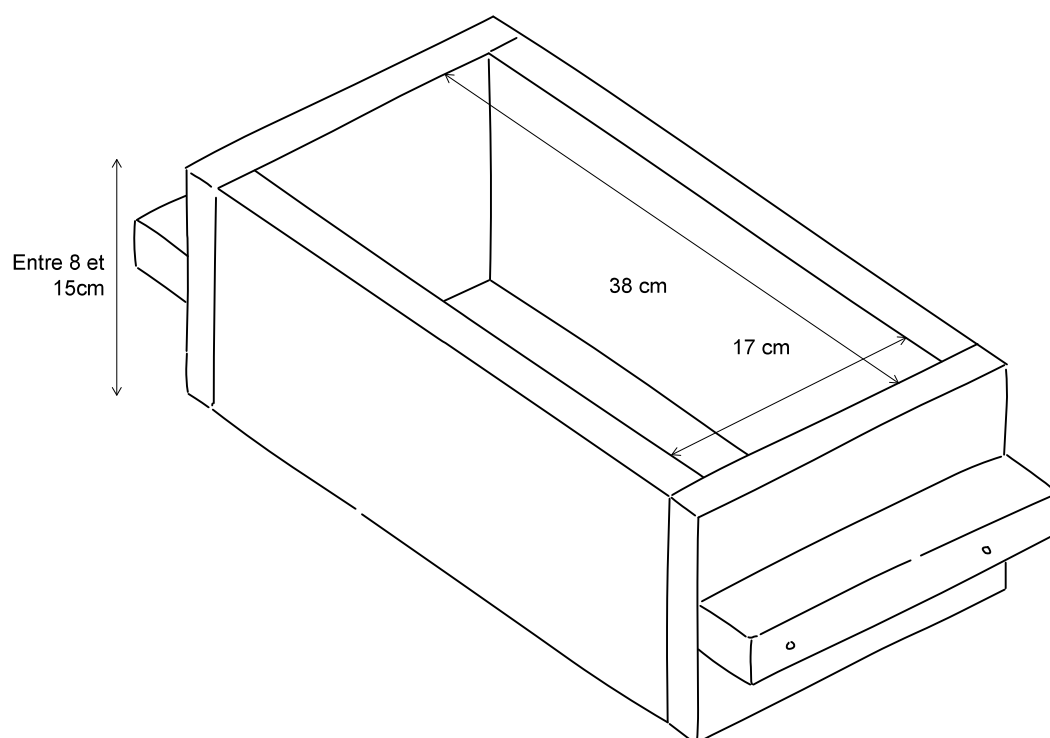
Les briques et leur moule en bois.



S3 - 1.3

BRIQUES ET MORTIERS

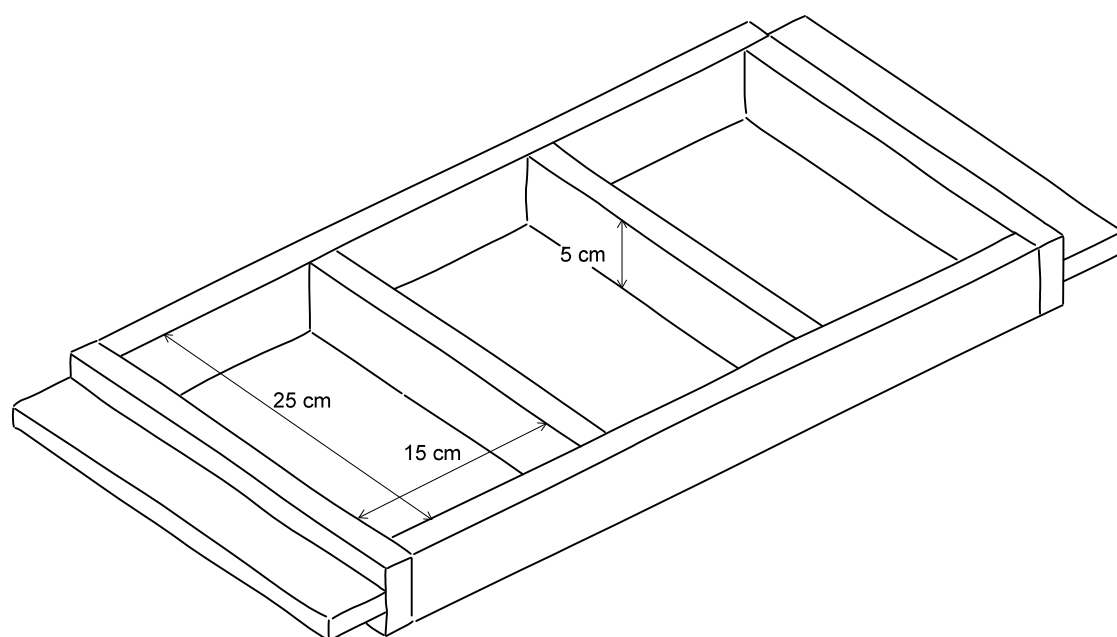
MOULE POUR LES GRANDES BRIQUES



S3 - 1.4

BRIQUES ET MORTIERS

MOULE POUR LES PETITES BRIQUES



S3 - 1.5

BRIQUES ET MORTIERS

PRÉPARATION DES BRIQUES

1

Nettoyage et préparation du sol

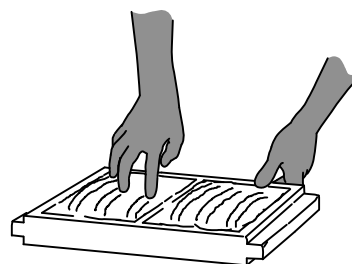
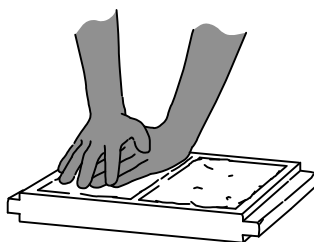
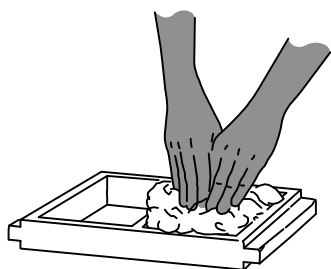
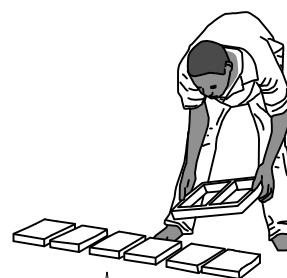
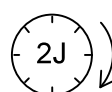
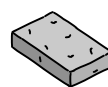
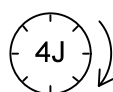
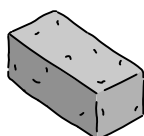
La surface doit être aussi plane et propre que possible.



2

Moulage des briques

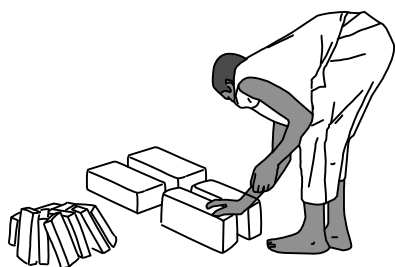
Le temps de séchage moyen pour les grandes briques est d'au moins quatre jours. Le temps de séchage moyen pour les petites briques est d'au moins deux jours.



Installer le moule sur le sol ; le remplir de mortier ; lisser la surface ; démouler délicatement. Pour les petites briques, la surface doit être griffée afin de permettre une meilleure adhérence lors de la mise en oeuvre de la voûte.

4

Après un temps de séchage à plat, les briques sont mises sur leur tranche pour accélérer leur séchage.



5

Gratter et nettoyer les briques avant utilisation.



S3 - 1.6

BRIQUES ET MORTIERS

BRIQUES DE BANCO SURFACE CAILLOUX (BBSC) ★AD

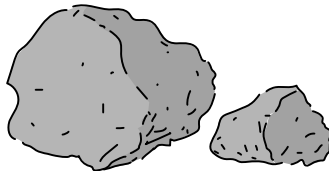
Les Brique de Banco Surface Cailloux (BBSC), comme leur nom l'indique, sont des briques dont les surfaces exposées sont incrustées de pierres afin qu'un enduit de ciment puisse y adhérer, permettant une finition en ciment durable et de haute qualité.

Elles sont utilisées dans les murs mixtes en briques de terre classiques + BBSC – voir fiche **S4 - 3.6**.

1

Choix des cailloux

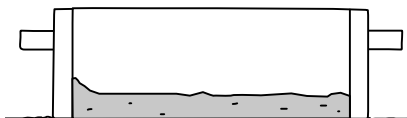
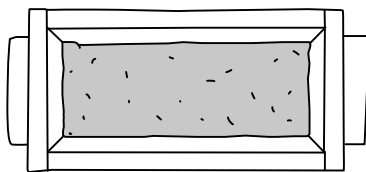
Les pierres doivent faire entre 8 et 12 cm de diamètre, avec une face assez plane.



2

Premier remplissage

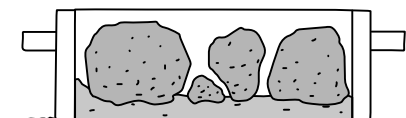
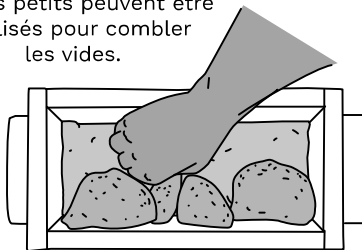
Remplir le moule d'une couche de mortier de 4 à 5 cm d'épaisseur, en s'assurant que tous les angles sont bien remplis.



3

Placement des cailloux

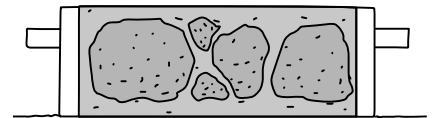
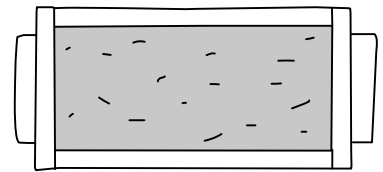
Placer les plus gros cailloux avec leur face plate contre le côté du moule en les assemblant afin qu'ils couvrent le maximum de surface. Des cailloux plus petits peuvent être utilisés pour combler les vides.



4

Remplissage final

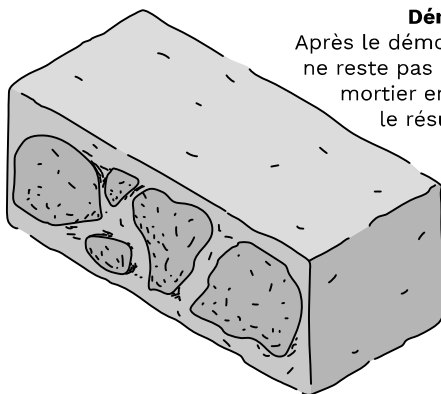
Remplir le moule de mortier en veillant à ce que tous les espaces entre les cailloux soient bien remplis. S'il reste des vides entre les plus gros cailloux, insérer des petits cailloux.



5

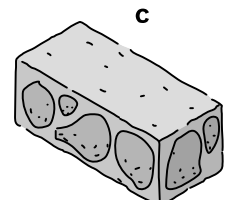
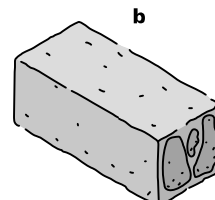
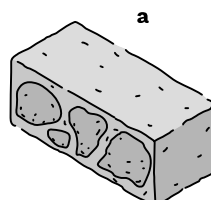
Démoulage

Après le démoulage, vérifier qu'il ne reste pas de gros vides sans mortier entre les cailloux. Si le résultat n'est pas bon, refaire la brique.



Types de BBSC

3 types de BBSC sont nécessaires selon leur position sur l'appareillage et les faces qu'ils exposent : Cailloux dans la panneresse [a], Cailloux dans la boutisse [b], Cailloux dans la panneresse et dans la boutisse [c].



S3 - 2.1a

ESSAIS TERRES ET MATÉRIAUX TRANSFORMÉS

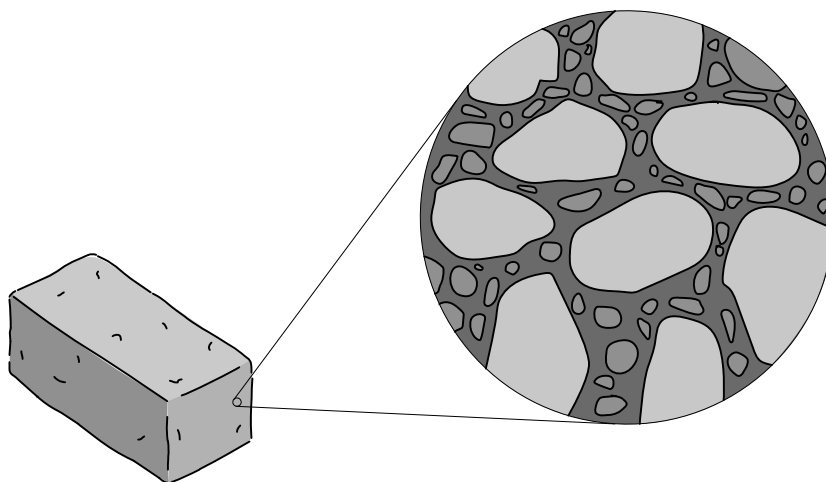
ESSAIS D'IDENTIFICATION DES TERRES

Pour savoir si une terre est bonne pour la construction de bâtiments en voûte nubienne, il faut réaliser des essais simples qui permettent de confirmer que la terre est équilibrée, ou bien si elle est par exemple trop argileuse ou trop sableuse.

En cas de besoin, une terre peut être mélangée à une autre terre pour la corriger. Par exemple, on pourra ajouter du sable (ou de la paille) à une terre trop argileuse, ou bien ajouter de l'argile si la terre est trop sableuse.

L'objectif est d'avoir une bonne répartition des différentes tailles de grains. Les meilleures terres sont celles qui fonctionnent presque comme un mur de pierre mais à une échelle minuscule [a] ; les grains de sable sont comme des briques ou des pierres, le limon est comme des pierres plus petites qui remplissent les petits espaces et l'argile est le mortier qui lie le tout.

a



Essais simples

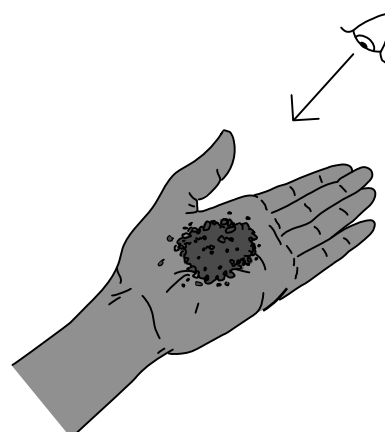


Essai de l'odeur

L'objectif de cet essai est d'évaluer si la terre contient de la matière organique. Sentir la terre dès son extraction.

Interpretation:

Pas d'odeur = Peut-être une bonne terre, continuer les essais
Forte odeur de matière organique = Terre à écarter



Examen visuel

L'objectif de cet examen est d'évaluer la présence d'argile. Examiner la terre lorsqu'elle est bien sèche. Le sable est facile à identifier et l'argile doit se présenter sous forme de poudre ou de petits morceaux écrasables.

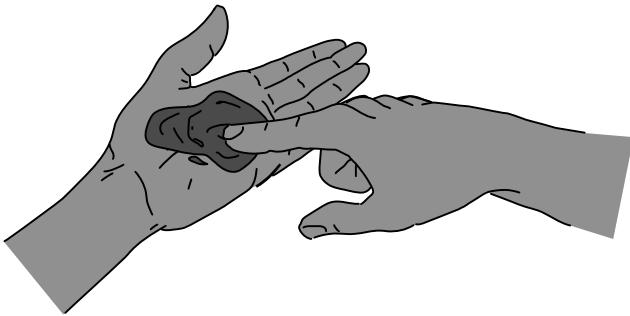
Interpretation:

Beaucoup de grains de sable et pas beaucoup de poudre = Terre sableuse, argile en quantité probablement insuffisante
Beaucoup de poudre fine = Argile probable

S3 - 2.1b

ESSAIS TERRES ET MATÉRIAUX TRANSFORMÉS

ESSAIS D'IDENTIFICATION DES TERRES

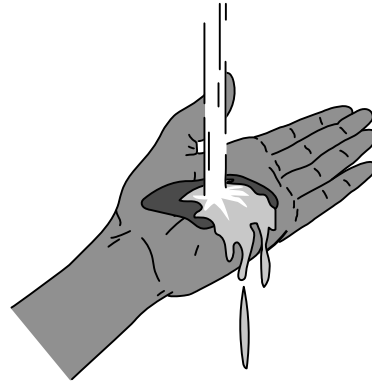


Essai de toucher

L'objectif de cet essai est de confirmer la présence d'argile. Humidifier la terre et mélanger avec le doigt jusqu'à ce qu'elle devienne pâteuse, molle et homogène.

Interpretation:

- Sensation de rugosité et sans colle = Terre sableuse
- Sensation de faible rugosité mais peu collante = Terre silteuse
- Douce au toucher et collante = Terre argileuse

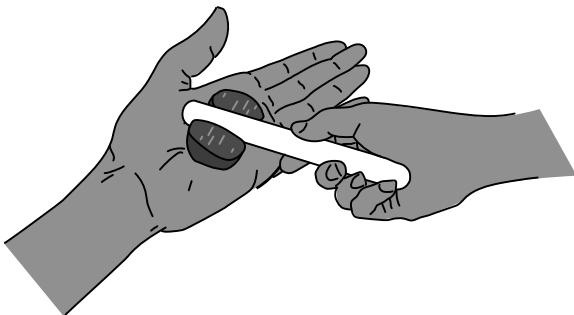


Essai de lavage

L'objectif de cet essai est de confirmer la présence d'argile. Se rincer les mains après l'essai de toucher avec un peu d'eau.

Interpretation:

- Les mains se rincent très facilement = Terre sableuse
- La terre paraît poudreuse et la main n'est pas trop difficile à rincer = Terre silteuse
- Sensation savonneuse et la main est difficiles à rincer = Terre argileuse

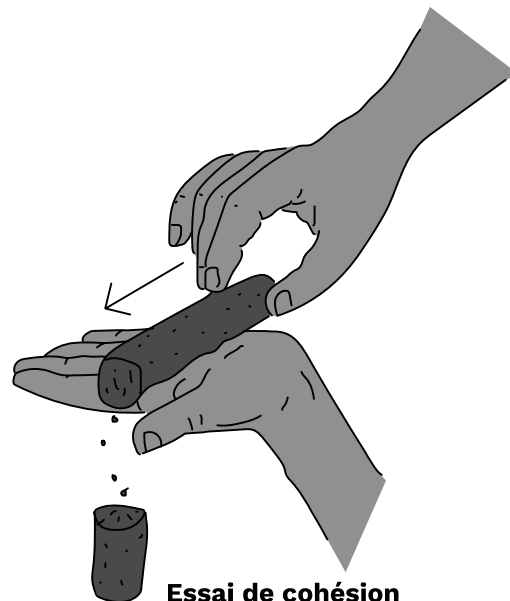


Essai de l'éclat

L'objectif de cet essai est de confirmer la présence d'argile. Faire une boule de terre humide. Couper la boule en deux avec un couteau. Regarder la surface de la tranche.

Interpretation:

- Aspect rugueux = Terre sableuse
- Aspect lisse mais terne = Terre silteuse
- Un aspect lisse et brillant = Terre argileuse



Essai de cohésion

L'objectif de cet essai est d'évaluer si la terre est bonne pour la construction.

Former une boule de terre humide. Faire un boudin d'environ 20 cm de long et 2 cm de diamètre. Pousser progressivement le boudin sur le rebord de la main, jusqu'à ce qu'il se sectionne. Mesurer le morceau tombé.

Interpretation:

- Morceau inférieure à 5 cm = Terre sans cohésion, probablement sableuse ou silteuse
- Morceau entre 5 et 15 cm = Terre cohésive dans de bonnes proportions
- Morceau supérieure à 15 cm = Terre très cohésive, probablement trop argileuse

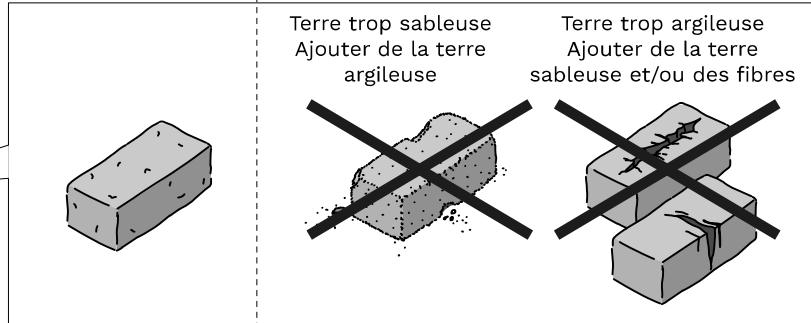
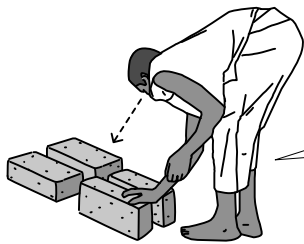
S3 - 2.2a

ESSAIS TERRES ET MATÉRIAUX TRANSFORMÉS

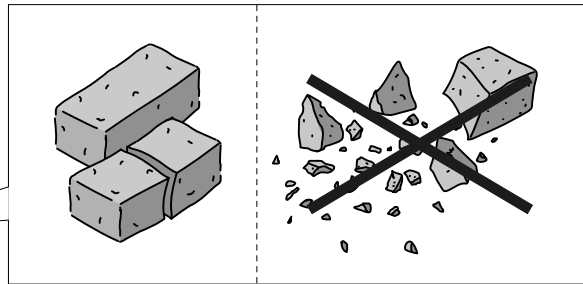
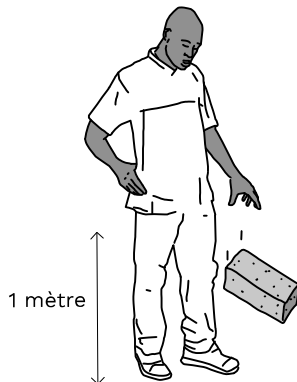
ESSAIS DE VALIDATION DES MATÉRIAUX TRANSFORMÉS

La meilleure façon de s'assurer que la terre est de bonne qualité pour la construction est de mouler des échantillons de briques et d'effectuer des tests dessus. 3 tests simples permettent de savoir si les briques sont de bonne qualité ou si des corrections sont nécessaires.

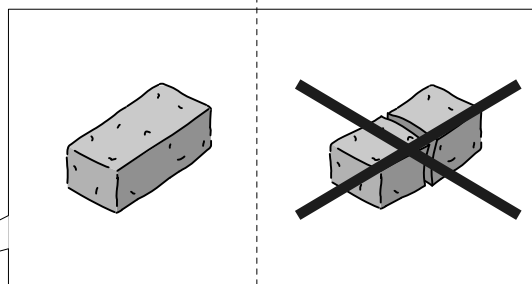
Examen visuel



Essai de chute



Essai des 3 briques



Les briques sont de bonne qualité !
Continuer la production !



Les briques ne sont pas de bonne qualité ! Faire un nouveau mélange de terre en corrigeant les dosages.



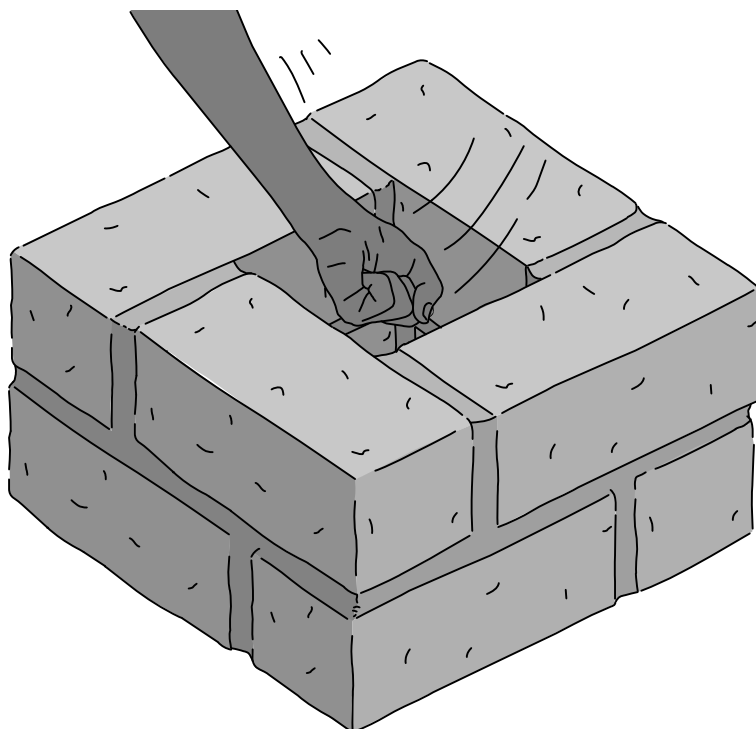
S3 - 2.2b

ESSAIS TERRES ET MATÉRIAUX TRANSFORMÉS

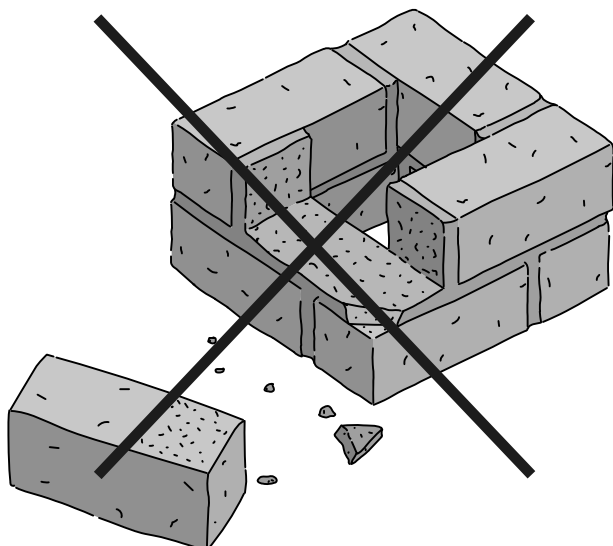
ESSAIS DE VALIDATION DES MATÉRIAUX TRANSFORMÉS

Il arrive que les briques et le mortier soient produits à partir de terres différentes. Il est donc très important de vérifier que ces terres sont compatibles et adhèrent bien l'une à l'autre (cohésion), car il arrive que deux terres apparemment de bonne qualité ne fonctionnent pas bien ensemble.

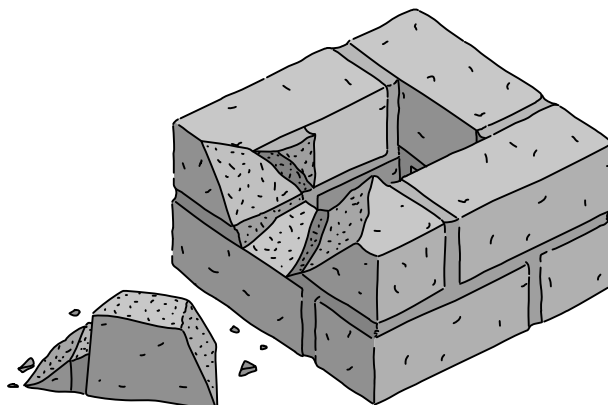
Pour réaliser cet essai, il faut bâtir un muret fermé comme sur le dessin, constitué de 8 briques maçonnées sur deux rangs. Une fois le muret suffisamment sec, taper énergiquement sur l'une des briques supérieures et observer le résultat.



Si la brique cède facilement et détache peu ou pas de mortier, les briques et le mortier ne sont pas compatibles ! Il faut changer de terre (l'une, l'autre ou les deux) et refaire l'essai jusqu'à obtenir un bon résultat.



Si la brique cède difficilement et entraîne avec elle des parties de mortier, les briques et le mortier sont compatibles car l'adhérence est bonne.



S3 - 3.1

AUTRES MATÉRIAUX

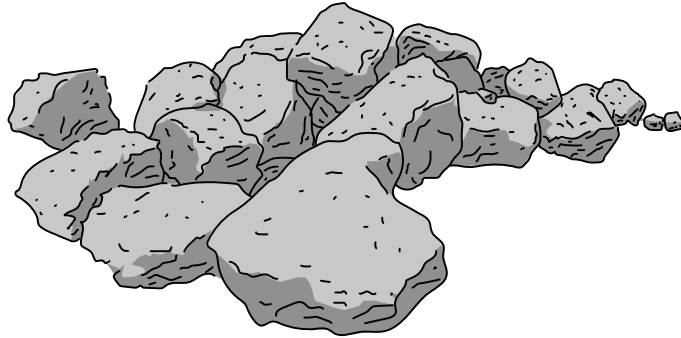
AUTRES MATÉRIAUX COURANTS

En plus de la terre et des briques, une construction en voûte nubienne nécessite que quelques matériaux supplémentaires indispensables :

1

Les pierres sauvages

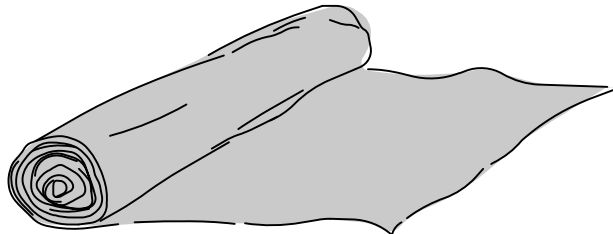
Elles sont utilisées dans les fondations (maçonnerie de blocage).
Elles peuvent être remplacées par du pisé en cas d'indisponibilité.



2

La bâche plastique

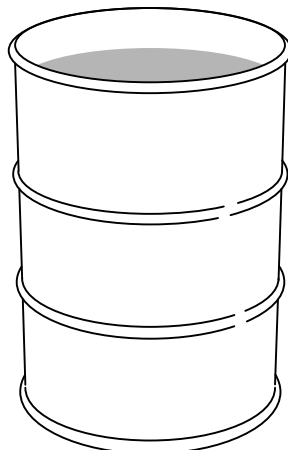
Elle participe de l'étanchéité de la toiture (posée sous la couche de terre d'étanchéité) et peut aussi être utilisée comme barrière contre les remontées d'humidité au niveau des fondations et des dalles de sols.



3

L'eau

Elle est nécessaire en quantité importante pendant toute la durée d'un chantier VN.



S3 - 3.2

AUTRES MATÉRIAUX

BLOCS DE PIERRE OU DE CIMENT ★AD

Si le budget le permet et que les matériaux sont disponibles, il est possible d'utiliser des blocs de pierre ou de ciment pour la maçonnerie extérieure des murs ou certaines parties sensibles du bâti (pieds de murs, acrotères...).

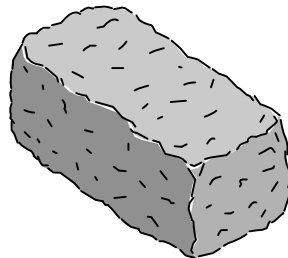
En général, les dimensions de ces blocs ont intérêt à être les mêmes que celles des briques de terre classiques pour pouvoir correctement les appareiller avec les briques de terre.

Parmi ces blocs, il y a notamment :

2

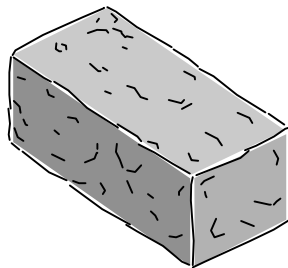
BLT

Briques de Latérite Taillées
(principalement au Burkina Faso).



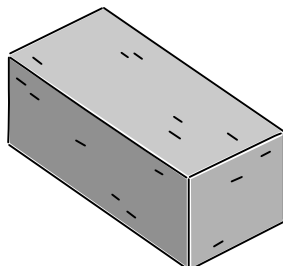
4

Blocs de pierre taillés



3

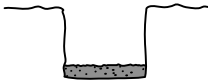
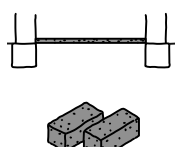
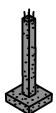
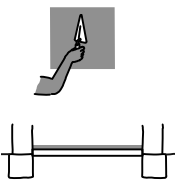
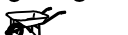
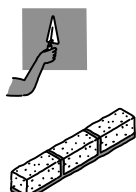
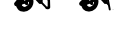
Blocs de béton pleins



S3 - 3.3

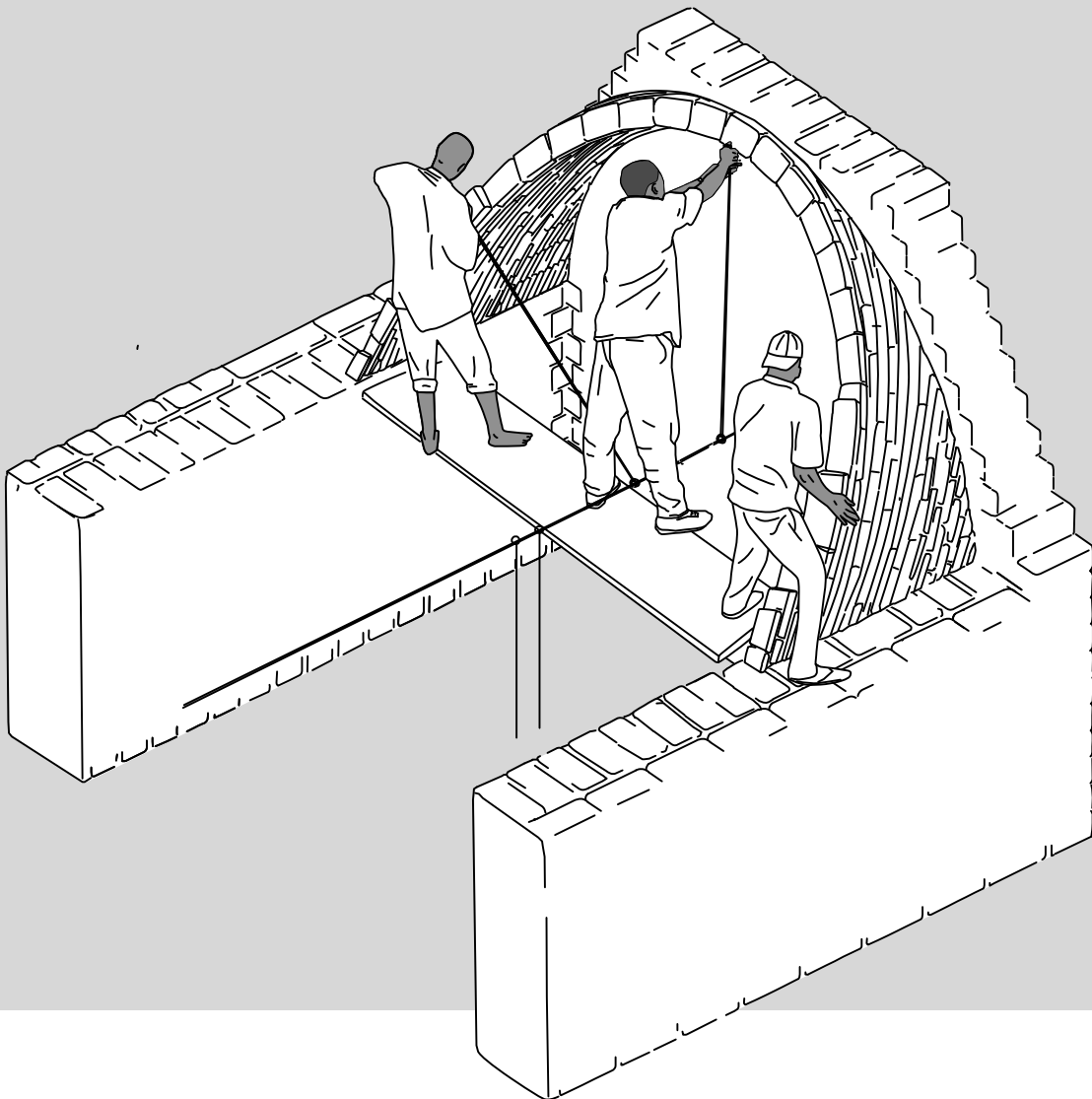
AUTRES MATERIAUX

DOSAGES BÉTONS ET MORTIERS DE CIMENT ★AD

		 Ciment	 Sable	 Gravier	 Eau
Béton de propreté 150 kg/m ³		50 kg 	200 l      	280 l        	25 l   
Béton pour ouvrages cyclopéens et petits ouvrages (couronnements d'acrotères...) 250 kg/m ³		50 kg 	105 l    	150 l   	25 l   
Béton pour massifs (dallages, blocs...) 300 kg/m ³		50 kg 	90 l  	120 l  	25 l   
Béton pour ossature en béton armé (semelles, poteaux, poutres...) 350 kg/m ³		50 kg 	75 l   	95 l   	25 l   
Mortier (chape, enduits - couche de finition) 300 kg/m ³		50 kg 	185 l     		25 l   
Mortier (mortier de pose, enduits - corps de charge) 400 kg/m ³		50 kg 	140 l      		25 l   
Mortier (enduits -gobetis) 500 kg/m ³		50 kg 	110 l    		25 l   

SECTION 4

DIMENSIONNEMENTS ET MISE EN ŒUVRE DU GROS-ŒUVRE

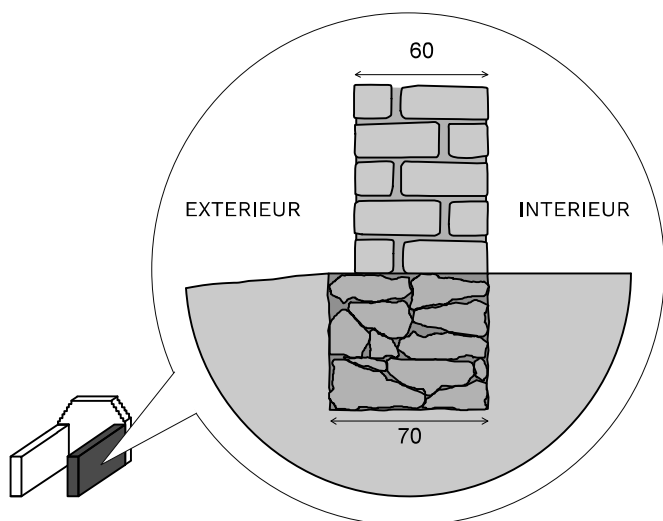


S4 - 1.1

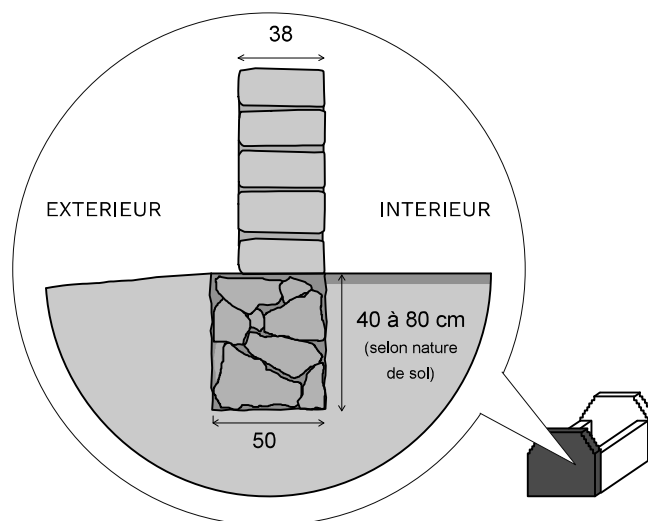
FONDACTIONS

DIMENSIONNEMENT DES FONDATIONS

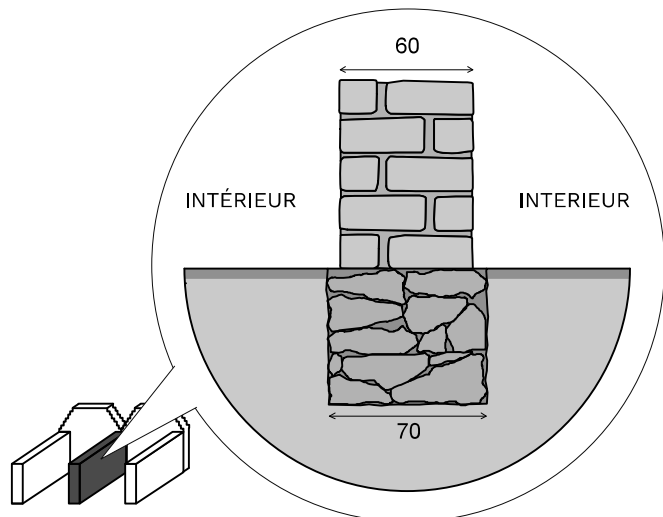
1
mur porteur extérieur



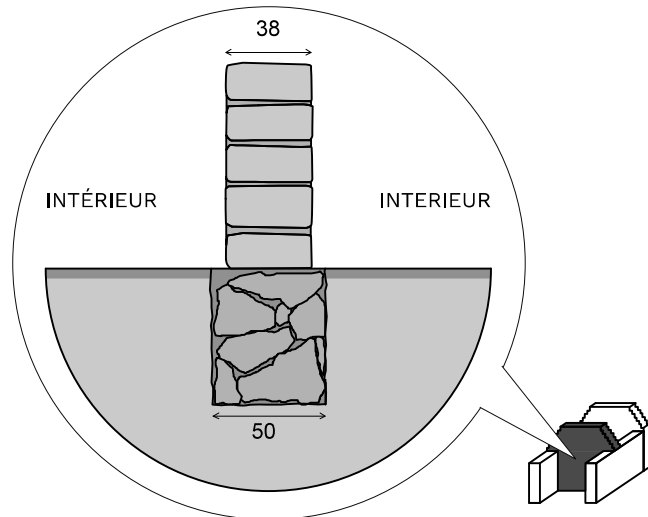
4
mur pignon



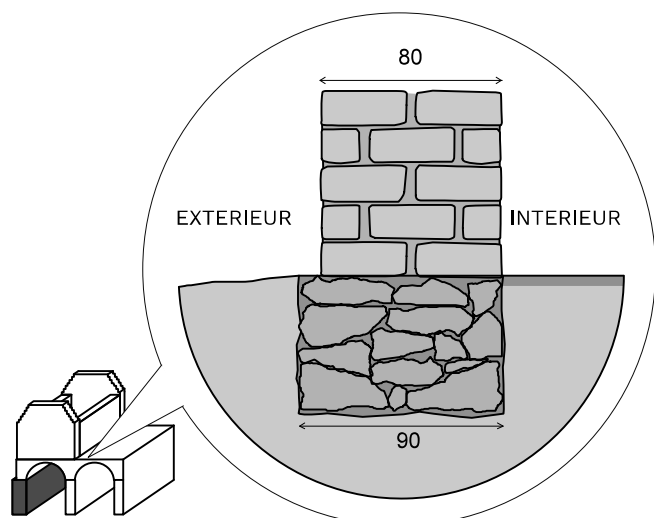
2
mur porteur intérieur
(entre deux voûtes)



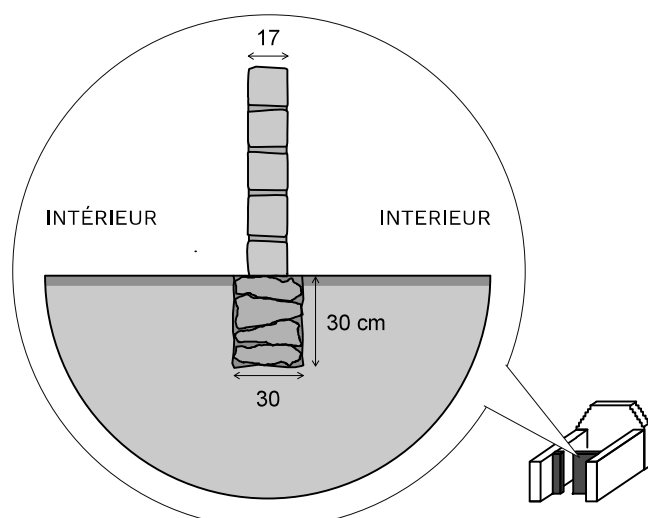
5
refend intérieur



3
mur porteur renforcé
(sous un étage, ou HNV > 175cm)



6
cloison lourde



S4 - 1.2

FONDACTIONS

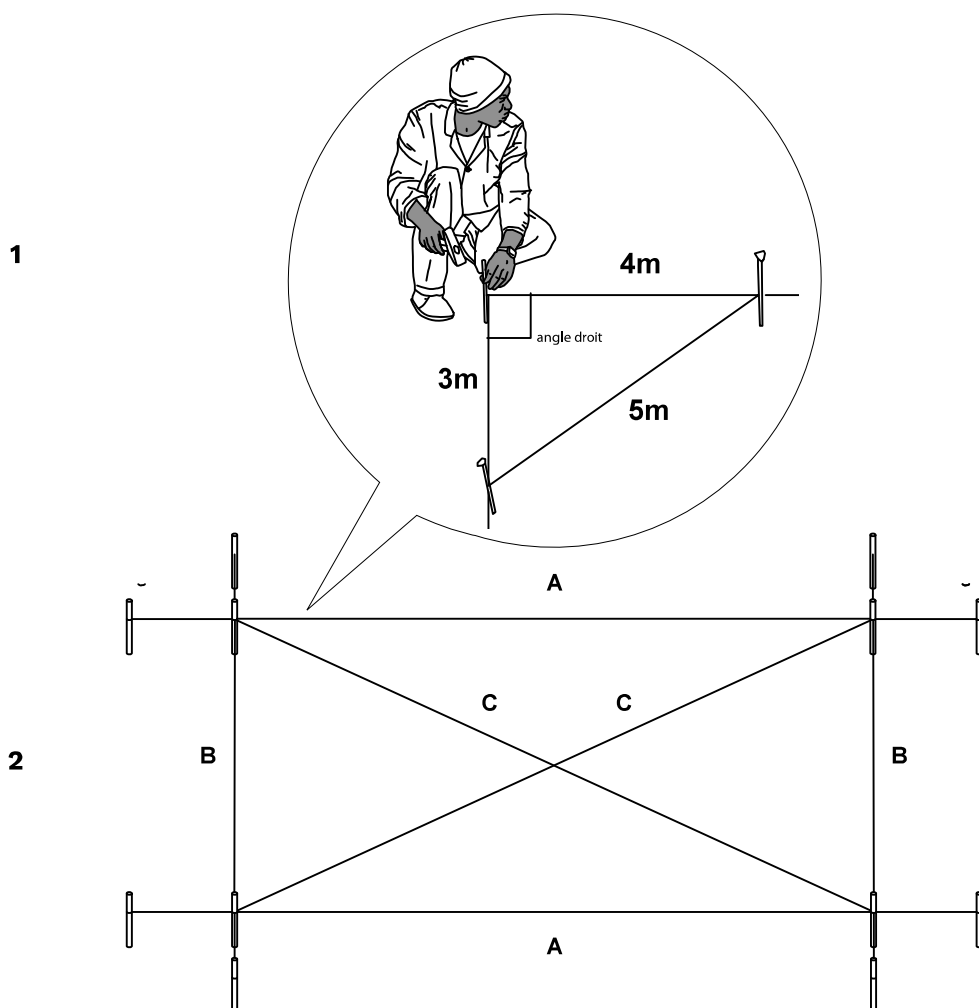
IMPLANTATION

[1] Pour positionner les ficelles qui guideront la construction, appliquer la règle du 3, 4, 5.

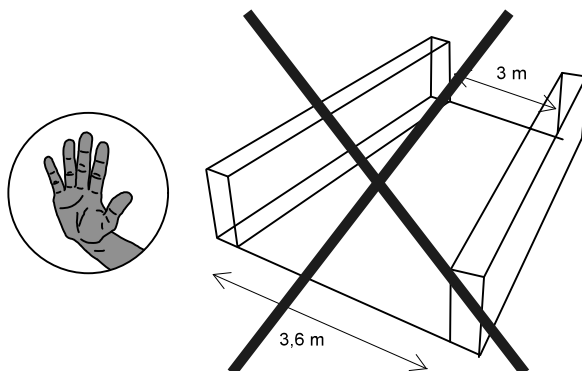
Cette règle permet de positionner les angles droits.

[2] Prolonger les ficelles et vérifier que $A=A$, $B=B$, $C=C$

Bien planter les piquets pour qu'ils ne soient pas arrachés.



RAPPEL:
LES MURS PORTEURS DOIVENT ETRE PARALLÈLES !

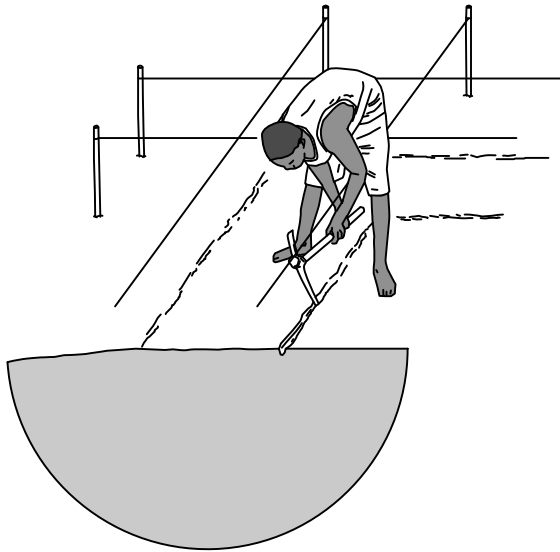


S4 - 1.3

FONDACTIONS FOUILLES

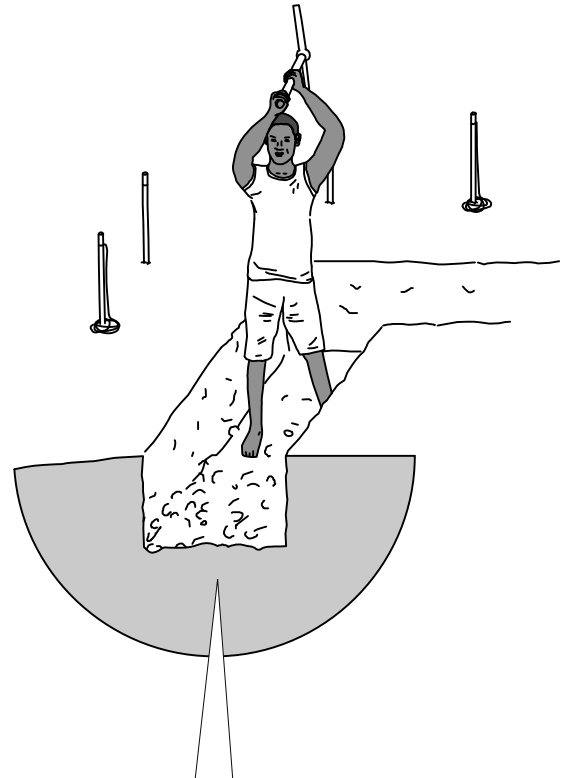
1

Tracer les fondations avec une pioche en se guidant des ficelles.
Il est aussi possible d'utiliser de la cendre pour tracer.



2

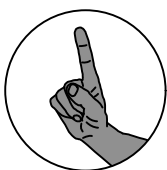
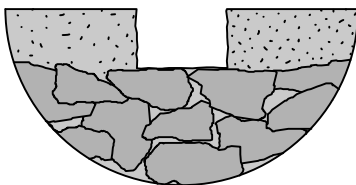
Une fois tracées, retirer les ficelles et creuser les fouilles.
Le fond doit être bien nivelé et régulé.



Les fouilles doivent être creusées jusqu'à trouver le bon sol qui est capable de recevoir le poids du bâtiment.

Bon sol peu profond :

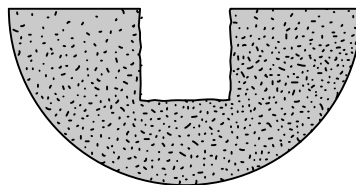
S'il y a des roches ou un sol très dur, les fouilles sont peu profondes.



ATTENTION : Parfois le même terrain a un bon sol à différentes profondeurs à différents endroits.

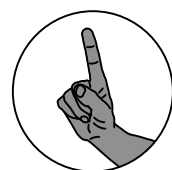
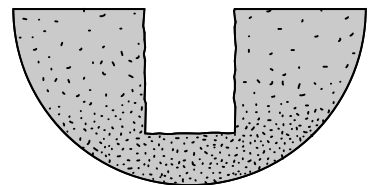
Bon sol courant :

Pour les sols les plus fréquents au Sahel, les fouilles font +/- 60 cm de profondeur.



Bon sol « plus profond » :

Dans ce cas, les fouilles peuvent descendre jusqu'à 100cm et plus.



ATTENTION : Plus les fouilles sont profondes, plus les fondations sont chères.

S4 - 1.4

FONDITIONS

FONDITIONS EN PIERRE ET MORTIER

Dans ce type de fondations, les pierres forment une maçonnerie de pierres crues liée au mortier. Pour garantir la stabilité de ces fondations, les pierres doivent être placées dans les fouilles avec grand soin, et le travail est réalisé par couches successives.

REMARQUES :

- Ratio moyen 80% pierre / 20% mortier
- Le mortier de terre est la solution la plus économique. Il peut être remplacé par un mortier de ciment dosé à 250 kg/m³, ou encore un mortier de chaux (si disponible)
- En cas d'installation de plomberie, des réservations doivent être insérées en traversée de fondations afin de permettre les raccords ultérieurs.

1

Pierres sauvages

Poser les grandes pierres sur leur côté plat à l'extérieur.
Comblar les vides avec du mortier et des plus petits cailloux.

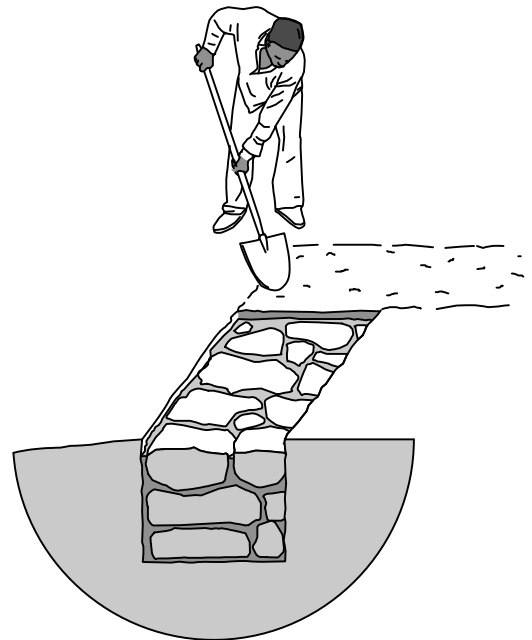
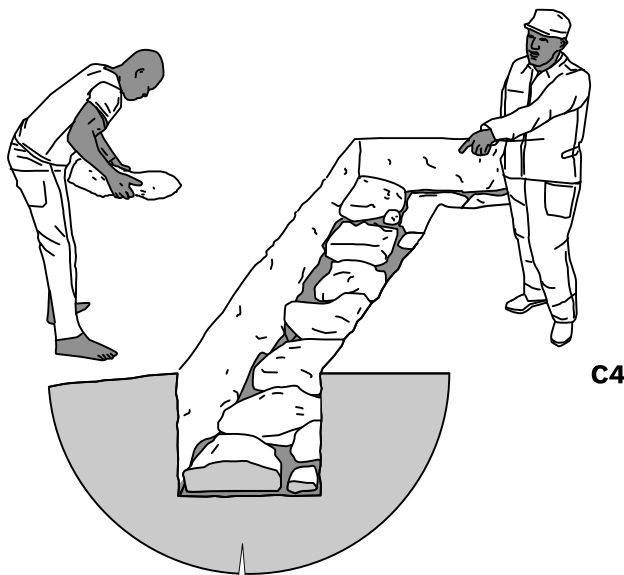
2

Remplissage

Remplir les vides entre les pierres avec du mortier et arraser la couche supérieure.

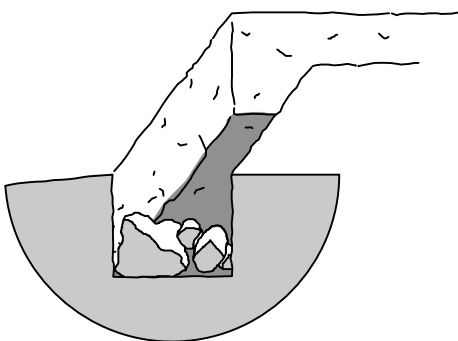
RAPPEL :

Le chef maçon ne doit pas laisser la réalisation des fondations aux apprentis seuls.



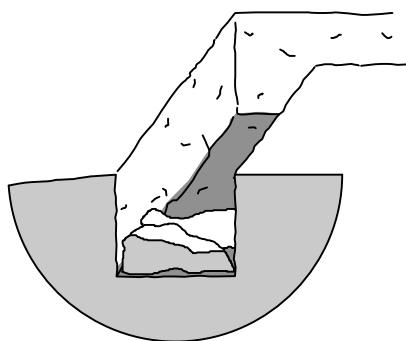
1

Grosses pierres sur les côtés extérieurs



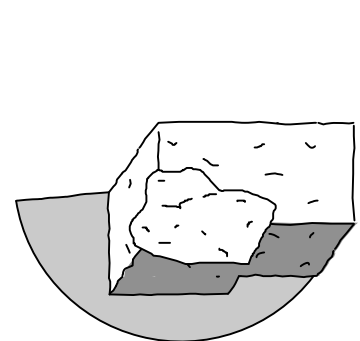
2

Longueur perpendiculaire à la fondation



3

Grosses pierres dans les angles



S4 - 1.5

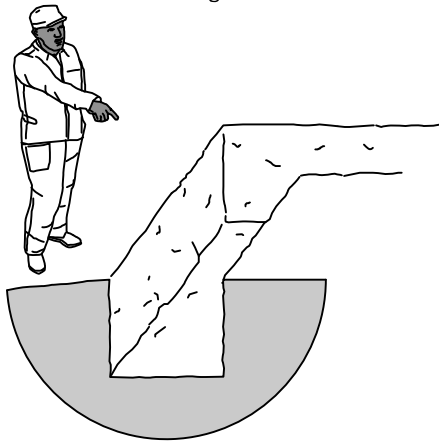
FONDATIONS

FONDATIONS EN PISÉ ★AD

Lorsqu'on les cailloux nécessaires aux fondations classiques ne sont pas disponibles, il est possible de réaliser des fondations en pisé. Cette technique nécessite un savoir faire particulier. Les maçons VN qui y ont recours doivent en maîtriser la mise en œuvre qui doit se faire de façon très rigoureuse !

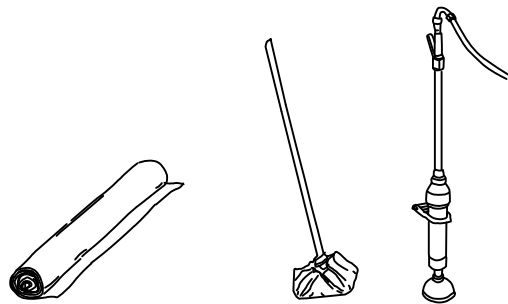
1

Fondations de mêmes dimensions que les fondations classiques.
Si le sol le permet, fondations toujours aussi profondes que larges !



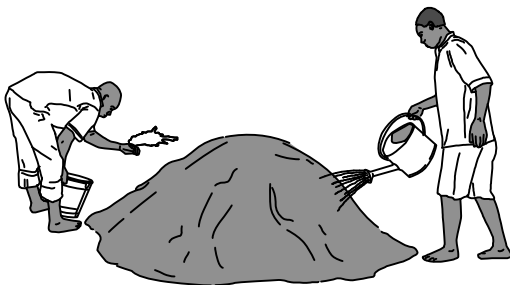
2

Matériel nécessaire :
- Bâche plastique
- Dames (manuelles ou pneumatiques)



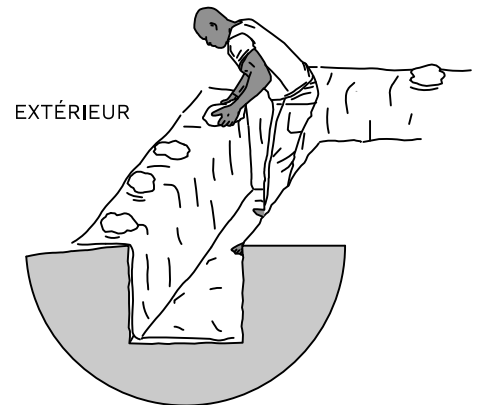
3

Préparation de la terre
Mouillage : la terre doit être humide, mais pas collante à la prise en main.
La terre doit comporter +/- 30% de gravier, 30% de sable et 30% d'argile et limon.



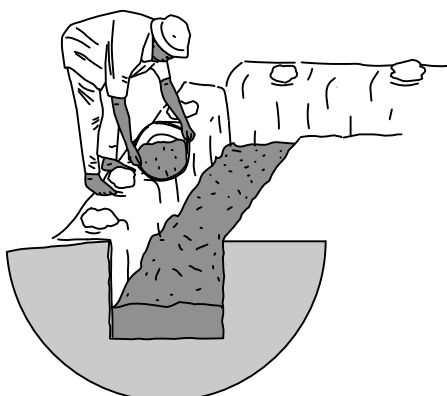
4

Mise en place de la bâche en périphérie et en fond de fouilles



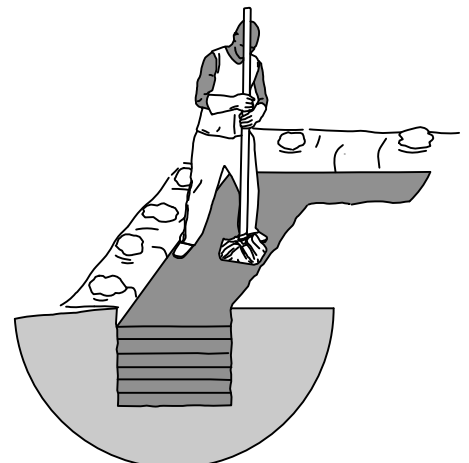
5

Remplissage des fouilles
par couches successives de 15cm d'épaisseur de mélange brut.



6

Chaque couche est damée énergiquement pour former une couche compacte. Répéter l'opération jusqu'au remplissage des fouilles.



S4 - 2.1

SOUBASSEMENTS

PIEDS DE MURS RENFORCÉS PAR UN BANC ★AD

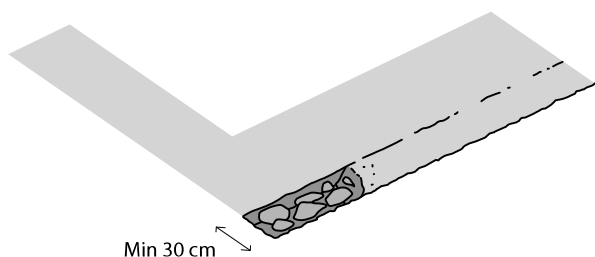
La base extérieure des murs en terre est une zone sensible, particulièrement à l'eau : passage ponctuel, rejaillissement, capillarité, etc. Des pieds de murs renforcés permettent de réduire cette sensibilité en offrant une protection supplémentaire.

Un banc en briques de terre assure une bonne protection et est économique, tout en étant utile.

Ce poste doit respecter les règles d'appareillage (voir fiche **S4 - 3.2**).

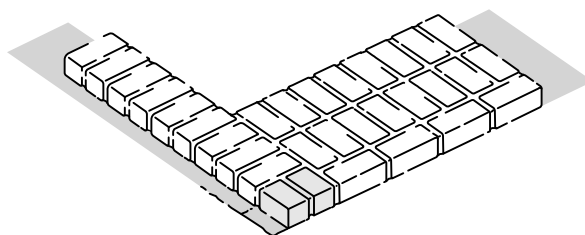
1

Faire une fondation de minimum 30 cm de large et d'environ 30 cm de profondeur pour le banc.



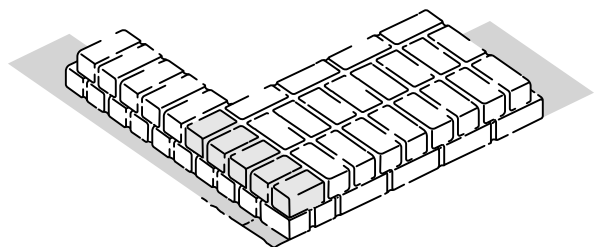
2

Poser le 1er rang en suivant les règles d'appareillage.



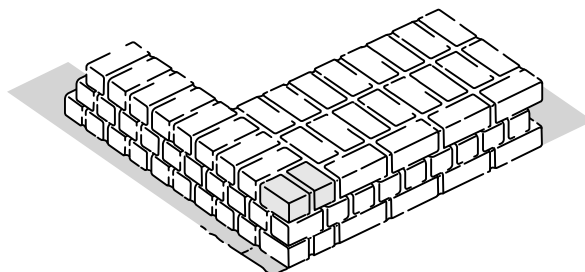
3

Poser le 2ème rang.



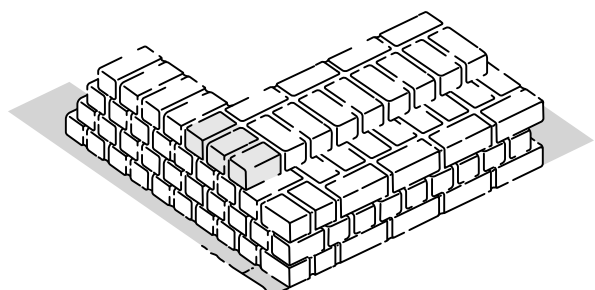
4

Poser le 3ème rang (identique au 1er).



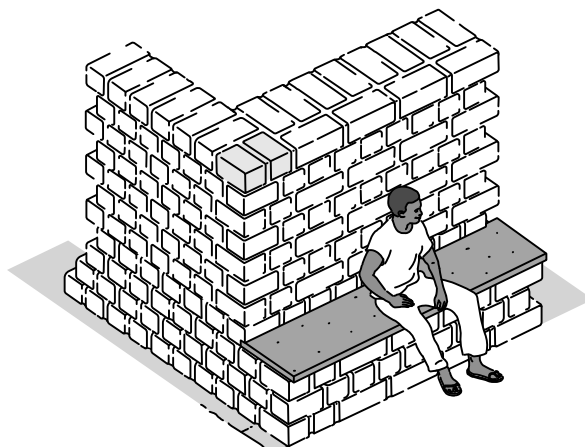
5

Une fois la hauteur souhaitée pour le banc atteinte, poursuivre avec les appareillages d'un mur normal (voir fiche **S4 - 3.2**)



6

Avant les finitions, il est possible de protéger l'assise du banc avec du ciment ou du béton.



S4 - 2.2

SOUBASSEMENTS

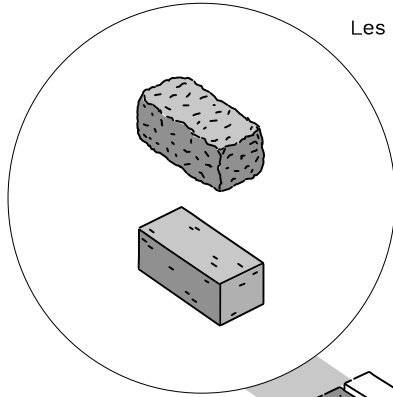
SOUBASSEMENTS EN BLOCS DE PIERRE OU DE CIMENT ★AD

La base extérieure des murs en terre est une zone sensible, particulièrement à l'eau : passage ponctuel, rejaillissement, capillarité, etc. Des pieds de murs renforcés permettent de réduire cette sensibilité en offrant une protection supplémentaire.

Un soubassement réalisé en blocs spéciaux non sensibles à l'eau (voir fiche **S3 - 3.2**) assure une bonne protection.

Ce poste doit respecter les règles d'appareillage (voir fiche **S4 - 3.2**).

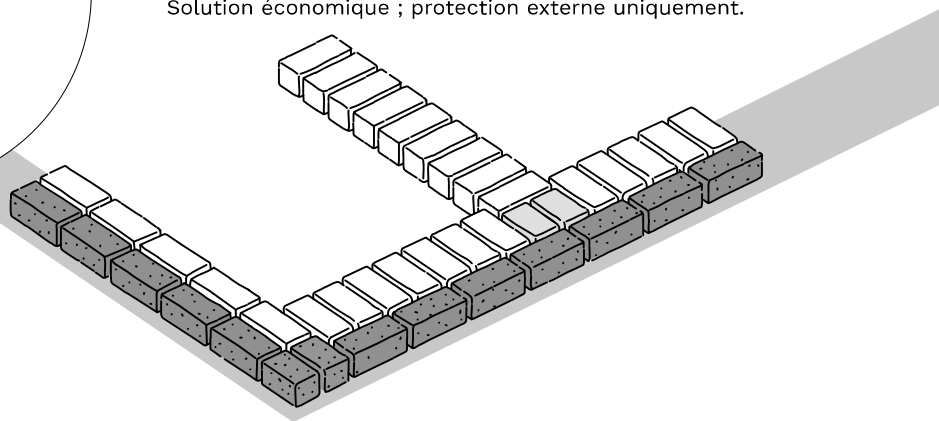
Les différentes options, de mixte à complet débordant :



1

Soubassement mixte (briques de terre à l'intérieur et blocs de pierre ou de ciment à l'extérieur).

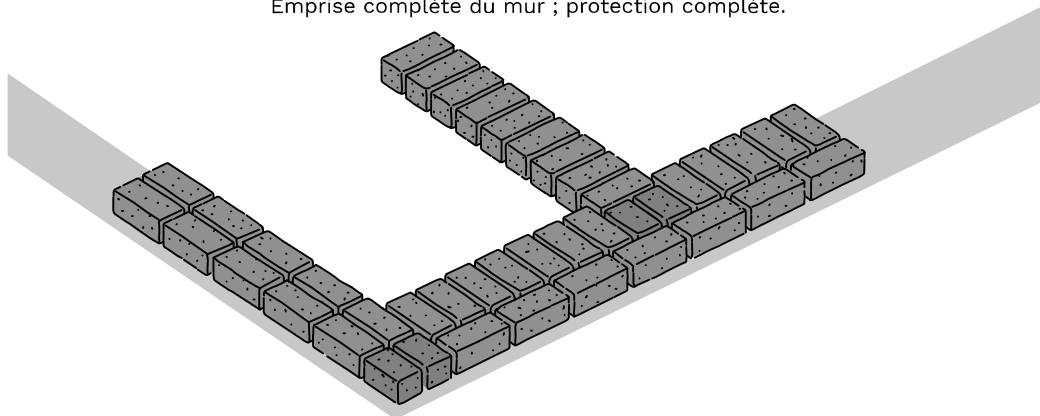
Solution économique ; protection externe uniquement.



2

Soubassement complet (entièrement constitué de blocs de pierre ou de ciment).

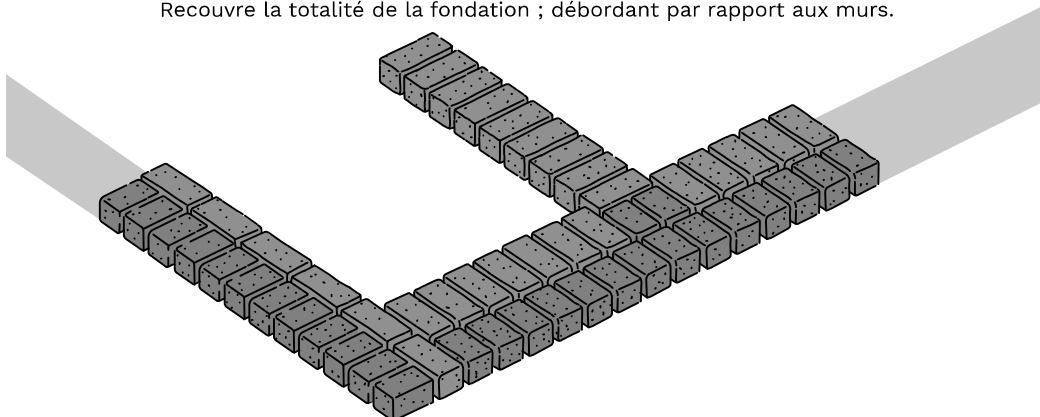
Emprise complète du mur ; protection complète.



3

Soubassement complet débordant (entièrement constitué de blocs de pierre ou de ciment).

Recouvre la totalité de la fondation ; débordant par rapport aux murs.



S4 - 2.3

SOUBASSEMENTS

SOUBASSEMENTS EN BÉTON CYCLOPÉEN ★AD

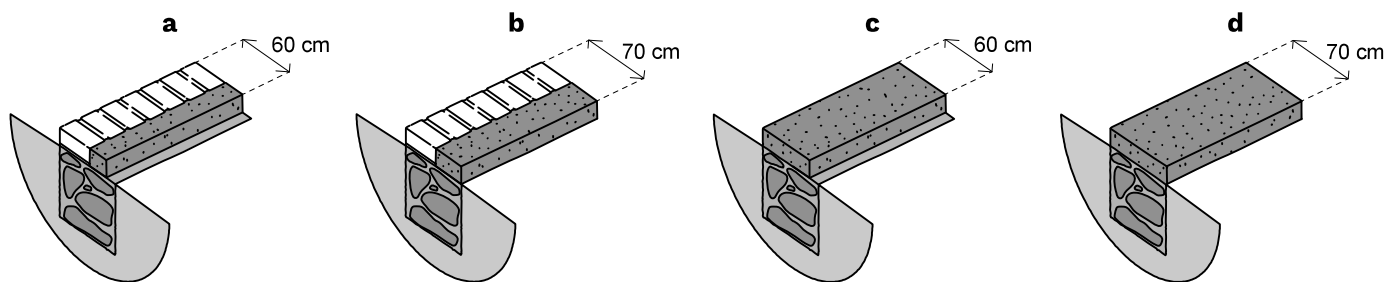
La base extérieure des murs en terre est une zone sensible, particulièrement à l'eau : passage ponctuel, rejaillissement, capillarité, etc. Des pieds de murs renforcés permettent de réduire cette sensibilité en offrant une protection supplémentaire.

Un soubassement réalisé en béton de ciment cyclopéen assure une bonne protection.

Les différentes options, de mixte à complet débordant :

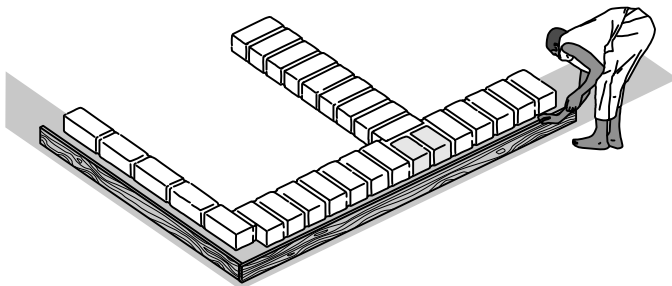
- Soubassement mixte (briques de terre à l'intérieur et béton cyclopéen à l'extérieur) à l'aplomb des murs **[a]**
- Soubassement mixte débordant, couvrant toute la fondation **[b]**
- Soubassement béton cyclopéen complet à l'aplomb des murs **[c]**
- Soubassement en béton cyclopéen complet débordant, couvrant toute la fondation **[d]**

Ce poste doit respecter les règles d'appareillage. Voir fiche **S4 - 3.2**.



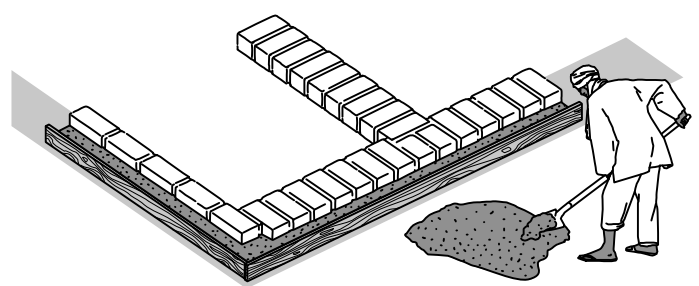
1

Poser les briques de terre et mettre en place le coffrage pour le béton.



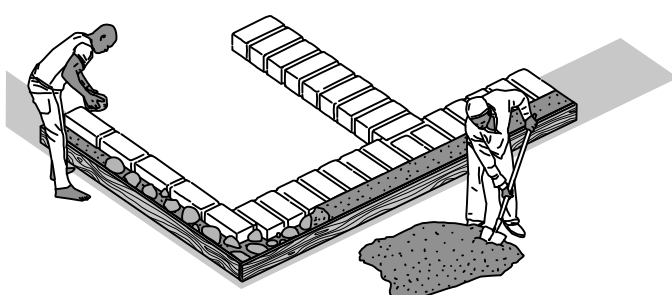
2

Verser dans le coffrage 4 à 5 cm de mélange de béton de ciment dosé à 250 kg.



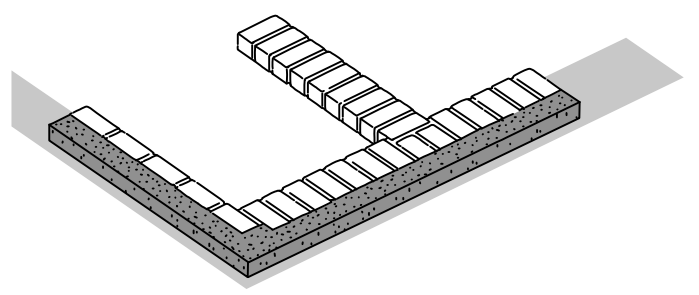
3

Installer les pierres dans le béton avant sa prise, sans qu'elles se touchent (60% pierre / 40% béton). Remplir le reste du coffrage de béton.



4

Lisser la surface supérieure du béton. Laisser sécher 2 jours avant de décoffrer.



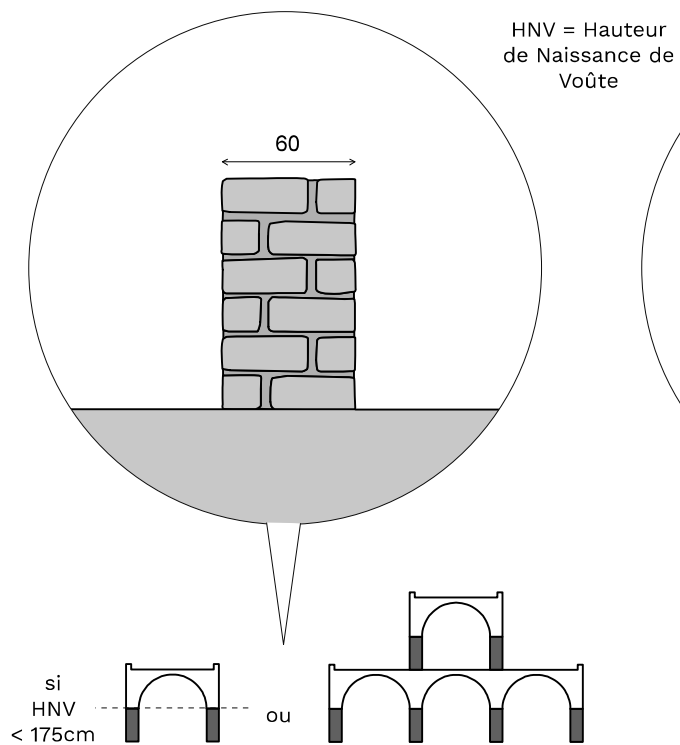
S4 - 3.1

MURS

DIMENSIONNEMENT DES MURS

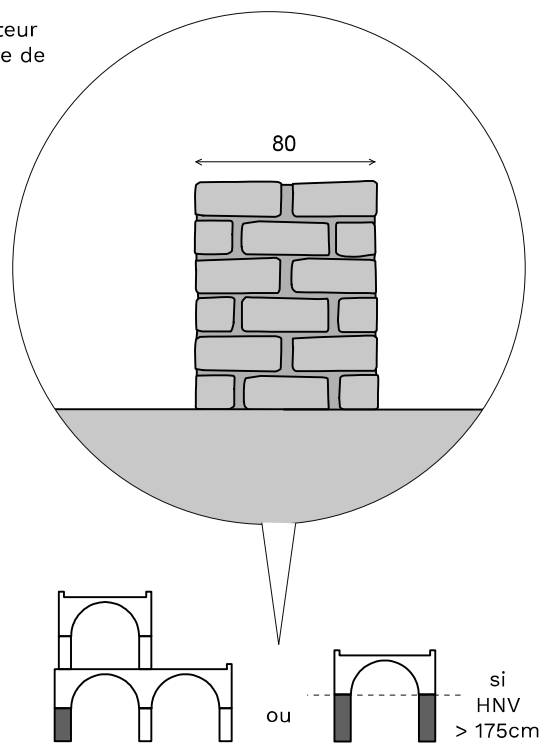
1

- Murs porteurs 60cm :
- Si HNV inférieure à 175cm
 - Si étage, uniquement mur porteur intérieur (entre 2 voûtes)



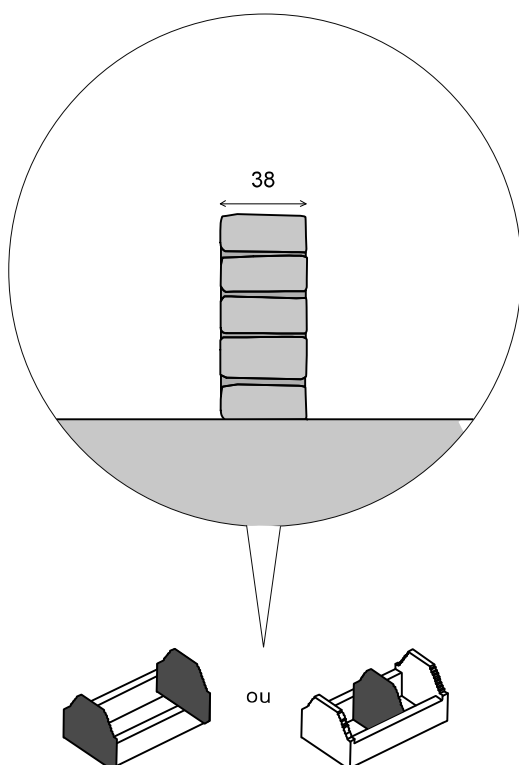
2

- Murs porteurs 80cm :
- Si HNV supérieure à 175cm
 - Si étage, mur porteur extérieur



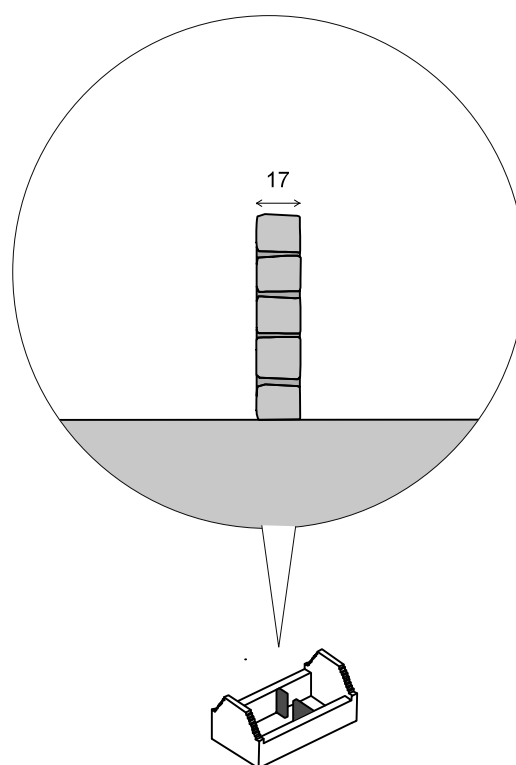
3

- Murs pignons et refends
38 cm



4

- Cloisons lourdes
17 cm



S4 - 3.2a

MURS

PRINCIPES D'APPAREILLAGES DES MURS ET DES SOUBASSEMENTS

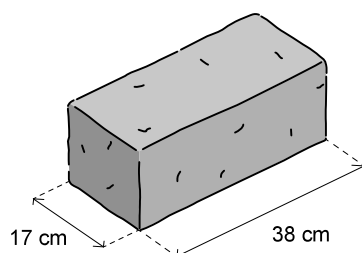
L'appareillage est la façon de disposer les briques entre elles à l'intérieur d'une maçonnerie pour lui conférer une solidité et une stabilité satisfaisante.

Pour les bâtiments en voûte nubienne, deux types de briques sont utilisés : les briques entières et les briques 3/4. Leurs dimensions standards sont données et expliquées ici :

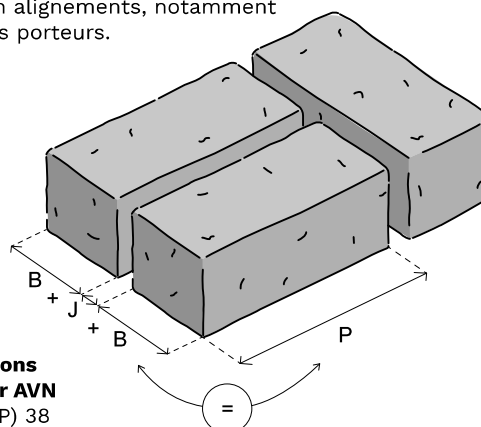
1

Les briques entières

Les dimensions des briques entières suivent la règle :
boutisse (B) + joint (J) + boutisse (B) = panneresse (P)
Cela permet d'assurer de bon alignements, notamment dans les murs porteurs.



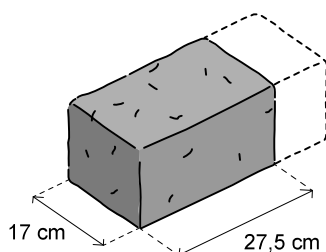
Exemple avec dimensions standards proposées par AVN
(B) 17 + (J) 4 + (B) 17 = (P) 38



2

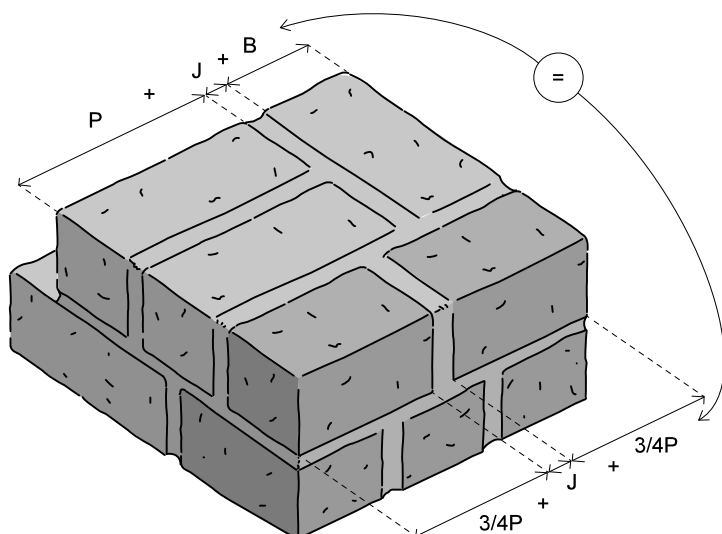
Les briques 3/4

Les briques 3/4 sont utilisées dans presque tous les types de murs. Elles peuvent être taillées dans des briques entières ou moulées sur mesure. Elles font les 3/4 de la longueur d'une brique entière.



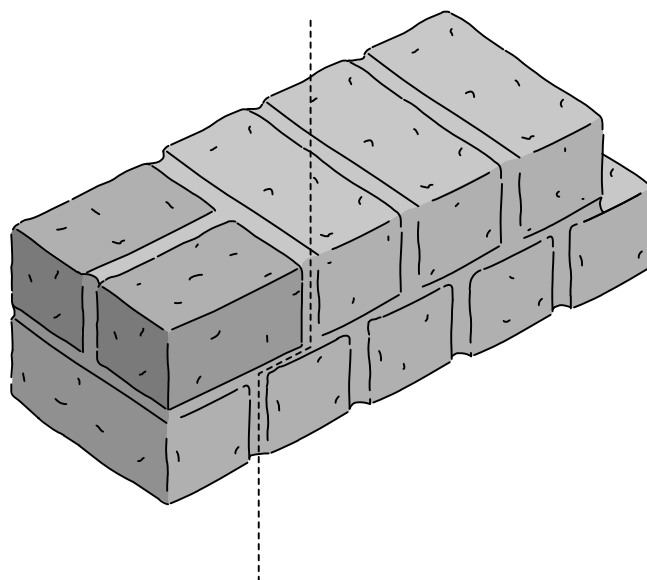
Pour les dimensions standards proposées par AVN, la brique 3/4 fait 27,5cm de longueur.

Ces briques ont deux fonctions principales :
- Décaler les briques d'un rang à l'autre pour que les joints ne se chevauchent pas.



Exemple avec dimensions standards proposées par AVN
(P) 38 + (J) 5 + (B) 17 = 60

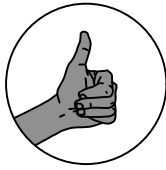
(3/4P) 27,5 + (J) 5 + (3/4P) 27,5 = 60



S4 - 3.2b

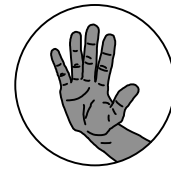
MURS

PRINCIPES D'APPAREILLAGES DES MURS ET DES SOUBASSEMENTS

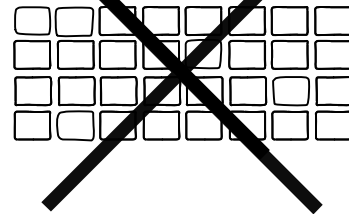
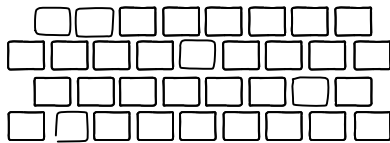


IMPORTANT :

La règle d'appareillage la plus importante est de ne jamais avoir de chevauchement des joints d'un rang à l'autre

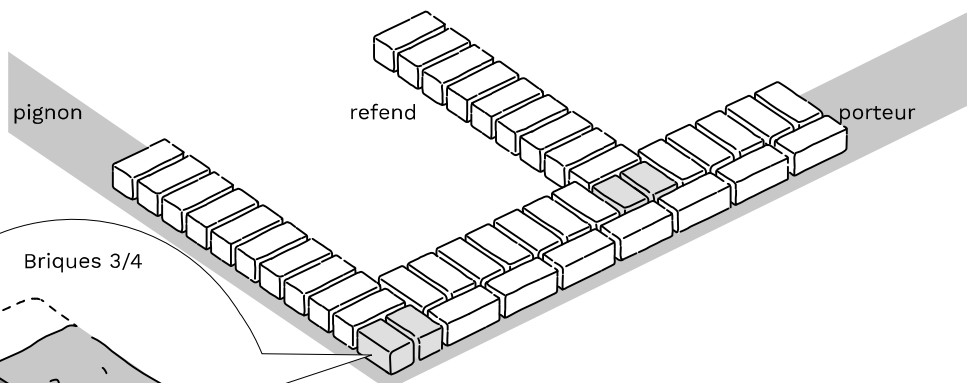


Epaisseurs idéales :
Joints verticaux : 4 à 5 cm
Joints horizontaux : 2 à 3 cm



1

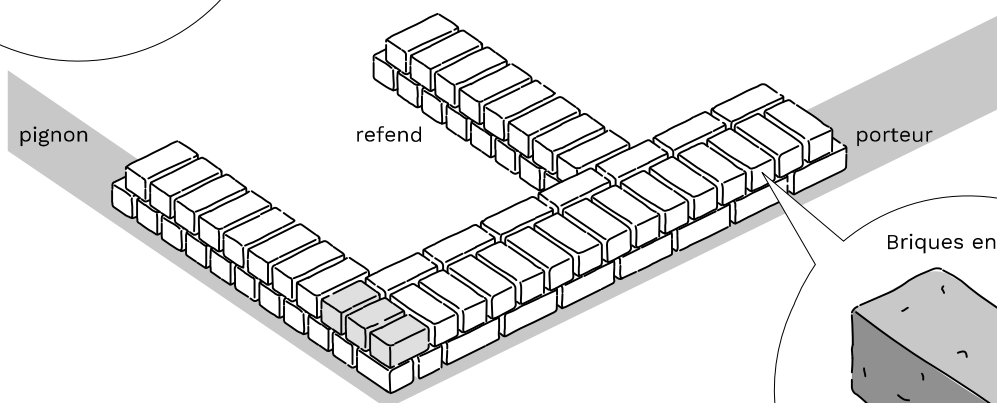
Rangs impairs
(1ère rang, 3ème rang, 5ème rang, etc.)



Briques 3/4

2

Rangs pairs
(2ème rang, 4ème rang, 6ème rang, etc.)



Briques entières

S4 - 3.2c

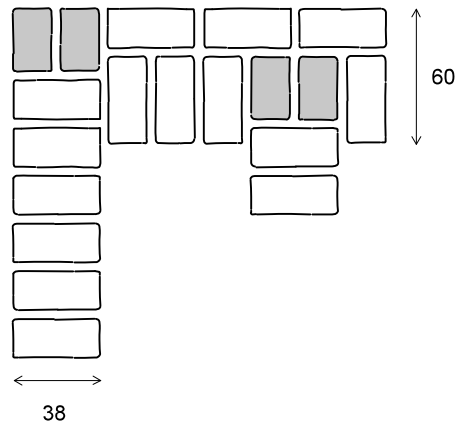
MURS

PRINCIPES D'APPAREILLAGES DES MURS ET DES SOUBASSEMENTS

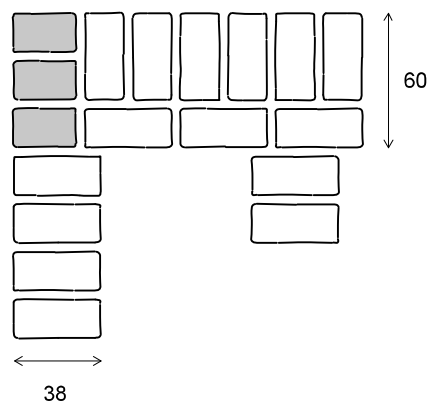
1

Murs courants : porteur 60 + pignon 38

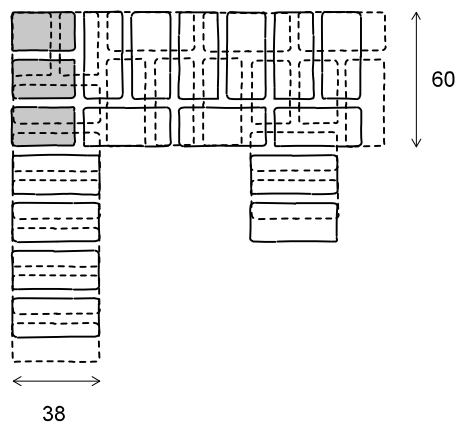
Rangs impairs



Rangs pairs



Superposition



S4 - 3.3

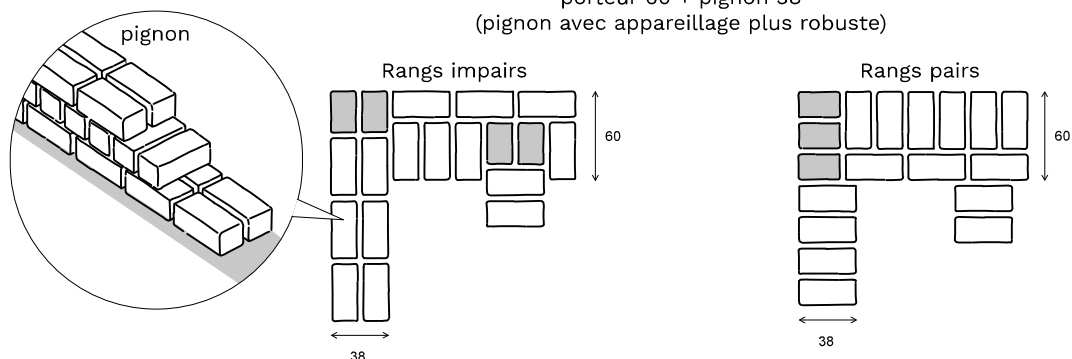
MURS

AUTRES EXEMPLES D'APPAREILLAGES

AVN propose ces types d'appareillages, qui couvrent les différents cas de figure courants rencontrés sur les chantiers VN.

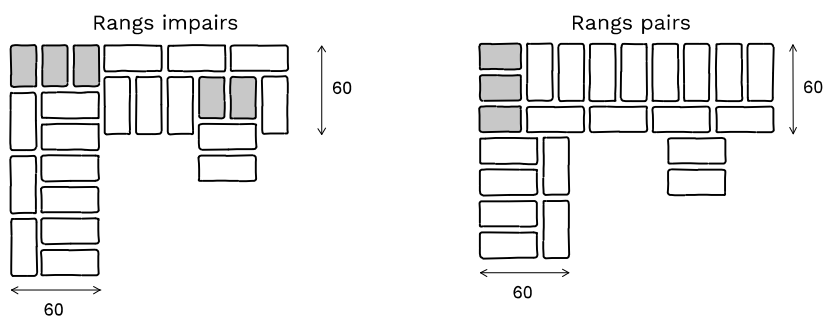
1

porteur 60 + pignon 38
(pignon avec appareillage plus robuste)



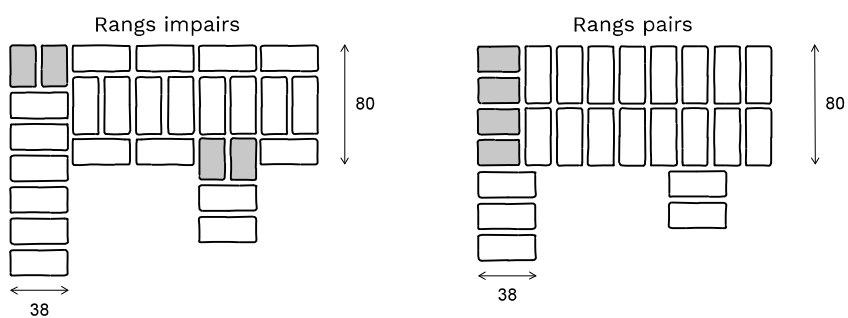
2

porteur 60 + pignon 60



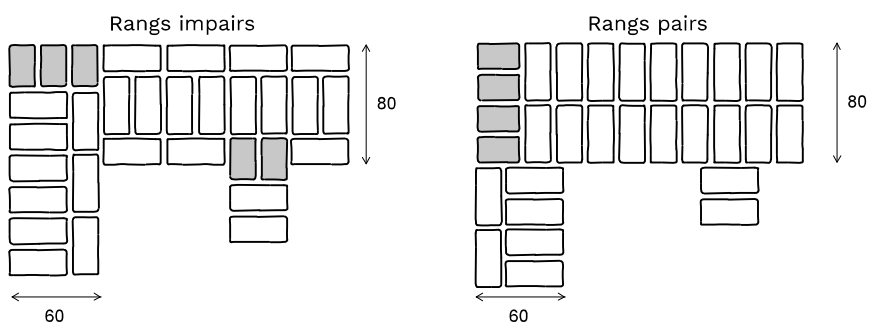
3

Porteur 80 (renforcement étage) + pignon 38



4

Porteur 80 (renforcement étage) + pignon 60 (renforcement pignon)



S4 - 3.4

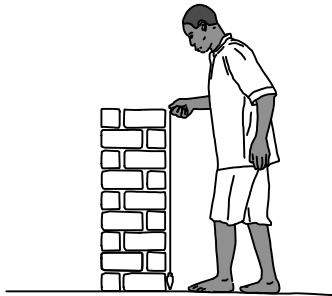
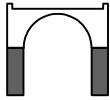
MURS

PRINCIPES DE POSE

1

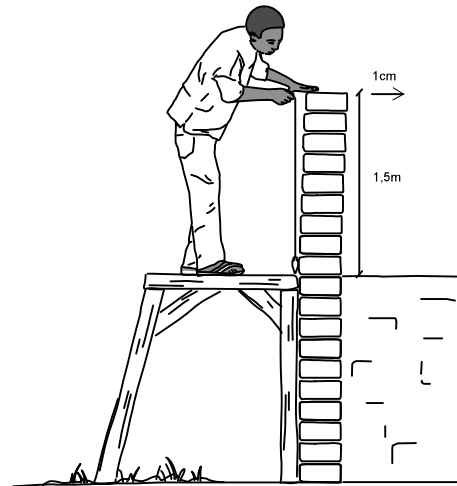
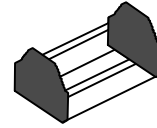
Aplomb

Pour contrôler l'aplomb, utiliser un fil à plomb (ou simplement un poids au bout d'une ficelle).
Les murs porteurs, les refends, et les cloisons sont montés droit.



2

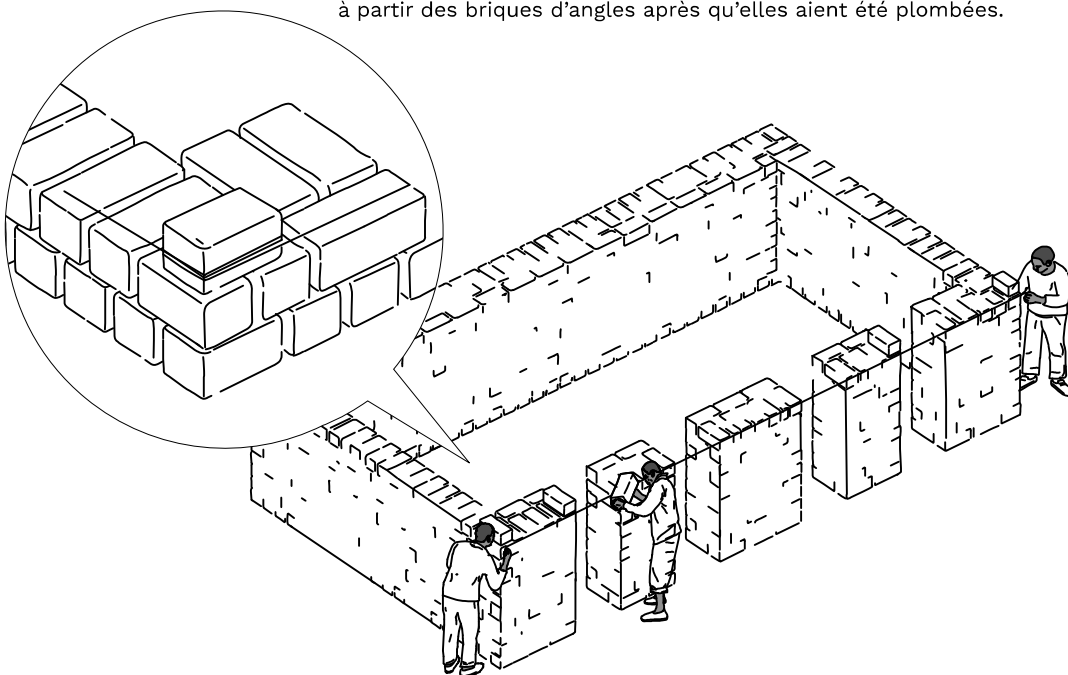
Les murs pignons peuvent être légèrement inclinés vers l'intérieur de la voûte.
Décalage de 1 cm pour 150 cm de hauteur à partir de la hauteur de naissance de voûte.



3

Alignement

Rang après rang, il faut contrôler l'alignement des briques en positionnant un cordeau sur l'extérieur du rang en construction, à partir des briques d'angles après qu'elles aient été plombées.



S4 - 3.5

MURS

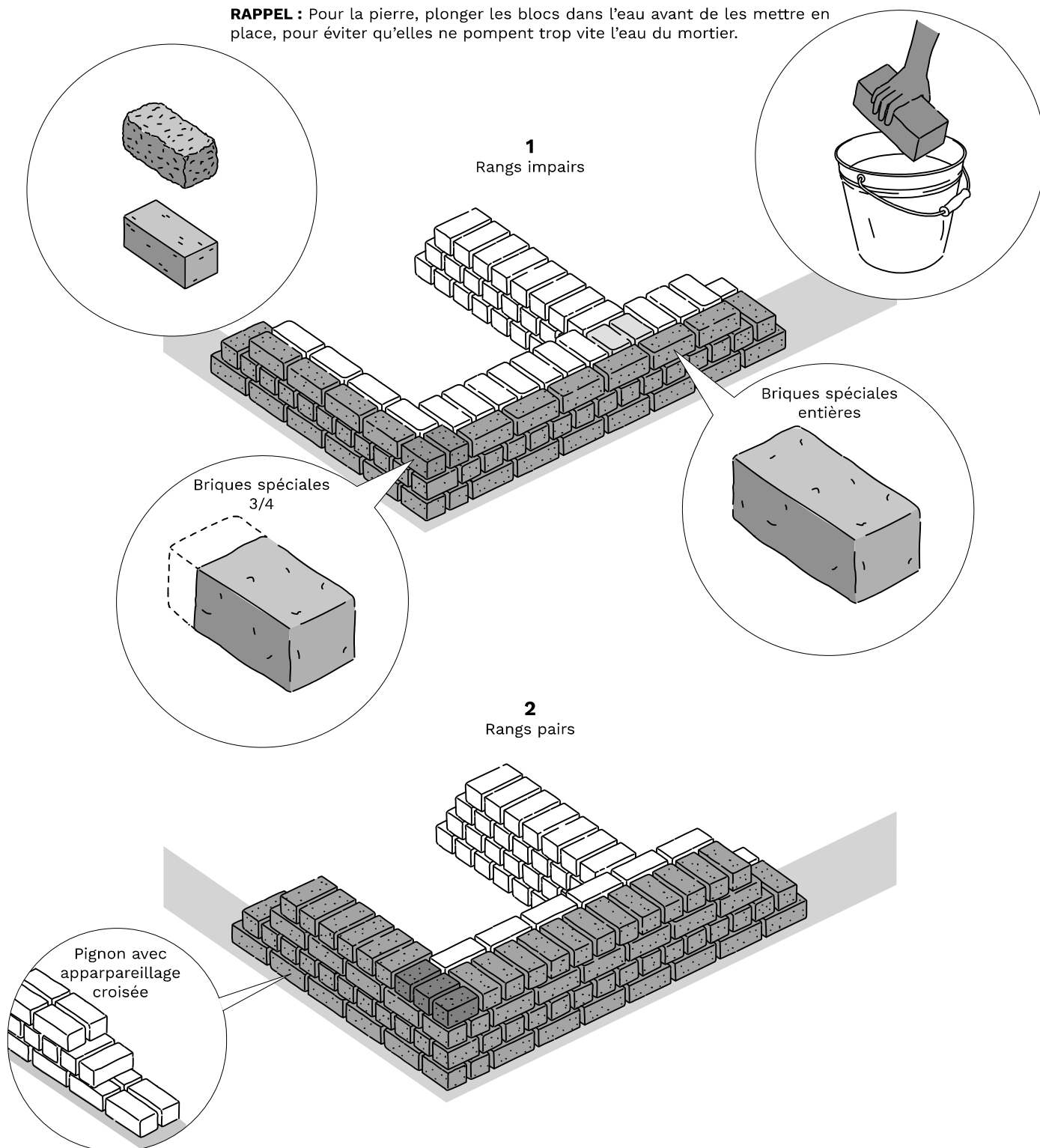
MURS MIXTES ★AD

Afin de permettre une bonne accroche des enduits ciment ou de supprimer tout besoin d'enduit sur les murs extérieurs, il est possible de réaliser des murs dits « mixtes ». Cela consiste à maçonner dans la partie extérieure des murs (celle qui est exposée aux intempéries) des matériaux autres que la brique de terre crue.

Les briques spéciales doivent avoir la même épaisseur que les briques de terre crue, et sont maçonnées au mortier de terre. En fin de construction, les BBSC (voir fiche **S3 - 1.6**) recevront un enduit ciment et les autres types de blocs spéciaux (voir fiche **S3 - 3.2**) seront jointoyés au mortier de ciment.

REMARQUE : Pour économiser sur les briques spéciales qui sont plus chères, il est conseillé de réaliser des appareillages croisés.

RAPPEL : Pour la pierre, plonger les blocs dans l'eau avant de les mettre en place, pour éviter qu'elles ne pompent trop vite l'eau du mortier.

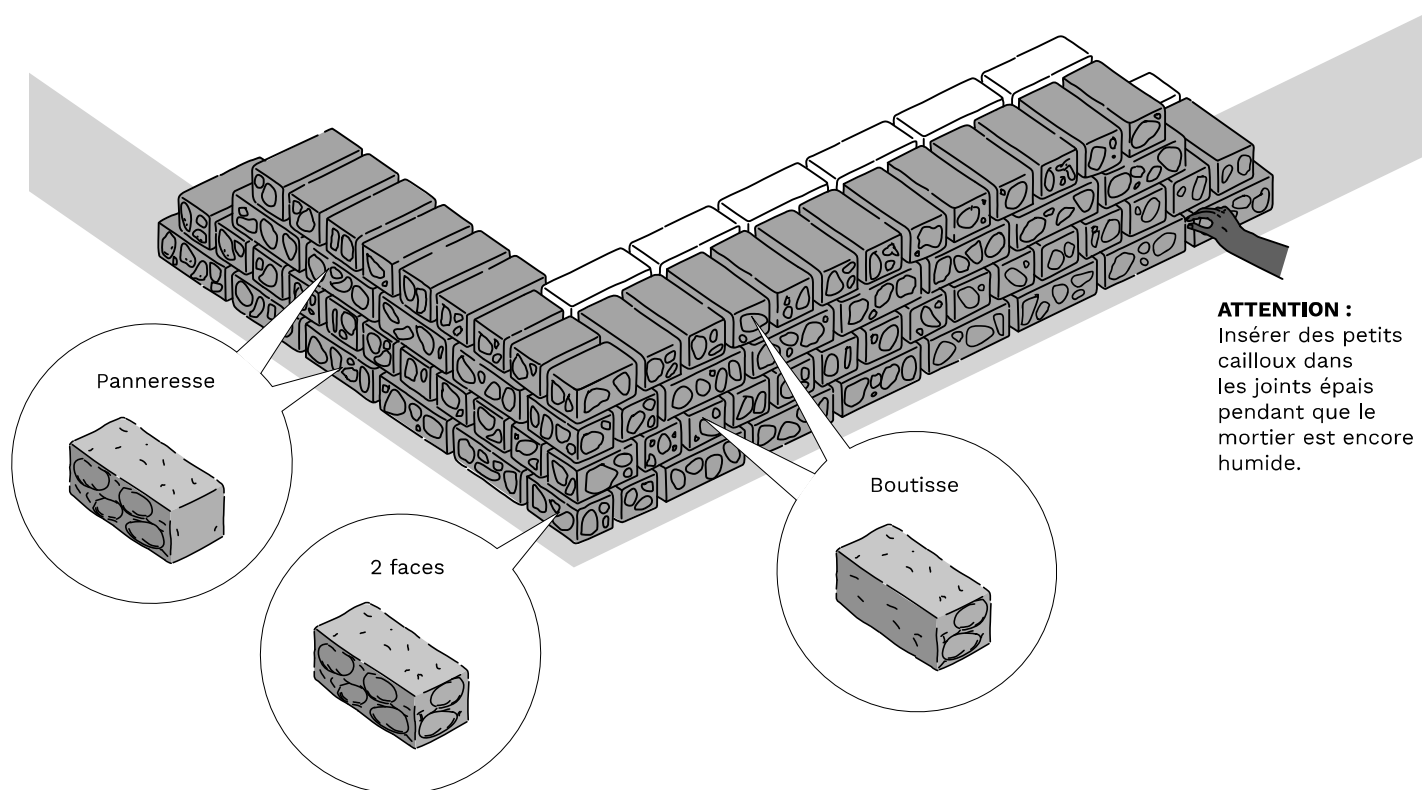


S4 - 3.6

MURS

MURS MIXTES AVEC BBSC ★AD

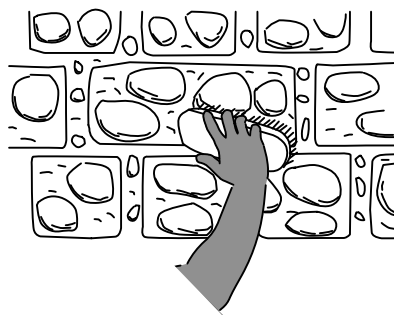
Les murs mixtes avec BBSC nécessitent différents types de BBSC. Certaines auront des cailloux sur la boutisse, d'autres sur la panneresse et d'autres sur les deux faces. Voir fiche **S3 - 1.6** pour la production des BBSC.



Lorsque le travail de maçonnerie est terminé, utiliser un pic et une brosse métallique pour bien faire apparaître les cailloux et obtenir une surface propre.

ATTENTION :

Ce travail doit être fait délicatement afin de ne pas desceller les cailloux !

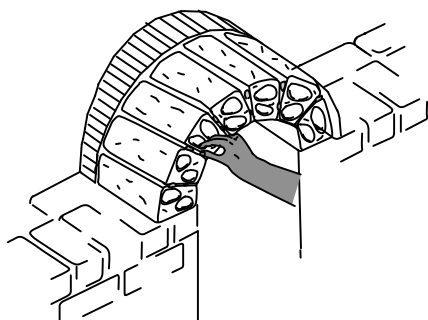


Les voûtains peuvent être réalisés en BBSC avec des cailloux en boutisse, ou en petites briques.

Insérer des petits cailloux dans les joints pendant que le mortier est encore humide

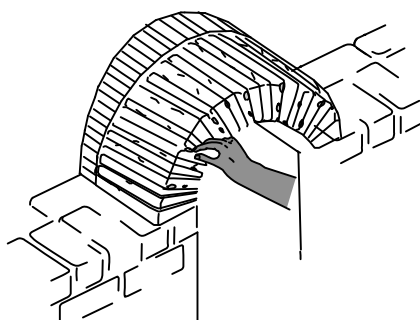
1

Arc réalisé avec des BBSC



2

Arc réalisé avec des petites briques.



S4 - 3.7

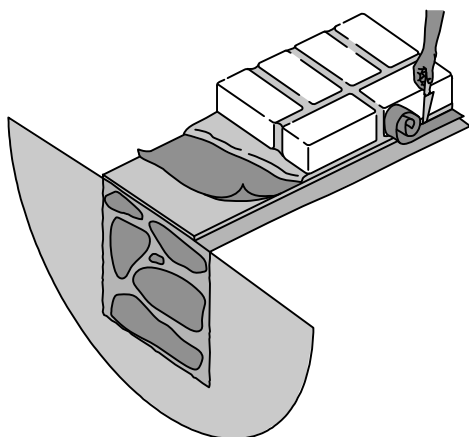
MURS

BARRIÈRE CAPILLAIRE ★AD

La barrière capillaire permet de bloquer les remontées d'humidité depuis le sol vers les murs en terre crue. La barrière capillaire est recommandée en particulier dans les cas suivants :

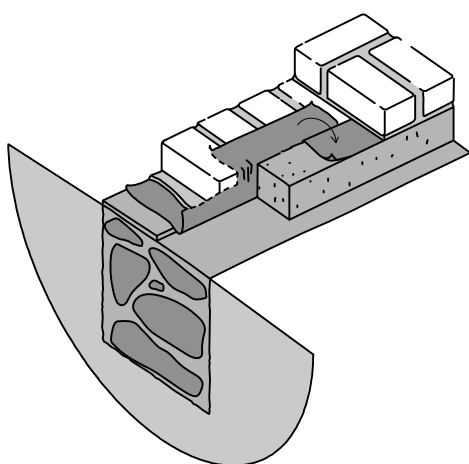
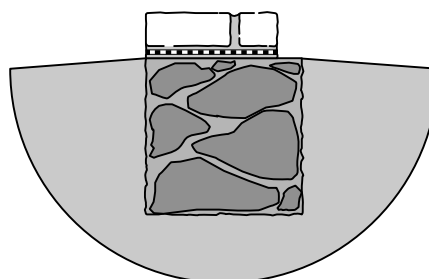
- En cas de présence d'humidité dans le sol ;
- En cas d'application d'enduits peu respirants (sable-ciment, stabilisé au bitume, etc.) à l'extérieur, à l'intérieur ou les deux.

Trois positions courantes :



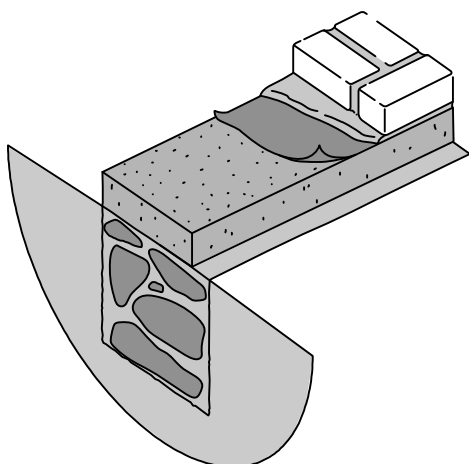
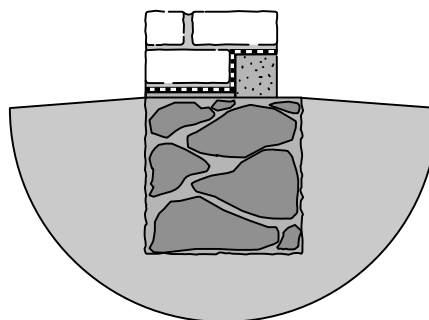
1

Le mur en terre repose directement sur la fondation, la barrière capillaire est installée sur l'arase de la fondation.



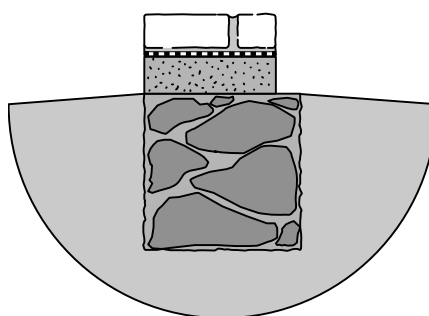
2

Le soubassement est mixte (voir fiches **S4 - 2.2** et **S4 - 2.3**), la barrière capillaire est installée sur l'arase de la fondation sous les briques de terre et sur la partie en béton ou pierre.



3

Un soubassement s'intercale entre la fondation et le mur en terre, la barrière capillaire est généralement installée sur l'arase du soubassement.

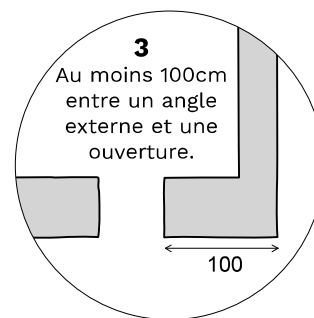
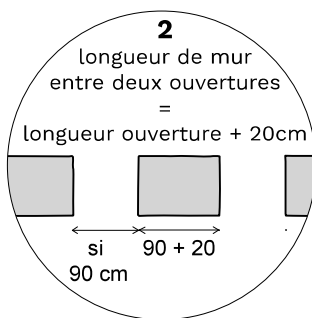
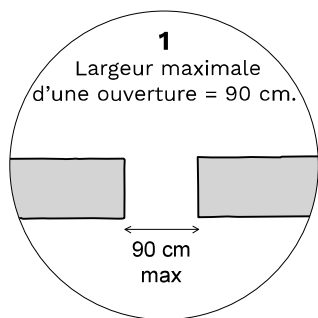
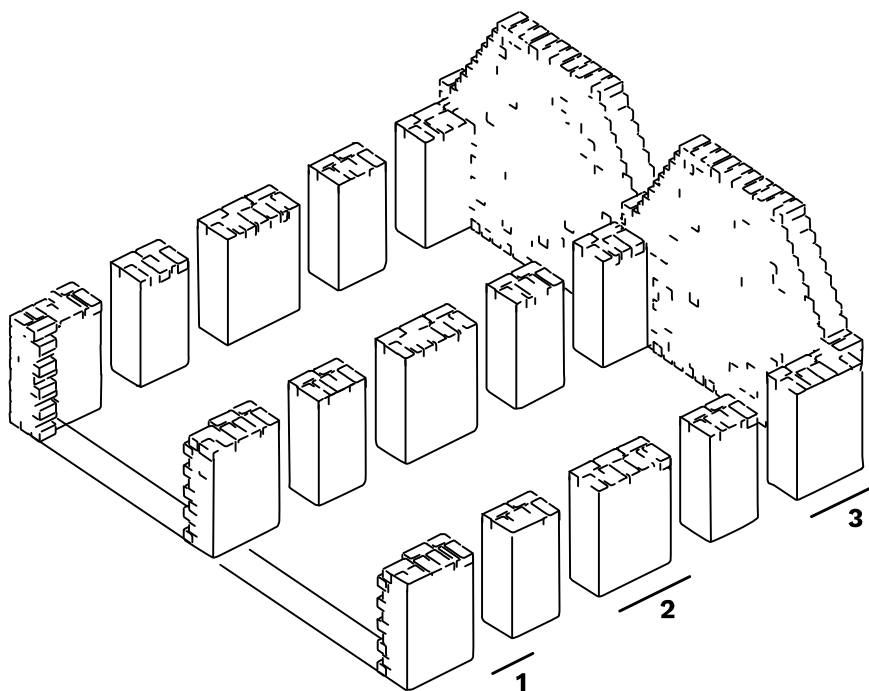


S4 - 4.1

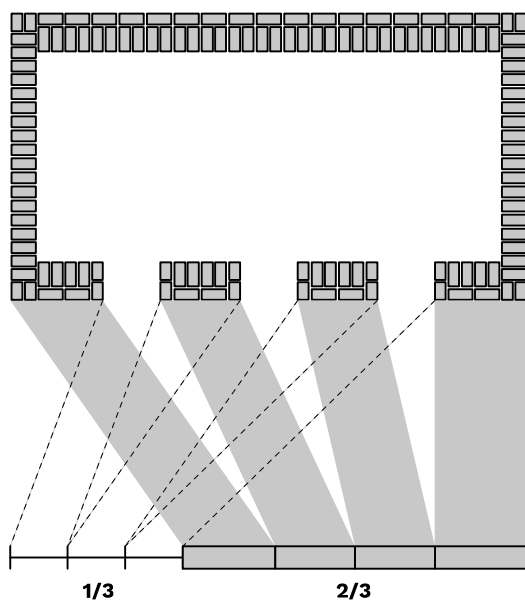
OUVERTURES

RÈGLES POUR LES OUVERTURES DANS LES MURS PORTEURS

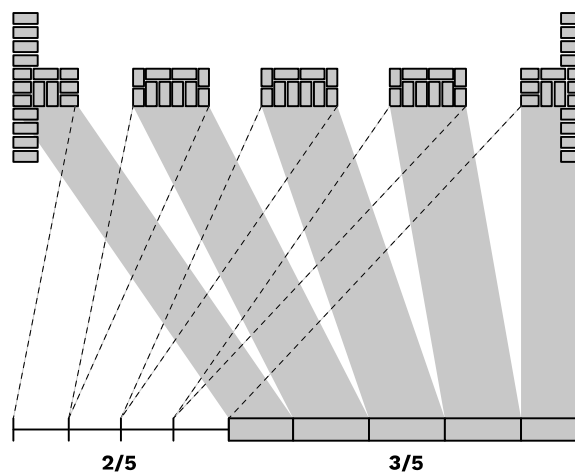
Les murs porteurs peuvent recevoir des ouvertures (portes, fenêtres, niches), qui doivent respecter les 4 règles principales suivantes :



4a
mur porteur extérieur
ratio conseillé :
1/3 d'ouvertures pour 2/3 de pleins



4b
mur porteur intérieur (séparatif)
ratio conseillé :
2/5 d'ouvertures pour 3/5 de pleins



S4 - 4.2a

OUVERTURES

RÈGLES POUR LES OUVERTURES DANS LES MURS PIGNONS

Les murs pignons peuvent recevoir 2 types d'ouvertures :

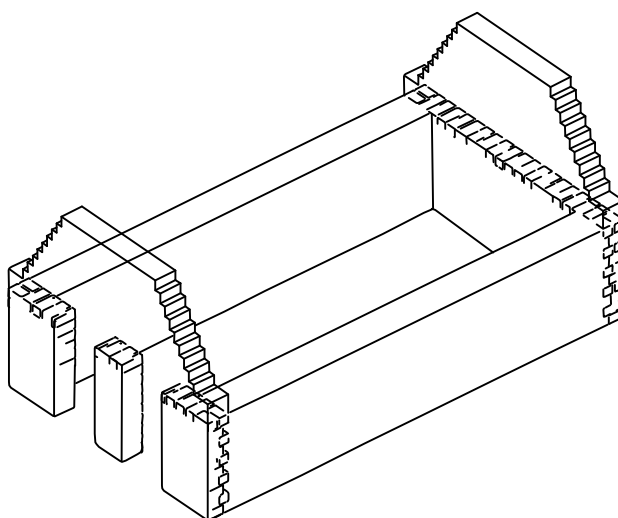
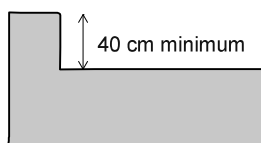
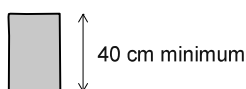
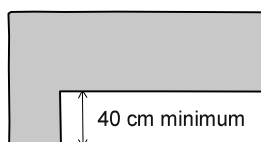
- Ouvertures classiques (portes, fenêtres, niches).
- Grandes ouvertures ou grands arcs.

Ces ouvertures doivent respecter les règles principales suivantes :

1

Ouvertures classiques dans les pignons (juqu'à 100 cm)

- Être situées à au moins 40 cm d'un angle intérieur
- Avoir 40 cm minimum de mur entre 2 ouvertures



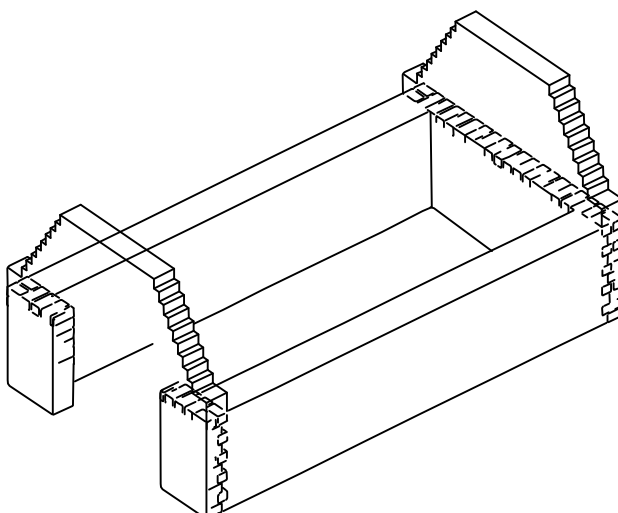
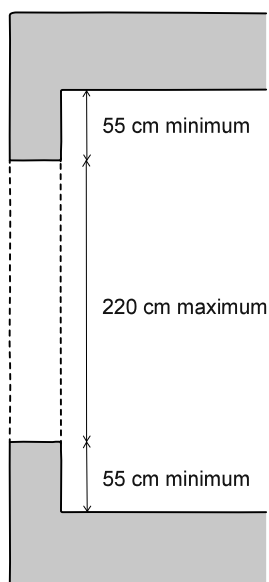
2

Grandes ouvertures

Règles pour les deux types de grandes ouvertures courantes :

2.1 Ouvertures jusqu'à 220 cm

- Être situées à au moins 55 cm d'un angle intérieur



S4 - 4.2b

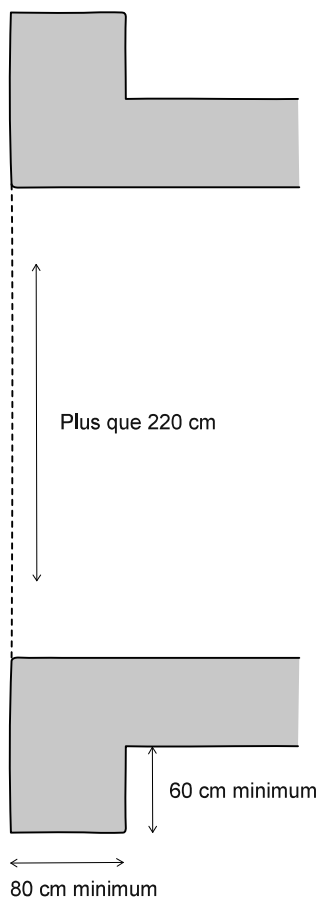
OUVERTURES

RÈGLES POUR LES OUVERTURES DANS LES MURS PIGNONS ★AD

2.2 Ouvertures supérieures à 220 cm

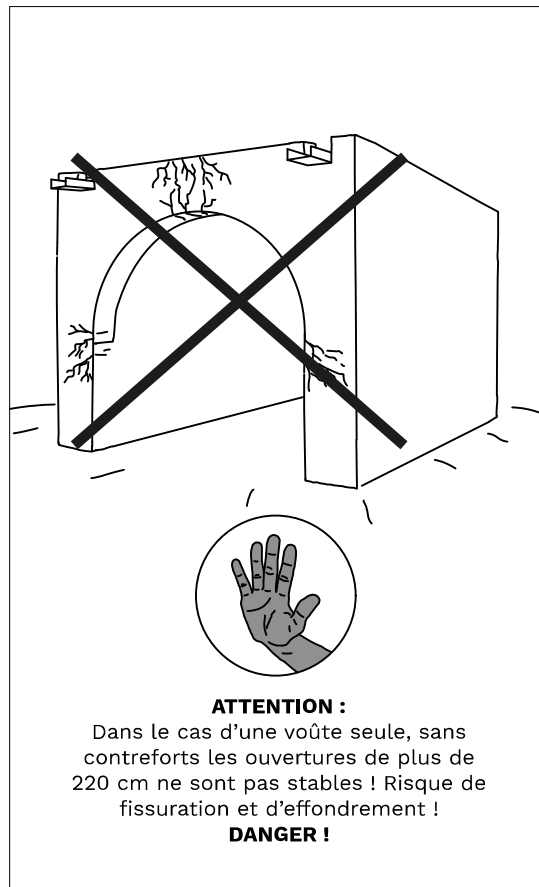
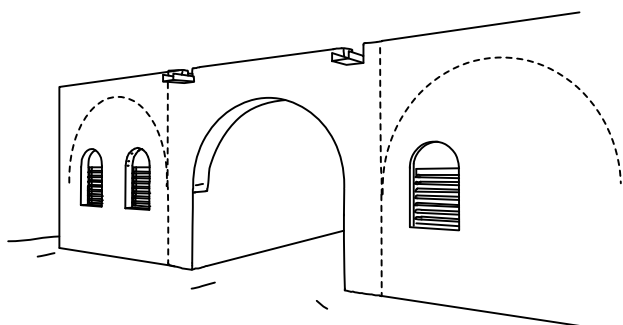
Un renforcement latéral est nécessaire pour garantir la solidité de l'ouvrage. Deux options sont possibles :

- L'ouverture se situe dans une voûte encadrée par deux autres voûtes **[a]**. L'ouvrage est stable en l'état.
- L'ouverture se situe dans une voûte «solitaire» **[b]**. Construire des contreforts perpendiculairement aux murs porteurs de chaque côté avec des dimensions minimales de 80 cm par 60 cm.



a

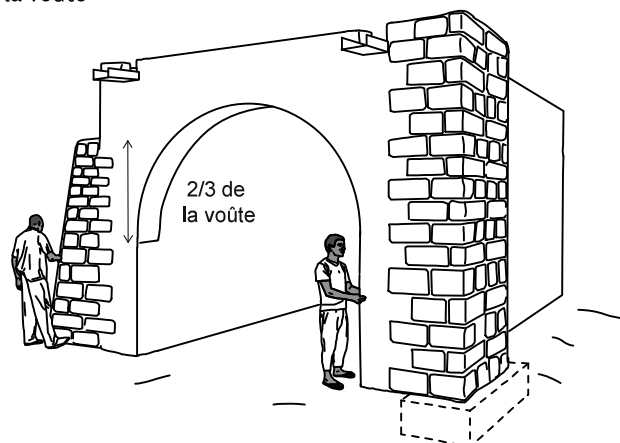
Les voûtes sur les côtés reprennent les poussées du grand arc.



b

Des contreforts perpendiculaires aux murs porteurs reprennent les poussées du grand arc.

- Ils doivent être appareillés aux murs porteurs et fondés.
- Ils doivent atteindre au moins les 2/3 de la hauteur de la voûte

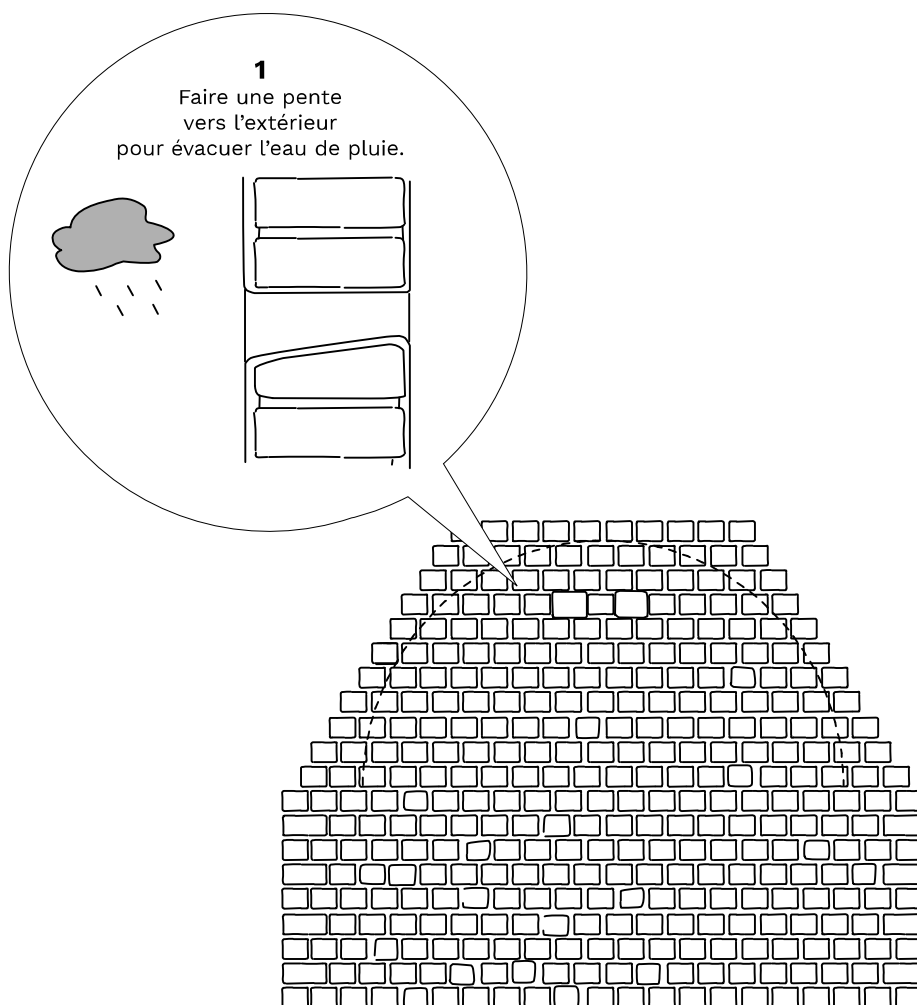


S4 - 4.3

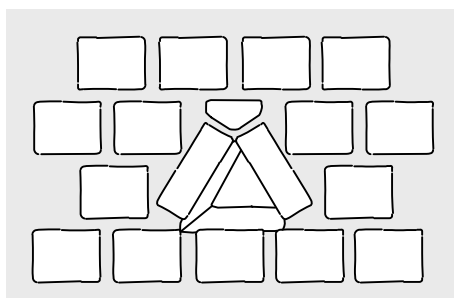
OUVERTURES

AÉRATIONS DANS LES MURS PIGNONS

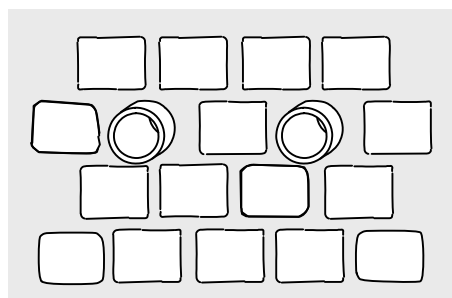
Pour améliorer la ventilation naturelle d'une voûte, il est possible et facile de réaliser des aérations dans les murs pignons. Voici quelques exemples.



2
Triangles formés de petites briques.



3
Canaris en terre cuite
ou autres produits préfabriqués.



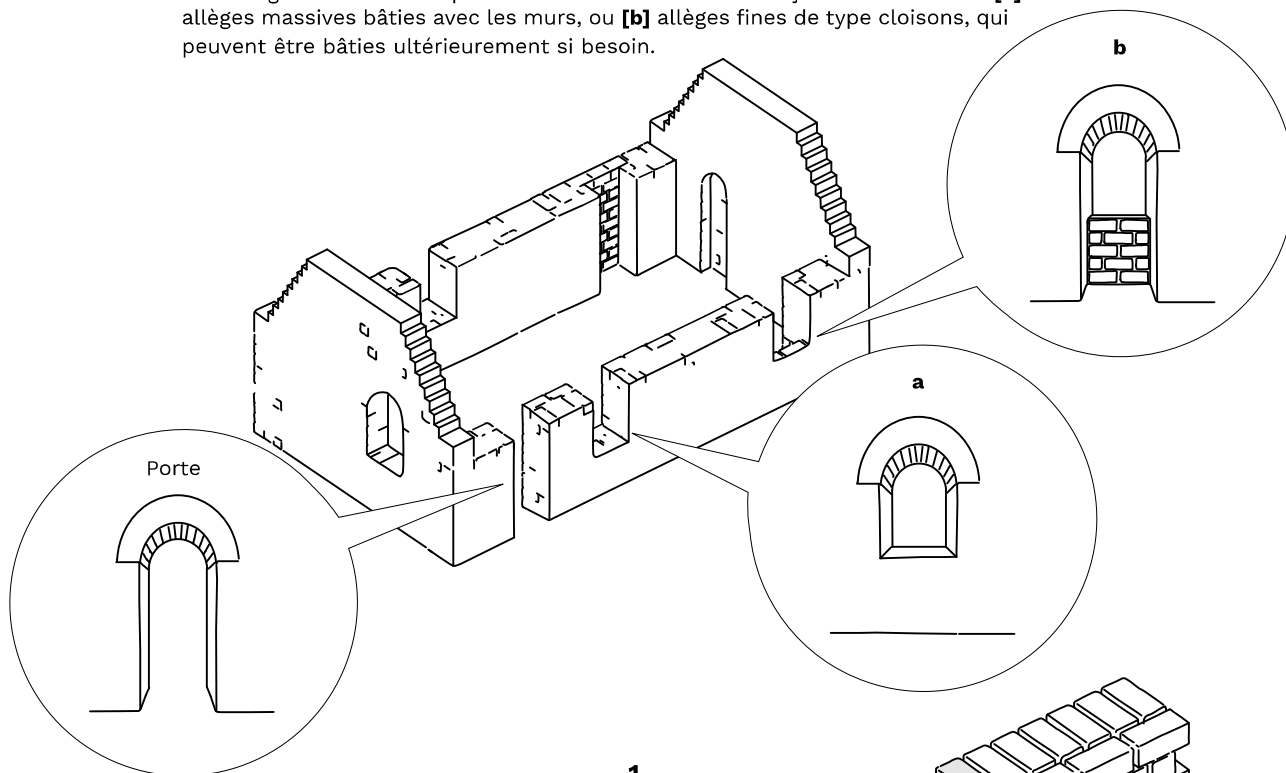
S4 - 4.4

OUVERTURES

TYPES D'APPAREILLAGES DES PORTES ET FENÊTRES

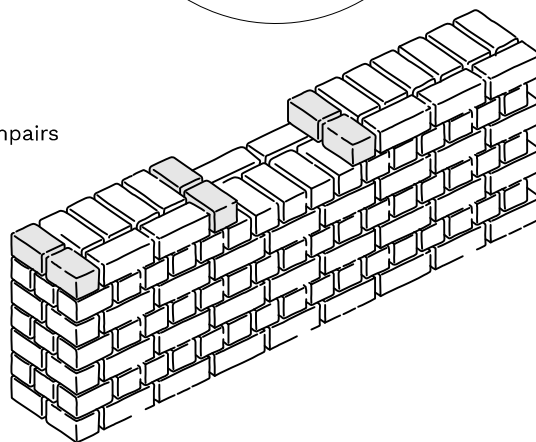
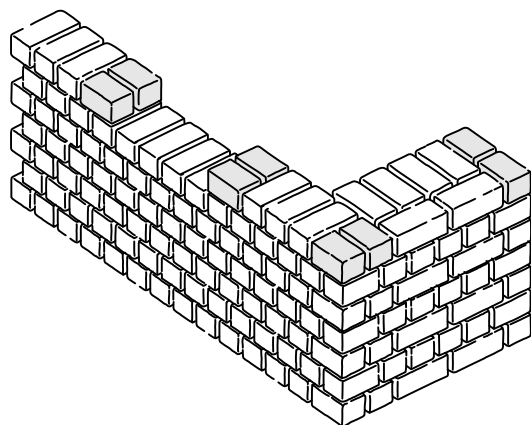
En même temps que la construction des murs, il faut prévoir les réservations pour les portes et les fenêtres, en respectant les règles de dimensionnement données à la fiche **S4 - 4.1**, et les règles d'appareillages des murs données aux fiches **S4 - 3.2** et **S4 - 3.3**.

Les allèges de fenêtres peuvent être réalisées de 2 façons différentes : **[a]** allèges massives bâties avec les murs, ou **[b]** allèges fines de type cloisons, qui peuvent être bâties ultérieurement si besoin.



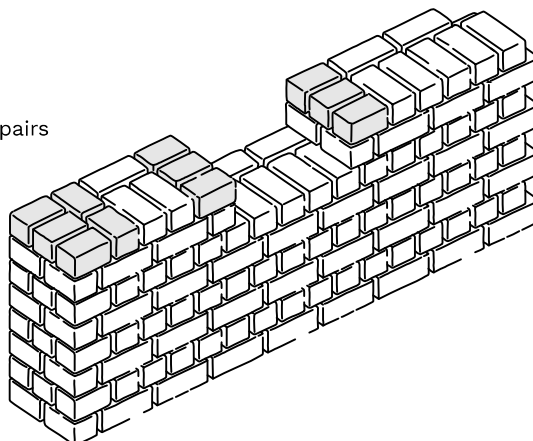
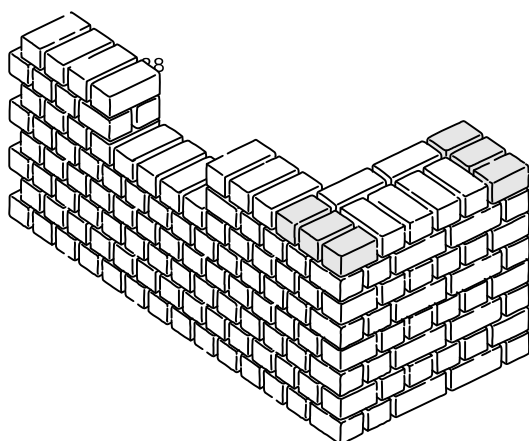
1

Rangs impairs



2

Rangs pairs



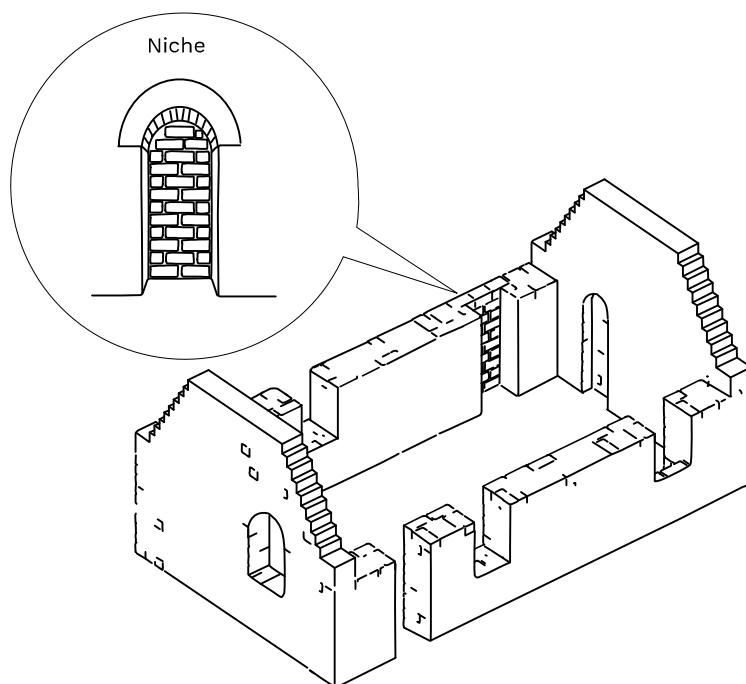
S4 - 4.5

OUVERTURES

TYPES D'APPAREILLAGES DES NICHES

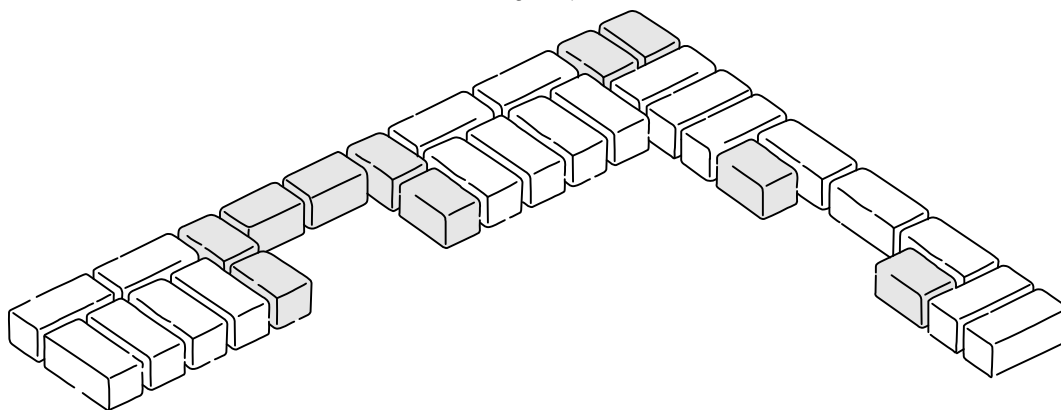
En même temps que la construction des murs, il faut prévoir les réservations pour les niches, en respectant les règles de dimensionnement données à la fiche **S4 - 4.1**, et les règles d'appareillages des murs données aux fiches **S4 - 3.2** et **S4 - 3.3**.

Les fonds de niches peuvent être bâtis en même temps que les murs, ou ultérieurement si besoin.



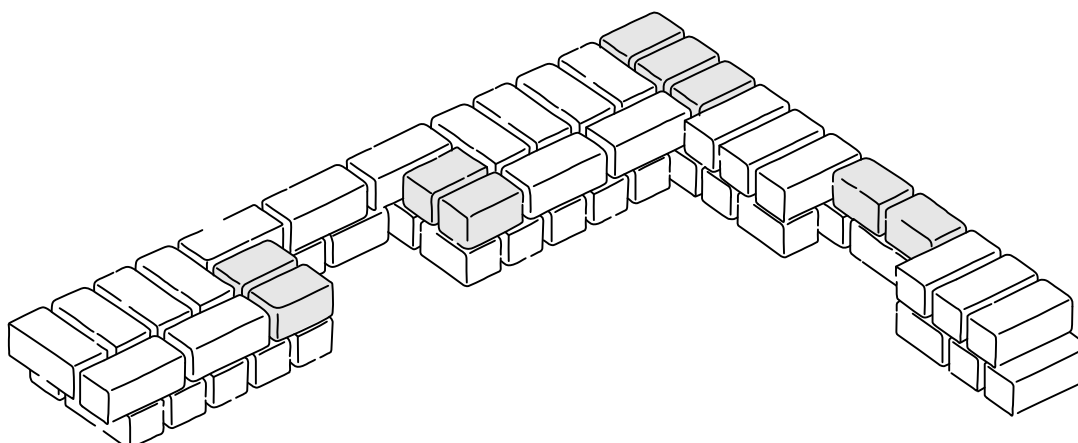
1

Rangs impairs



2

Rangs pairs



S4 - 4.6

OUVERTURES

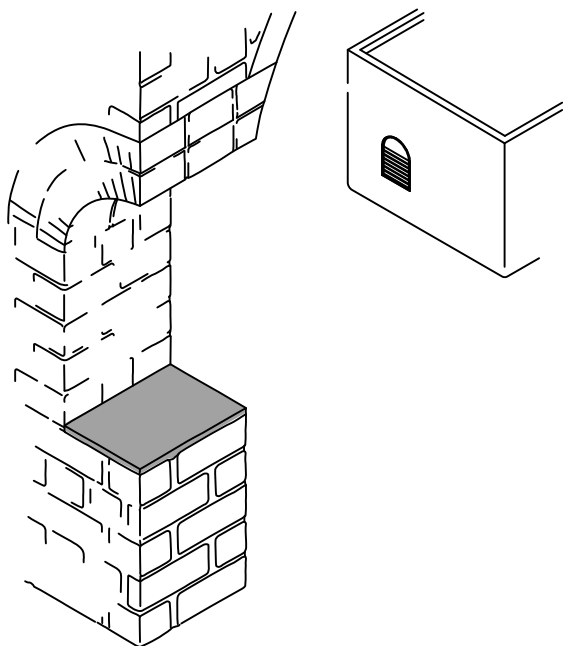
PROTECTION DES APPUIS D'OUVERTURES ★AD

Les appuis d'ouvertures sont des zones sensibles, particulièrement à la pluie lorsque les menuiseries sont fixées côté intérieur. Des appuis d'ouvertures renforcés permettent de réduire cette sensibilité en offrant une protection supplémentaire. Plusieurs traitements sont possibles :

Un soubassement réalisé en blocs de matériaux non sensibles à l'eau (blocs de béton pleins ou briques de latérite taillées) assure une bonne protection.

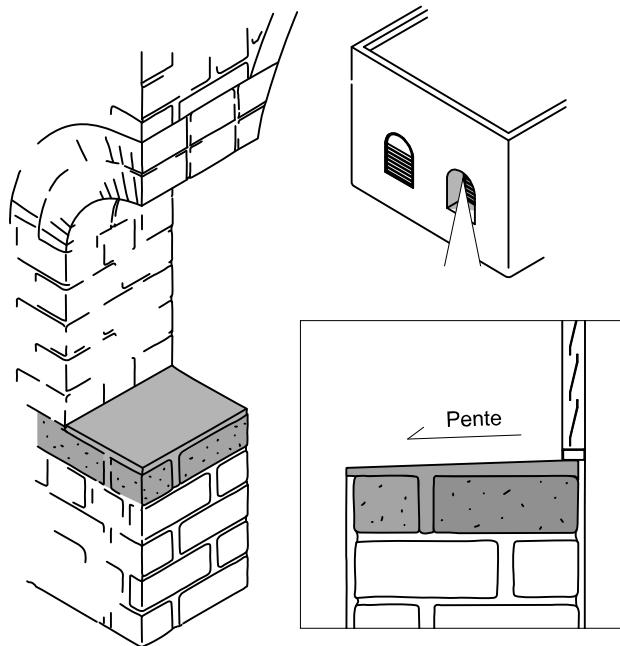
1

Appui d'ouverture simplement protégé par un mortier de ciment.



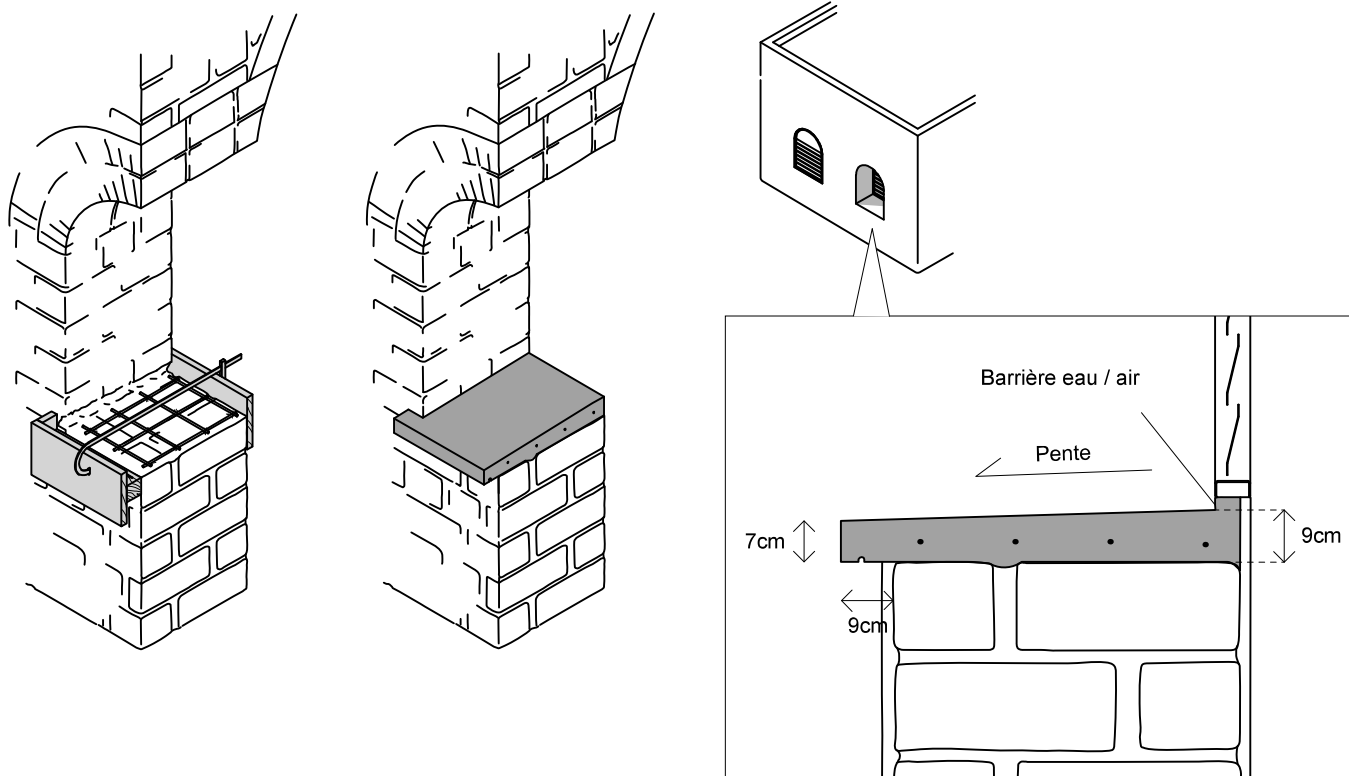
2

Appui d'ouverture protégés par des blocs non sensibles à l'eau (pierre ou ciment) et finition au mortier de ciment.



3

Appui d'ouverture protégé par du béton armé coulé en place et débordant avec goutte d'eau.



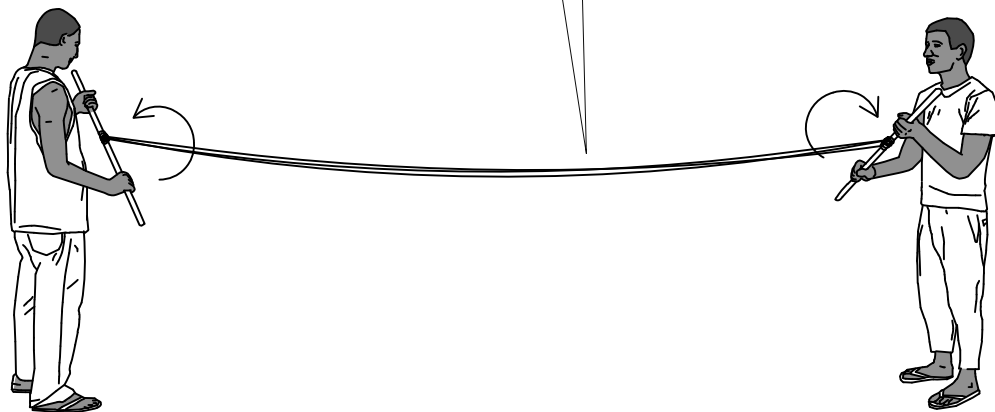
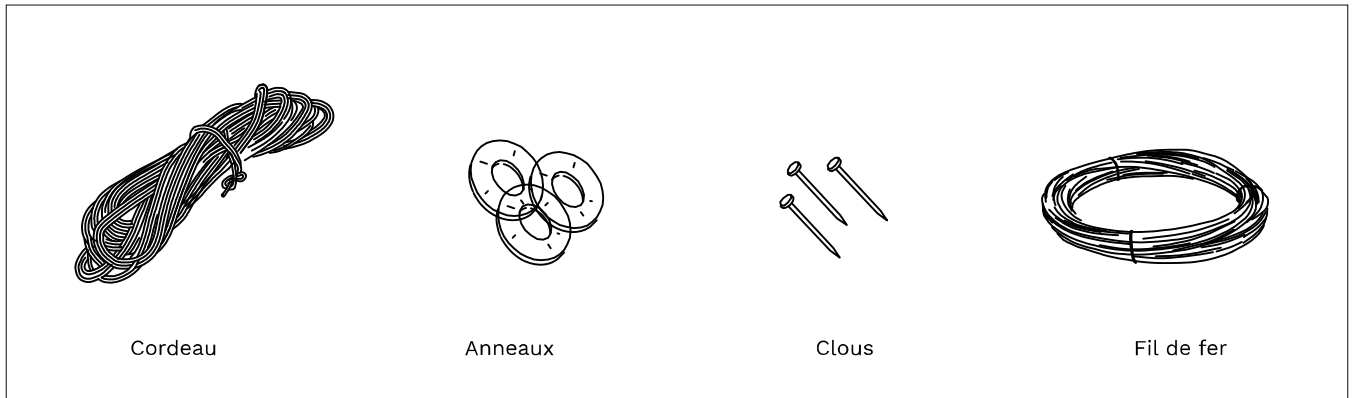
S4 - 5.1

CÂBLE COMPAS

CÂBLE COMPAS - FABRICATION

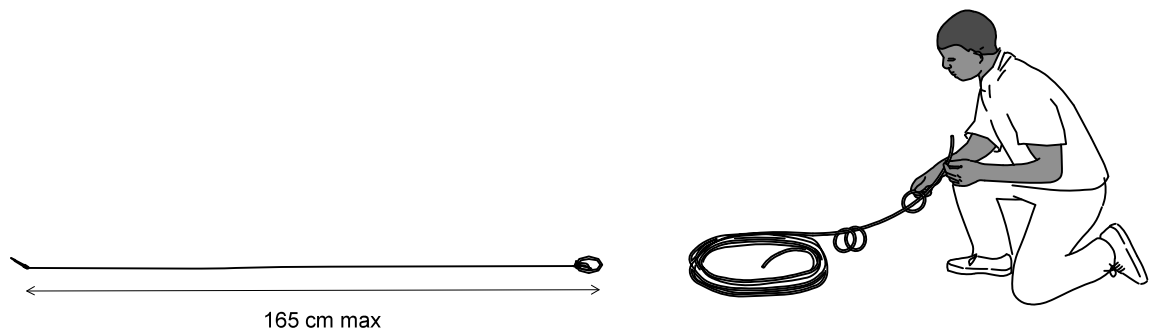
1

Fabrication du câble :
Torsader ensemble 6 fils de fer à l'aide de bâtons



2

Passage des anneaux :
Enfiler les 3 anneaux sur le câble avant son installation.



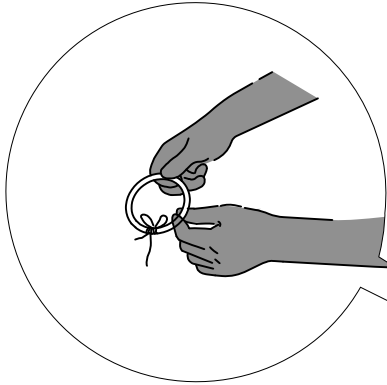
S4 - 5.2

CÂBLE COMPAS

CÂBLE COMPAS - MISE EN PLACE

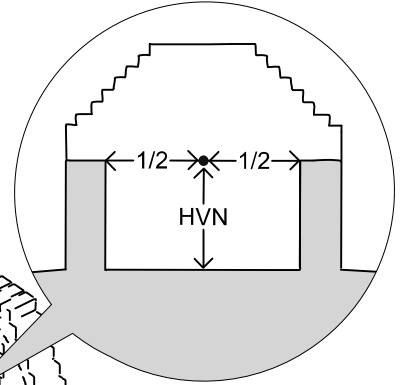
3

Accrocher les cordeaux aux anneaux après la fixation du câble.



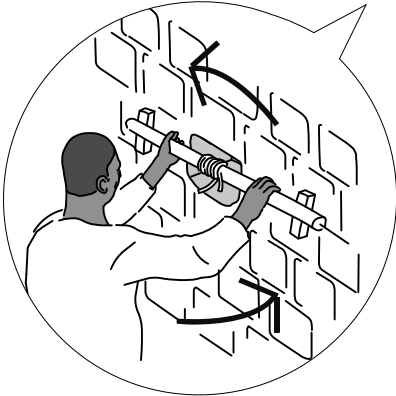
2

Penser à réserver le passage du câble dans les pignons !
Le câble doit être centré et exactement à la hauteur de naissance de voûte.



1

Fixer le câble avec un baton de chaque côté dans les murs pignons. Tourner les bâtons pour tendre le câble.



4

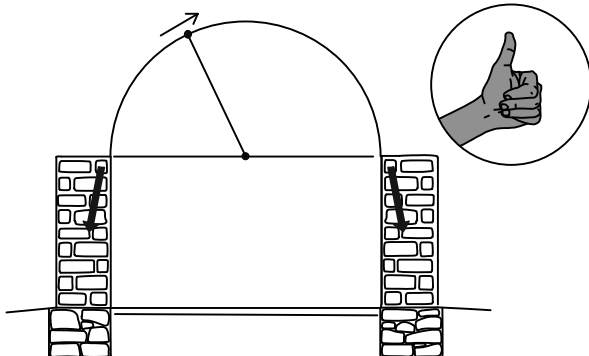
Vérifier chaque jour que le câble est horizontal avec un niveau.



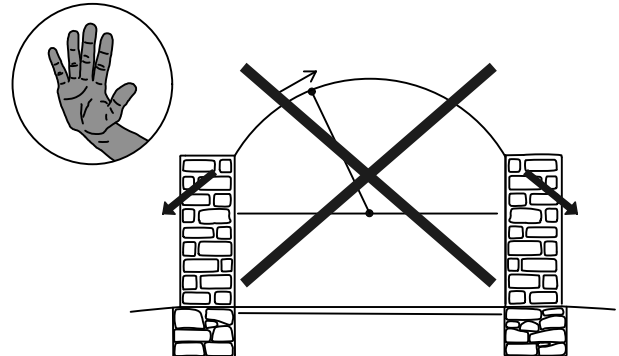
ATTENTION :

Il ne faut jamais placer le câble plus bas ou plus haut que le niveau fini des murs porteurs !

NIVEAU FINI MURS PORTEURS = HAUTEUR NAISSANCE VOÛTE



Voûte bien tracée et stable après mise en charge



Voûte mal tracée (aplatie) et murs instables même après mise en charge

S4 - 6.1

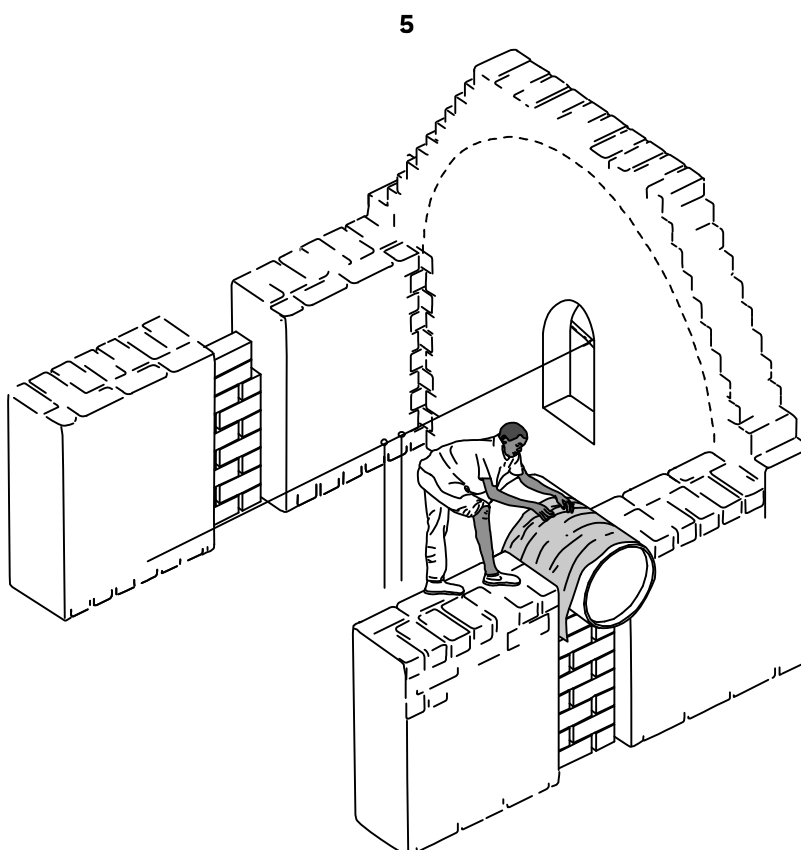
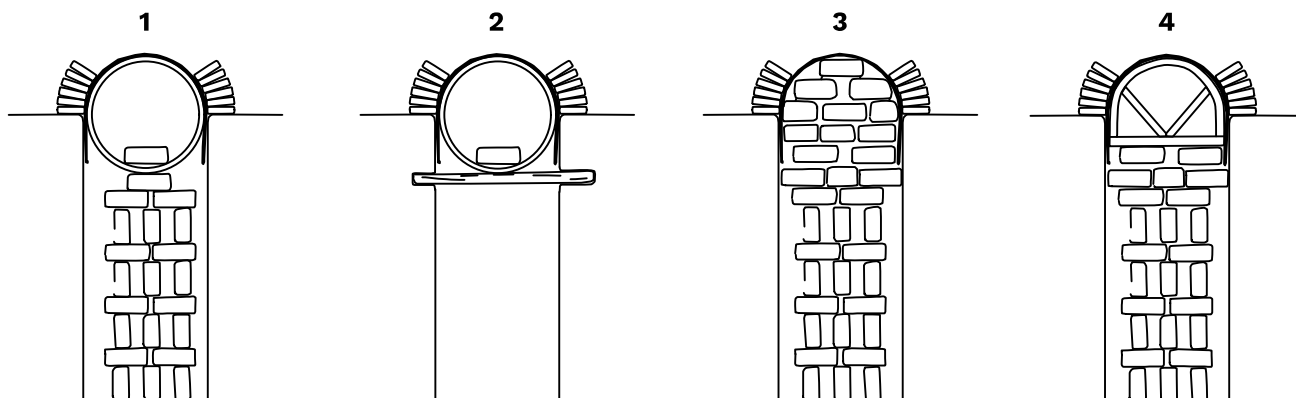
VOUTAINS ET ARCADES

COFFRAGES POUR LES VOUTAINS

La partie inférieure du coffrage peut être réalisée de 2 façons différentes :
[1] en briques posées à sec, ou **[2]** avec des bois encastrés dans la maçonnerie.

L'arrondi du coffrage est généralement réalisé **[1]** avec une barrique, mais il peut aussi être réalisé **[3]** en briques posées à sec ou **[4]** avec des gabarits bois ou acier. Lorsqu'on n'utilise pas de barrique, attention à bien prévoir un débord suffisant du coffrage vers l'intérieur.

Une bâche plastique doit être posée sur le gabarit avant la pose des briques **[5]**.

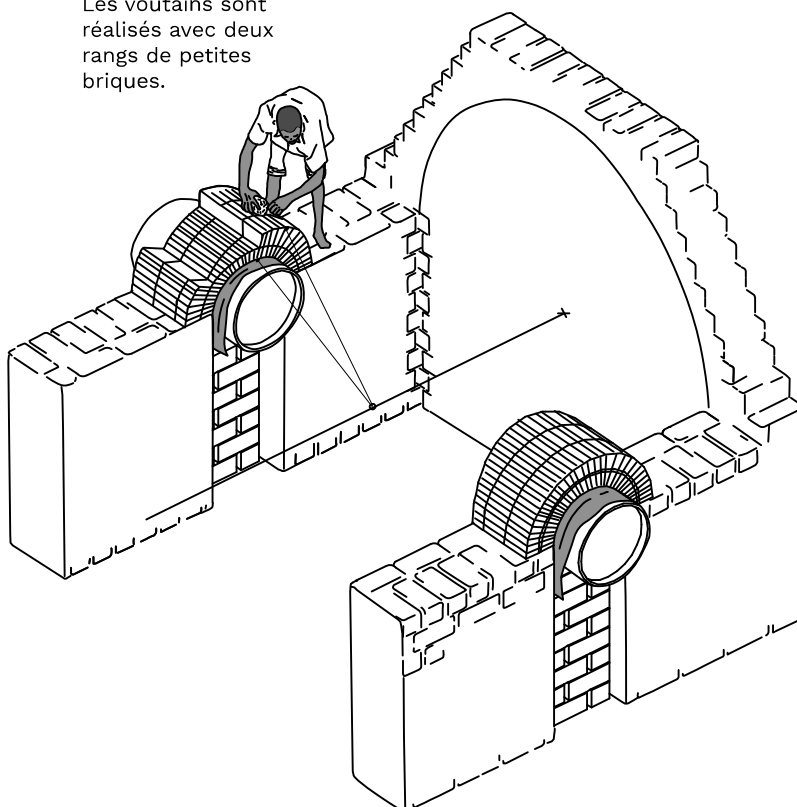


S4 - 6.2

VOUTAINS ET ARCADES

VOUTAINS

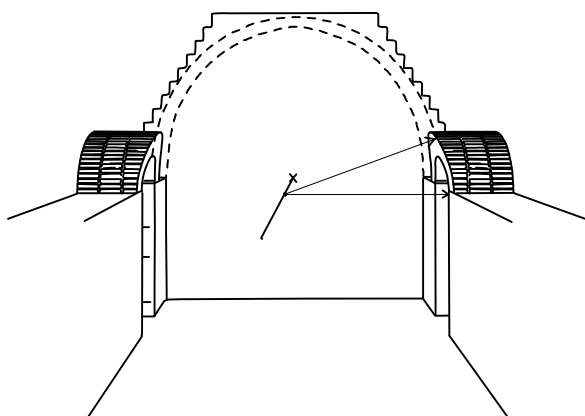
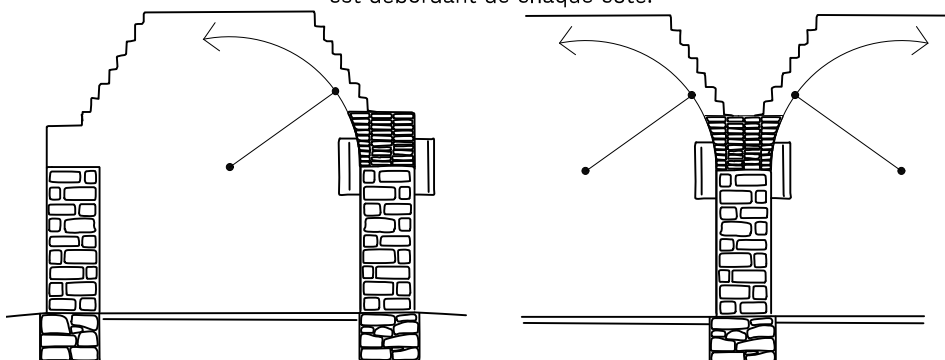
Les voutains sont réalisés avec deux rangs de petites briques.



Les voutains réalisés dans les murs porteurs suivent la courbe de la voûte. Ils sont donc débordants.

Utiliser le câble compas pour vérifier le bon débordement.

Dans le cas de deux voûtes côte à côte, le voutain est débordant de chaque côté.



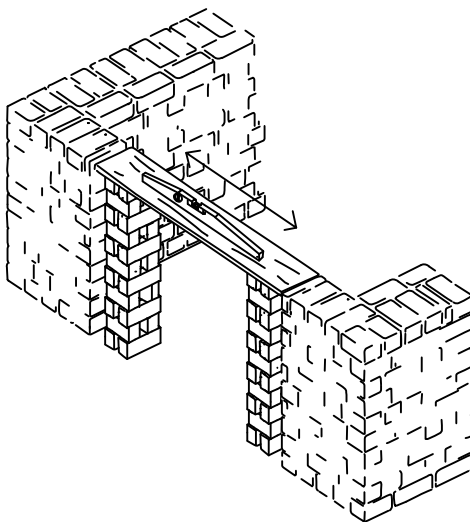
S4 - 6.3a

VOUTAINS ET ARCADES

GRANDS ARCS DANS LES MURS PIGNONS ★AD

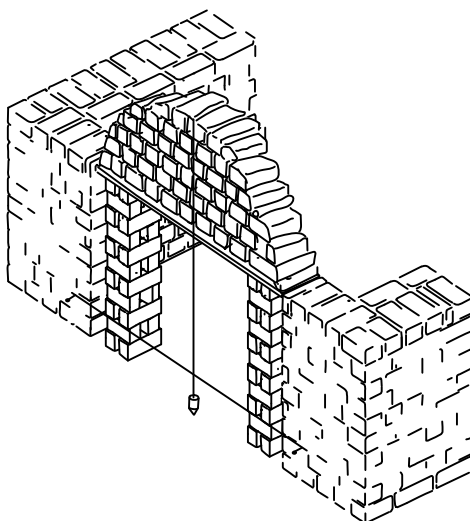
1

Ajuster le niveau de la planche. Vérifier rigoureusement la stabilité des piles.



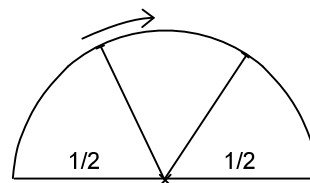
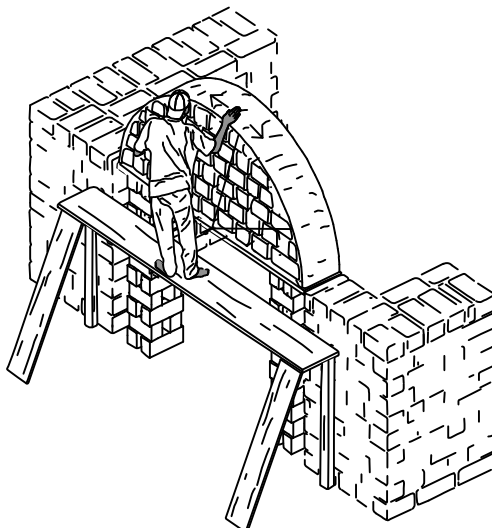
2

Ajuster les alignements et l'aplomb du coffrage. D'autres types de coffrages sont possibles.



3

Utiliser un câble pour faire un compas et tracer l'arc. Lisser avec du mortier pour avoir un arc parfait. Recouvrir avec un morceau de bache plastique.



S4 - 6.3b

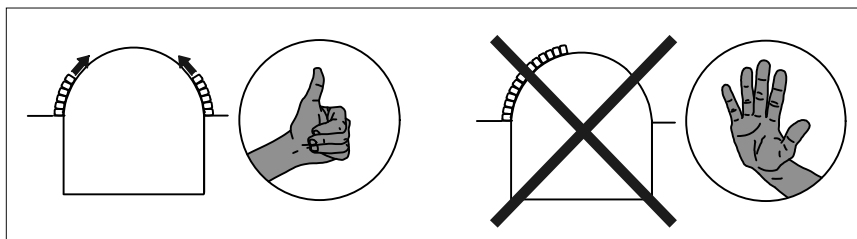
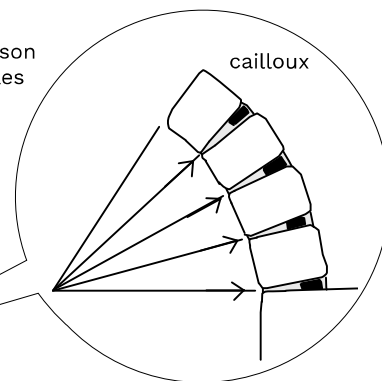
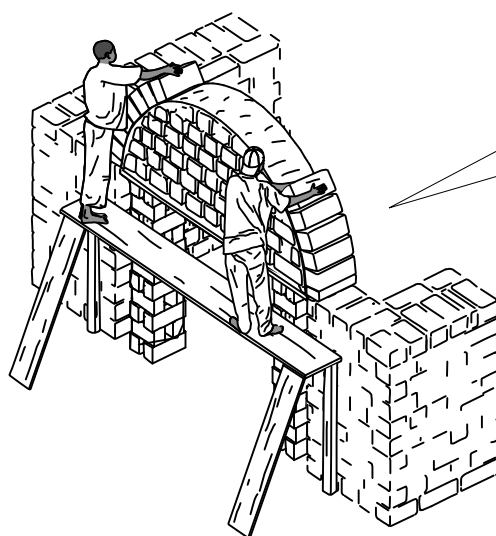
VOUTAINS ET ARCADES

GRANDS ARCS DANS LES MURS PIGNONS ★AD

4

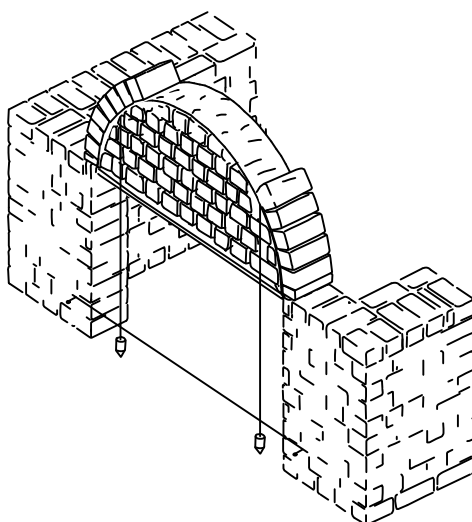
Monter l'arc avec l'aide du compas pour vérifier la bonne inclinaison des briques. Utiliser de préférence des grandes briques et avancer des 2 côtés en même temps.

Chaque bloc doit être posé avec une légère inclinaison fixée par l'axe du cable. Insérer des cailloux dans les joints afin de caler les blocs entre eux.



5

Chaque briques doit être plombée sur un cordeau installé en pieds de murs.



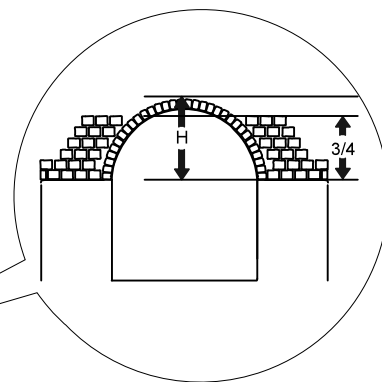
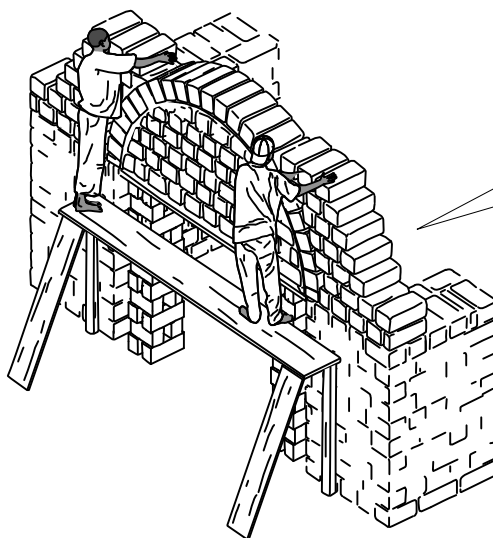
S4 - 6.3c

VOUTAINS ET ARCADES

GRANDS ARCS DANS LES MURS PIGNONS ★AD

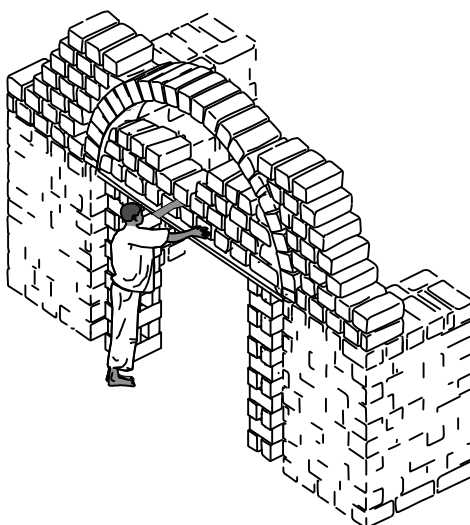
6

Mettre en charge l'arc au 3/4 avant de commencer le démontage du coffrage.



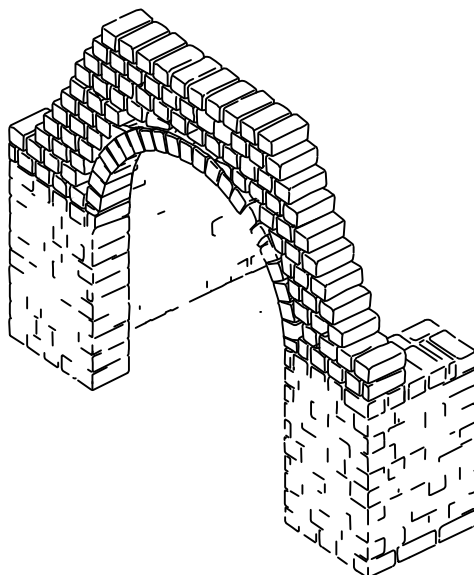
7

Démonter le coffrage délicatement, sans exercer de poussées latérales sur l'arc.



8

Le mur pignon est complété après démontage complet du coffrage.



S4 - 7.1

VOÛTE

DÉPART DE LA VOÛTE

La voûte doit être bâtie avec des rangs de briques inclinés d'environ 60° et sans chevauchement des joints. Les briques sont posées avec du mortier de terre. Au démarrage de la voûte, il faut utiliser des briques taillées pour les premières assises.

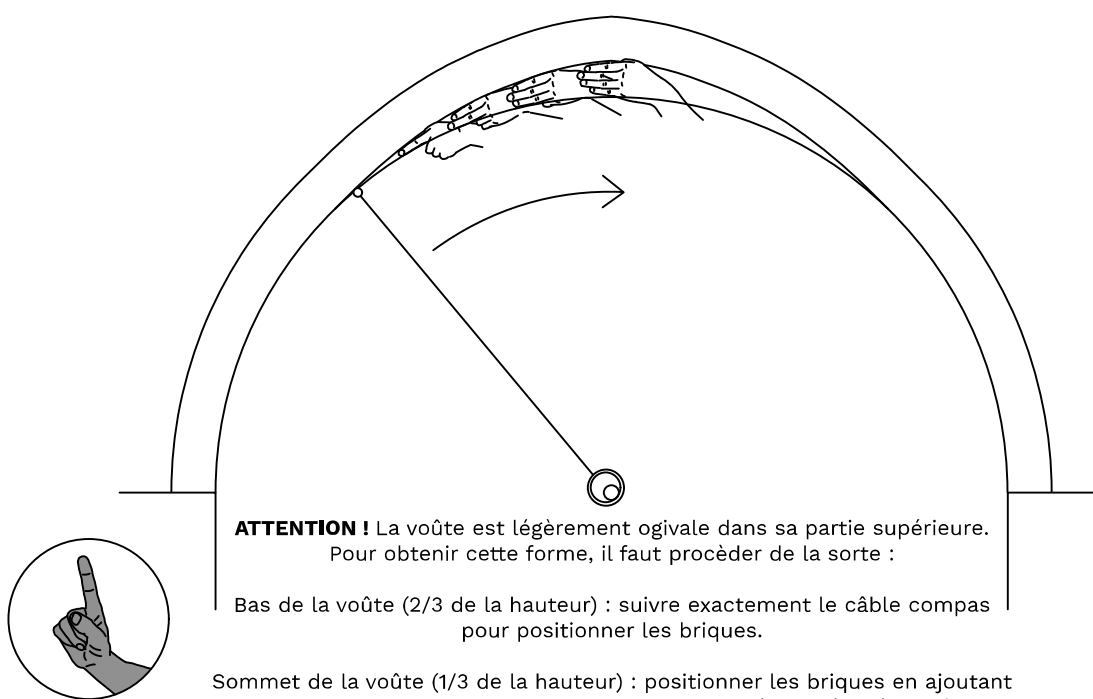
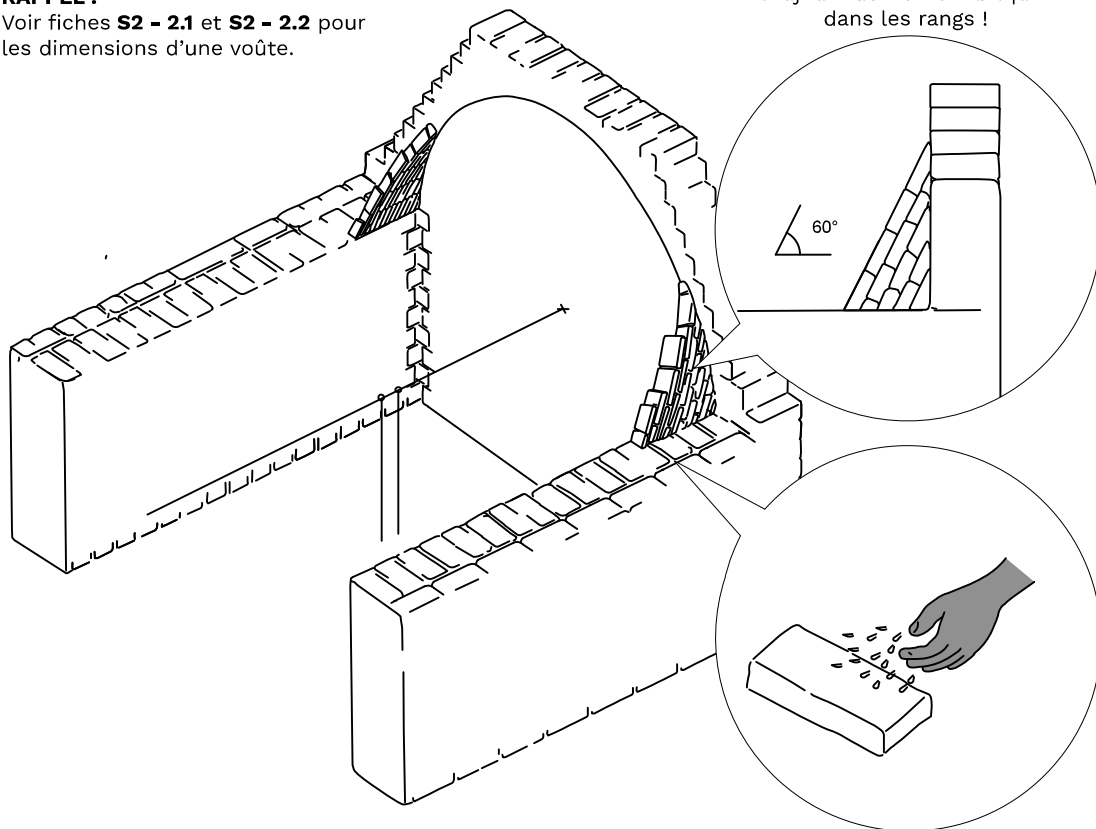
Pour une bonne tenue pendant la construction, il faut arroser les briques avant de les poser.

RAPPEL :

Voir fiches **S2 - 2.1** et **S2 - 2.2** pour les dimensions d'une voûte.

ATTENTION :

Toujours décaler les briques dans les rangs !



ATTENTION ! La voûte est légèrement ogivale dans sa partie supérieure. Pour obtenir cette forme, il faut procéder de la sorte :

Bas de la voûte (2/3 de la hauteur) : suivre exactement le câble compas pour positionner les briques.

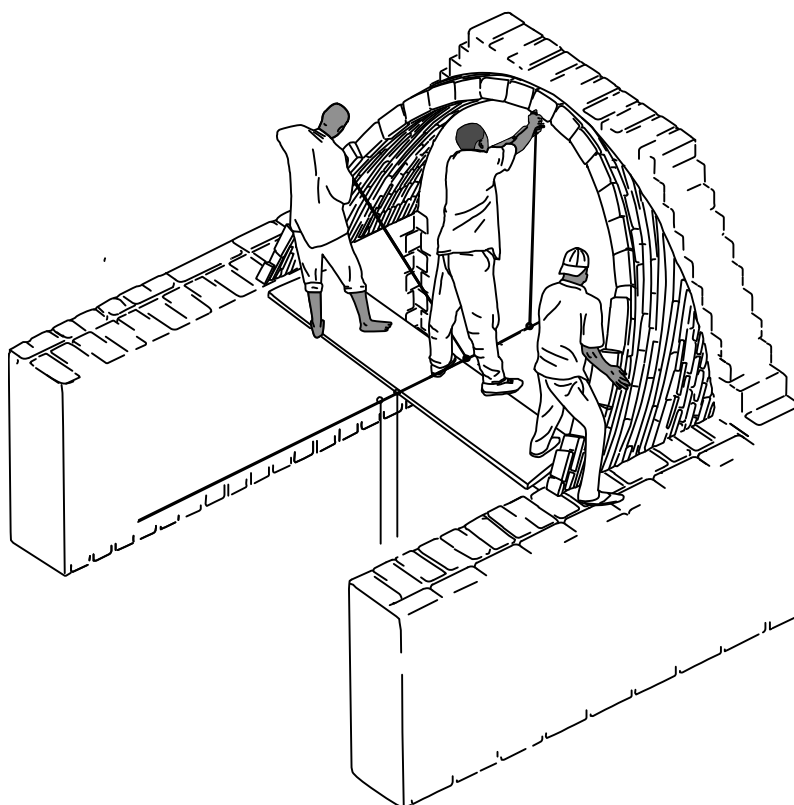
Sommet de la voûte (1/3 de la hauteur) : positionner les briques en ajoutant 1 doigt, puis 2 doigts, puis 3 doigts, puis 4 doigts à l'extrémité du câble compas.

Tirer sur la ficelle avec une tension constante.

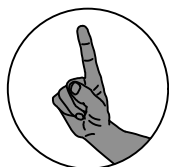
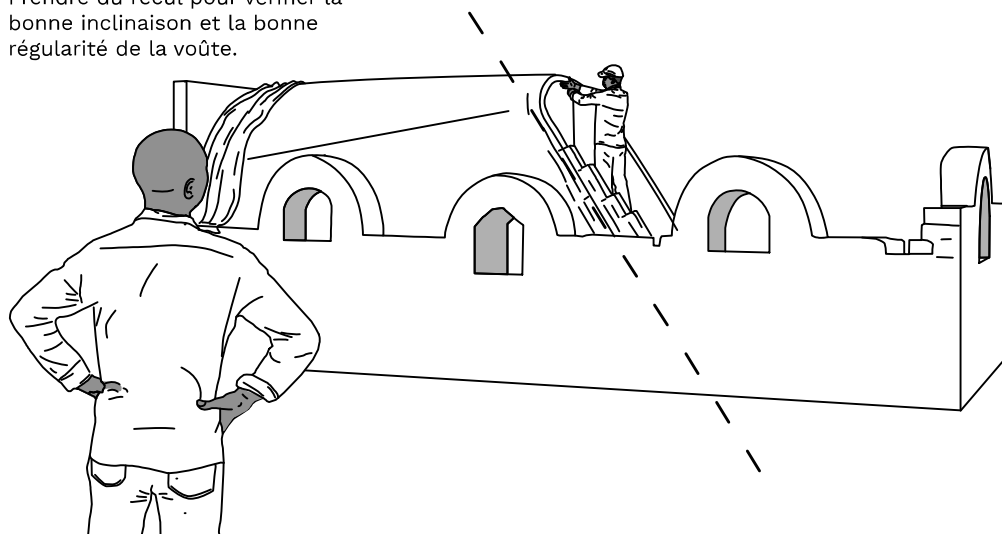
S4 - 7.2

VOÛTE

AVANCÉE DE LA VOÛTE

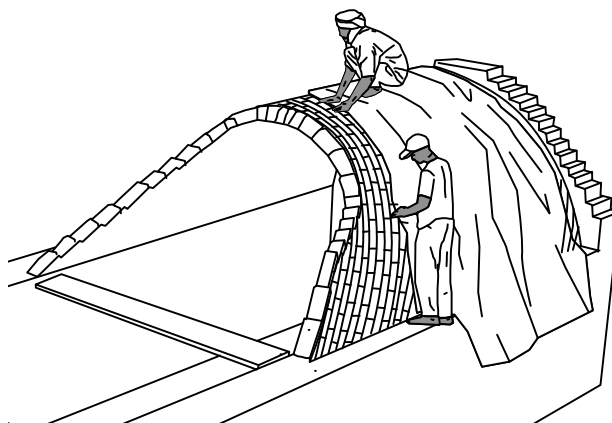


Prendre du recul pour vérifier la bonne inclinaison et la bonne régularité de la voûte.



ATTENTION :

Lorsqu'il y a un risque de pluie, installer une bâche plastique sur la voûte. Elle sera dépliée s'il pleut.
Lorsqu'un maçon intervient dans une nouvelle région, il doit se renseigner sur le rythme des saisons pour éviter d'être surpris par la pluie.



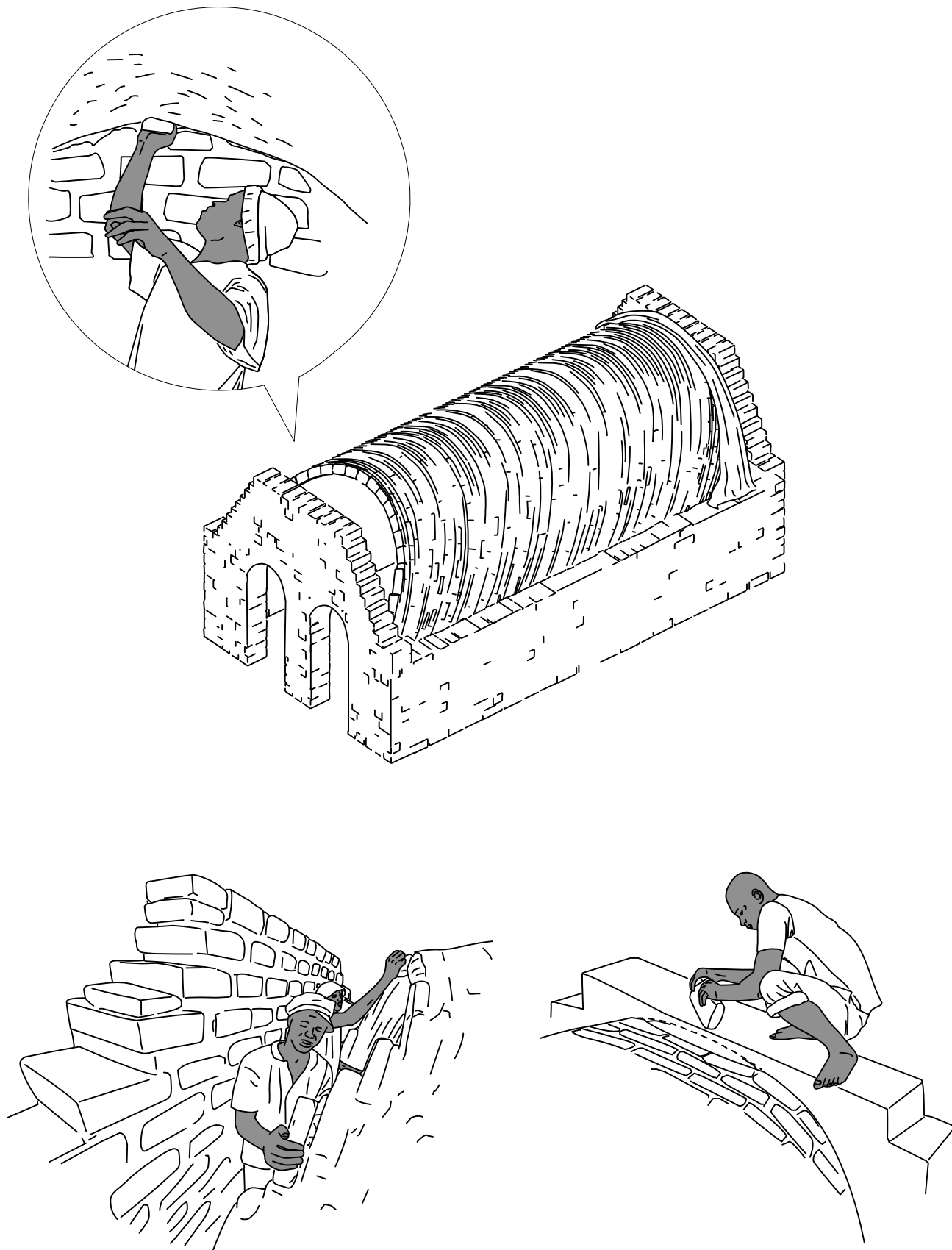
S4 - 7.3

VOÛTE

FERMETURE DE LA VOÛTE

La fermeture de la voûte est une étape délicate car les positions de travail ne sont pas confortables.

Attention à bien contrôler la pose des briques en utilisant le câble-compas.



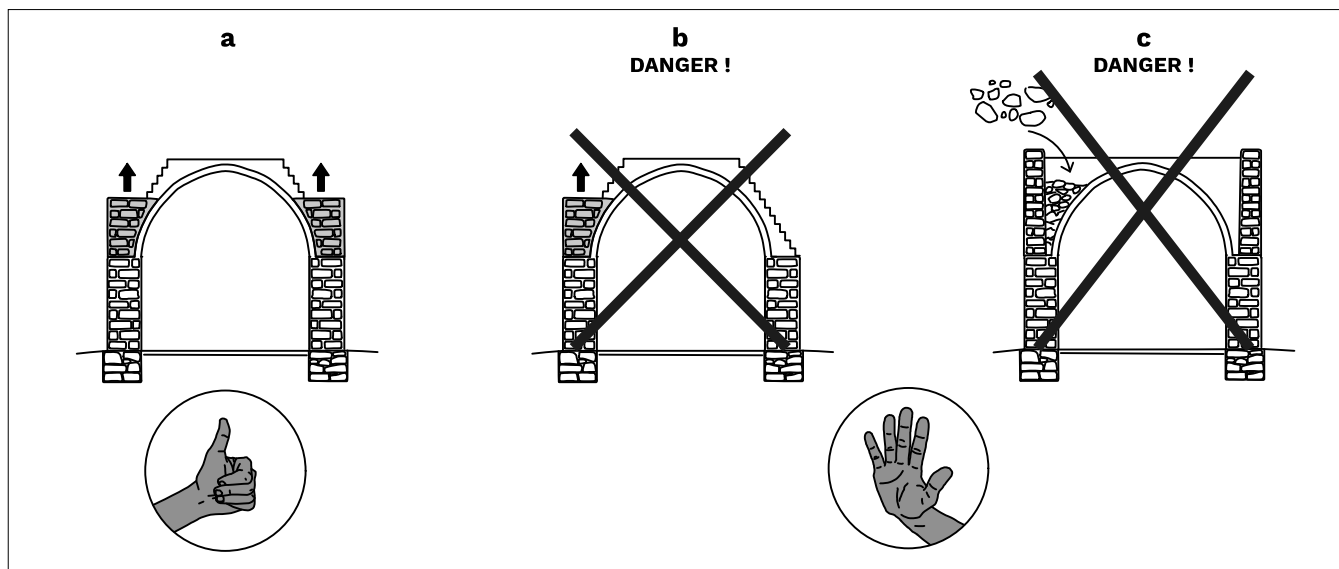
S4 - 8.1a

CONTREFORTS

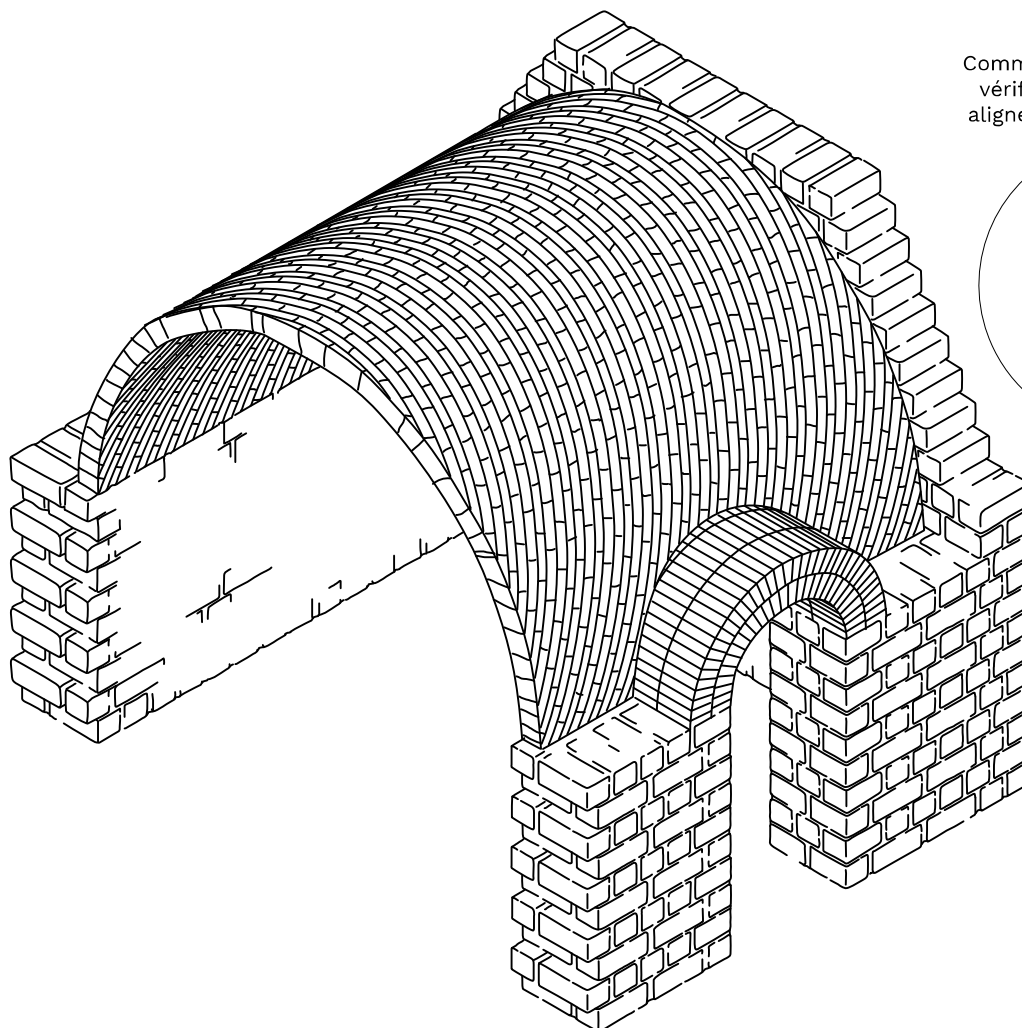
CONTREFORTS

Les contreforts servent à mettre en charge la voûte tout en recréant une toiture plate utilisable qui résiste mieux à l'érosion par la pluie. Ils sont maçonnés de la même façon que les murs et peuvent être mixtes si les murs sont mixtes (voir fiches **S4 - 3.5** et **S4 - 3.6**).

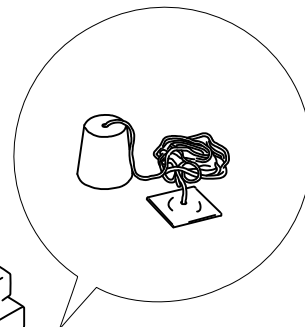
Ils doivent obligatoirement être exécutés en même temps des 2 côtés **[a]**. Il ne faut jamais charger un seul côté de la voûte **[b]**. Il ne faut jamais procéder par remplissage **[c]**.



Situation initiale
avant l'amorce des
contreforts



Comme pour les murs, il faut
vérifier les aplombs et les
alignements des contreforts

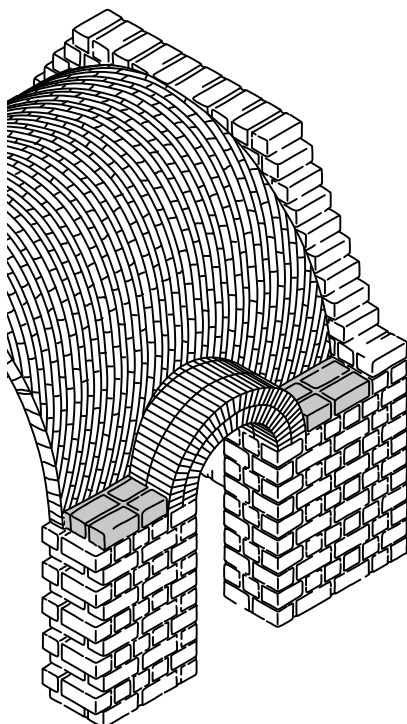


S4 - 8.1b

CONTREFORTS

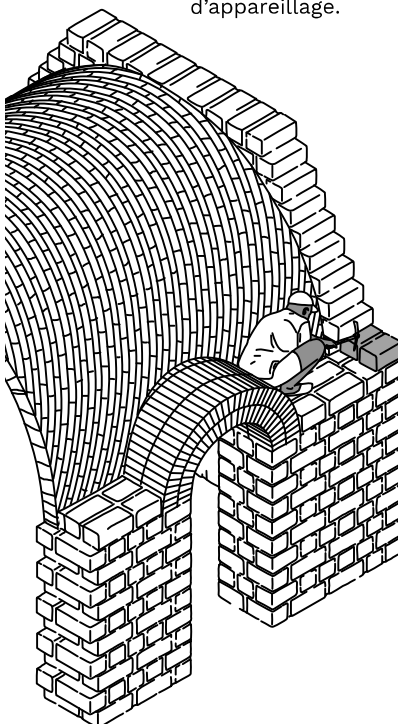
1er rang

Appareiller en utilisant les mêmes principes que pour les murs.



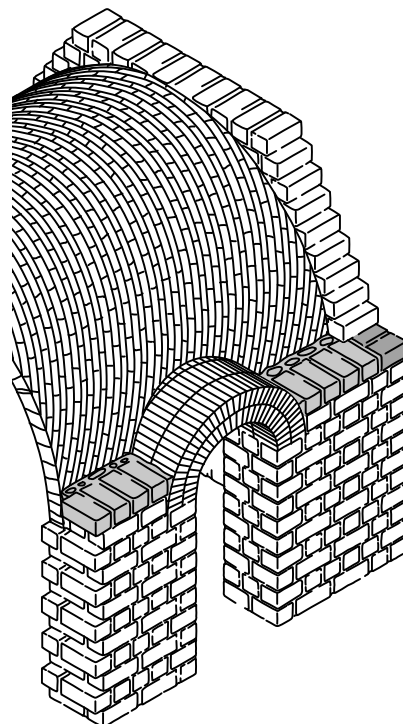
Préparation 2ème rang

Certaines briques des murs pignons doivent être taillées en briques 3/4 pour respecter les principes d'appareillage.

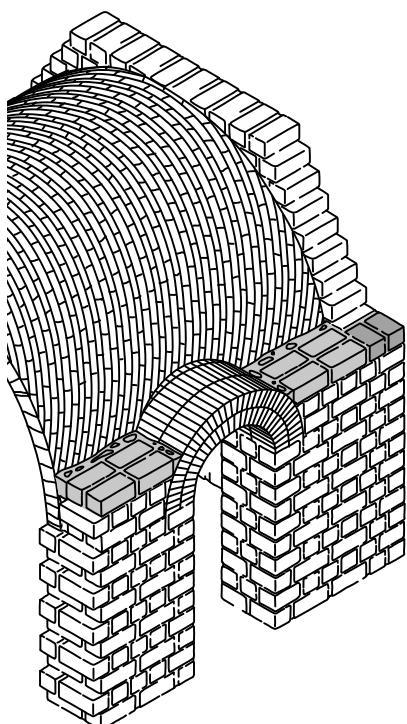


2ème rang

Remplir l'espace entre les briques et la voûte avec du mortier et des morceaux de briques

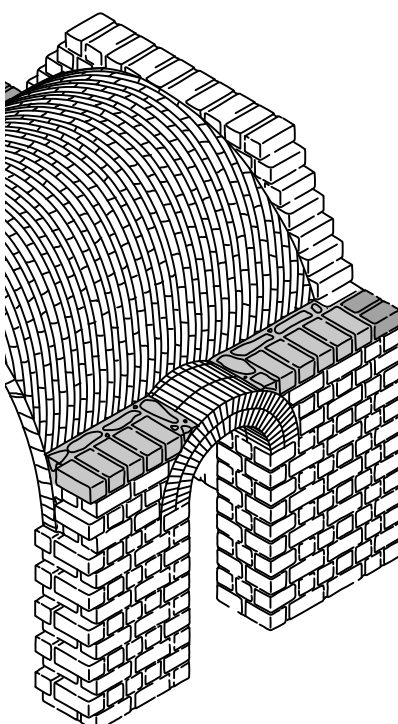


3ème rang



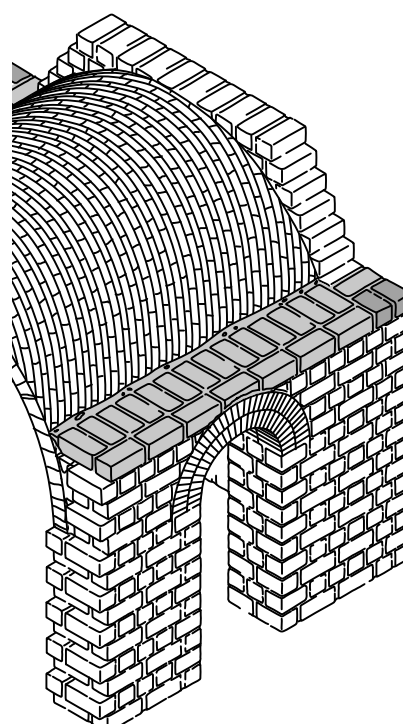
4ème rang

Pour chaque rang, vérifier les aplombs et les alignements.



5ème rang

S'il y a des voutains dans les murs porteurs, les briques des contreforts finissent par les recouvrir.

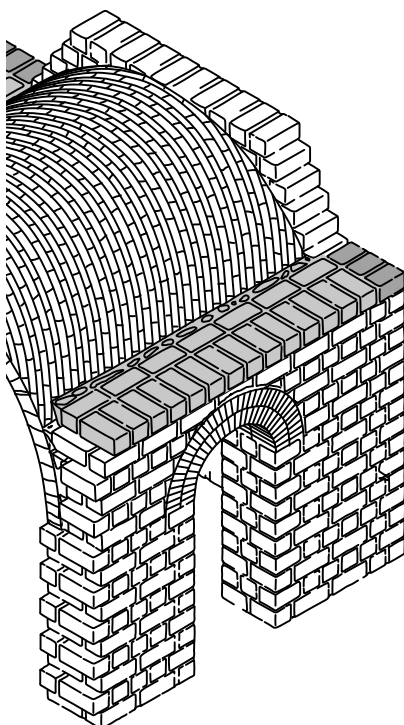


S4 - 8.1c

CONTREFORTS

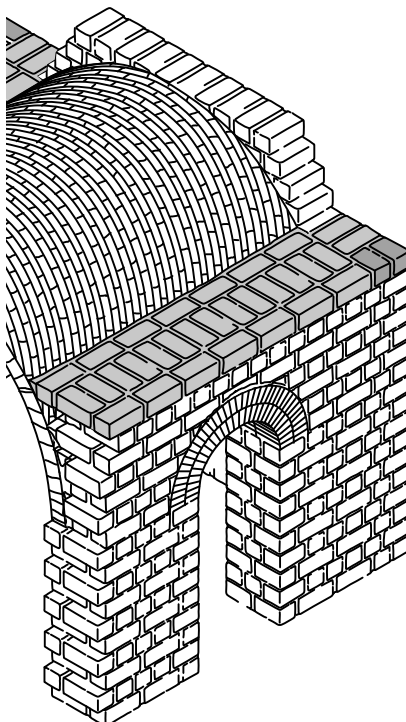
CONTREFORTS

6ème rang



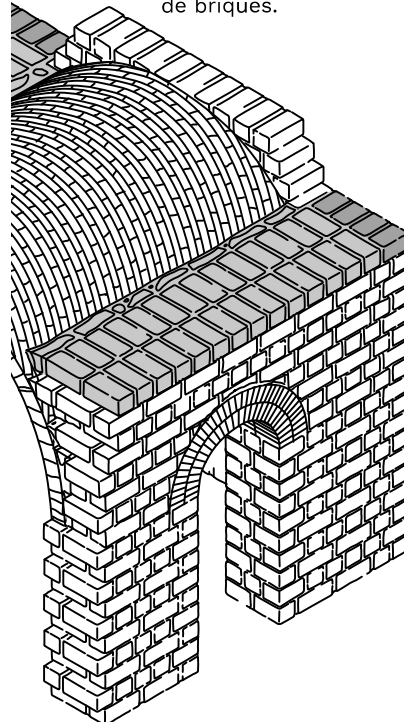
7ème rang

Les appareillages deviennent de type 80 et plus à partir de ce rang.

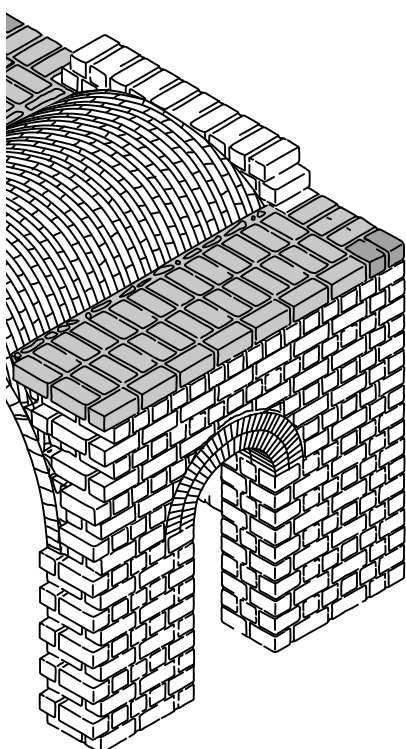


8ème rang

Remplir l'espace entre les briques et la voûte avec du mortier et des morceaux de briques.

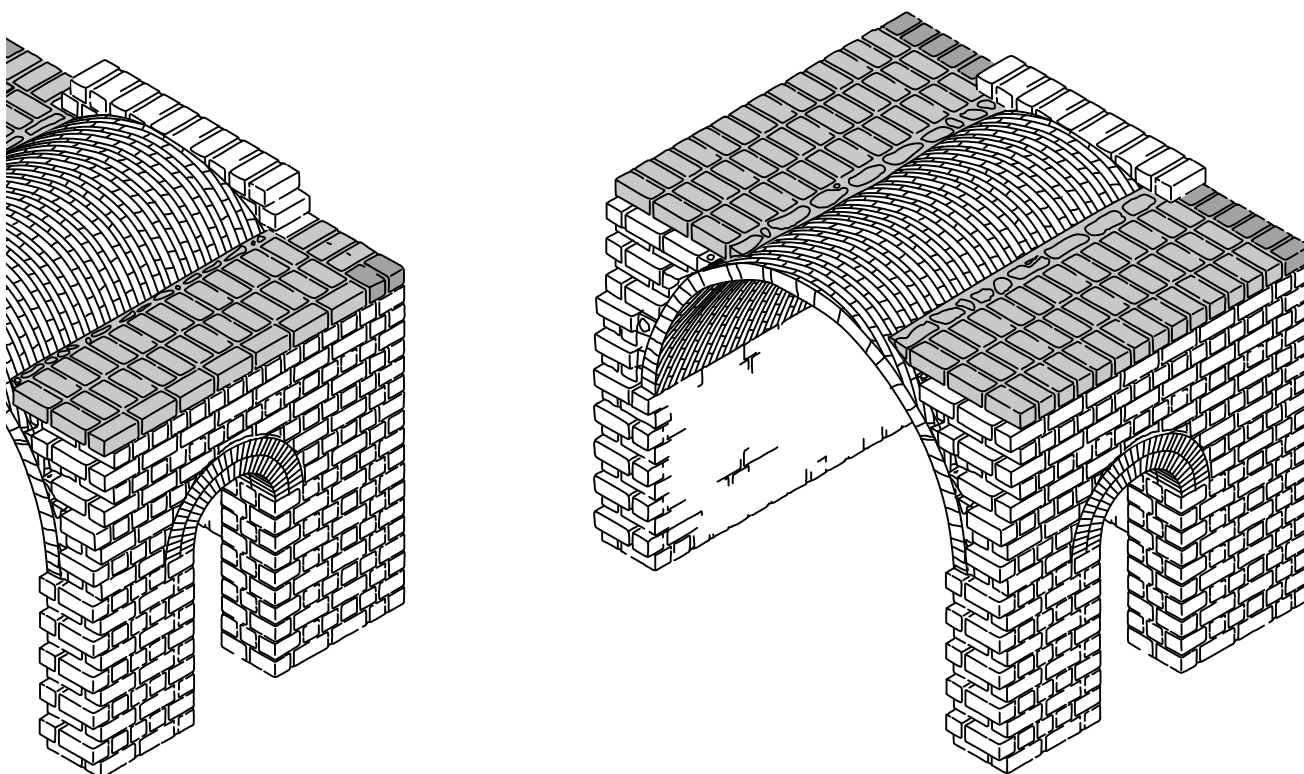


9ème rang



10ème rang

Les contreforts sont terminés lorsque le dernier rang des murs pignons est visible, ainsi que le sommet de la voûte.



S4 - 9.1

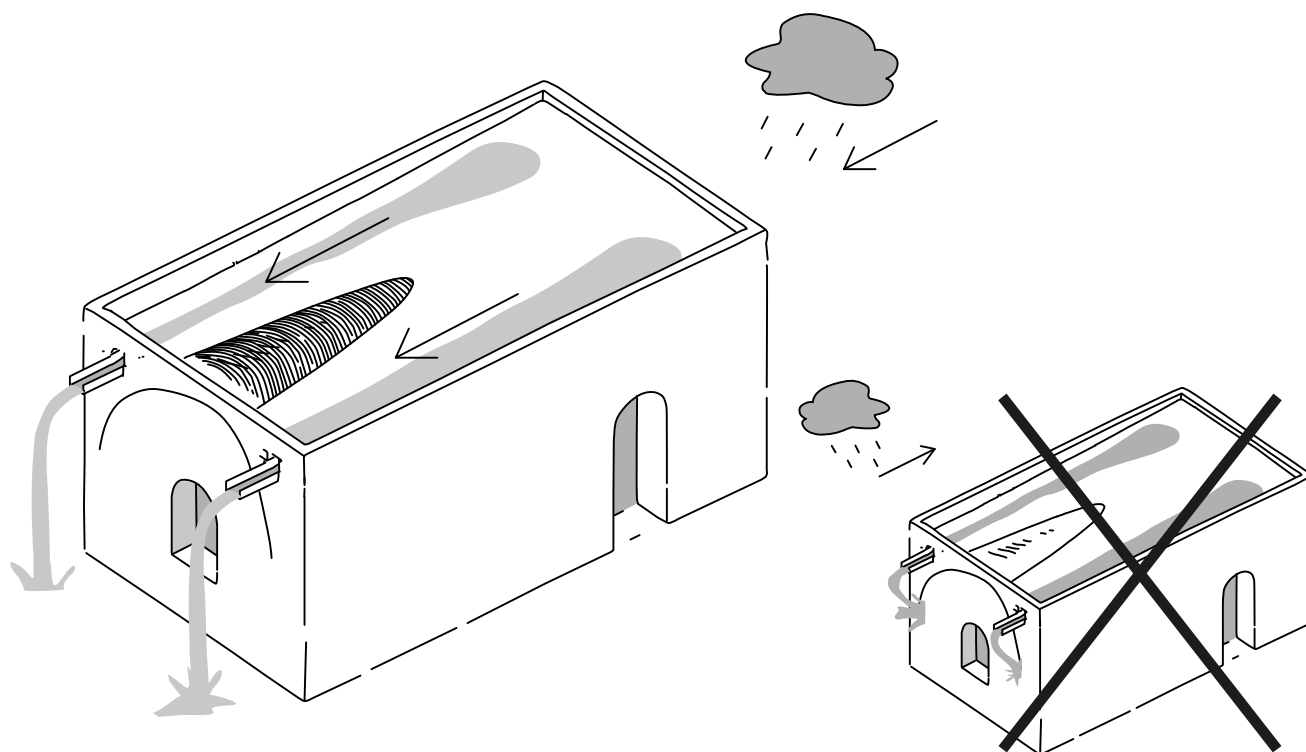
TOITURE

ORIENTATION DE LA PENTE DE TOITURE

1

Cas standard

La pente d'une toiture (drainage) est généralement réalisée dans le sens de la voûte. Elle ne doit pas dépasser 10 m de longueur, et la voûte peut rester légèrement visible en bas de pente. Autant que possible, les gouttières ne doivent pas faire face au vent.

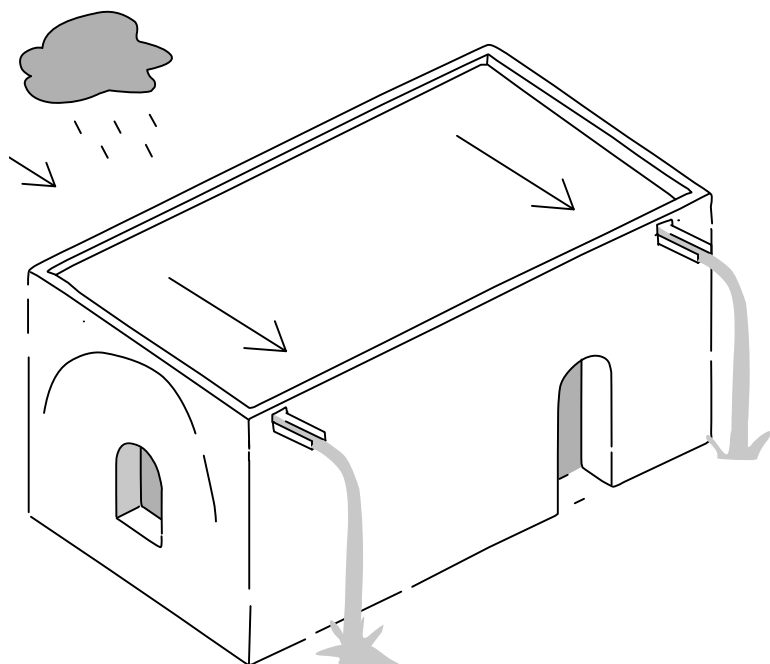


2

Si besoin (proximité d'un bâtiment, vent, etc...)

La pente de la toiture peut être réalisée perpendiculairement au sens de la voûte. La voûte est dans ce cas totalement invisible.

ATTENTION : il est plus difficile d'assurer un bon drainage dans ce cas. Bien vérifier que l'eau s'écoule correctement vers les gouttières et qu'il n'y a pas de zone de stagnation.



S4 - 9.2a

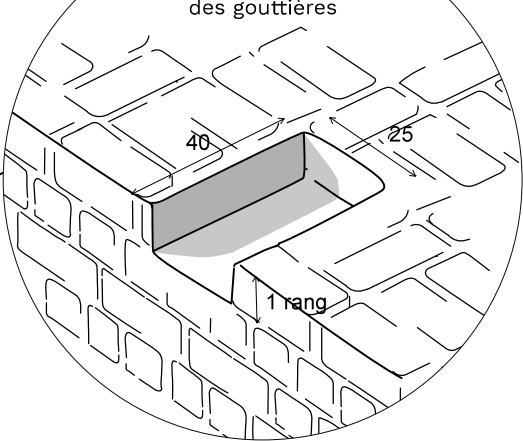
TOITURE

PENTE MAÇONNÉE

1
Arrêter le contrefort 1 rang avant
le sommet de la voûte.

2
Arrondir le pignon
côté bas de la pente

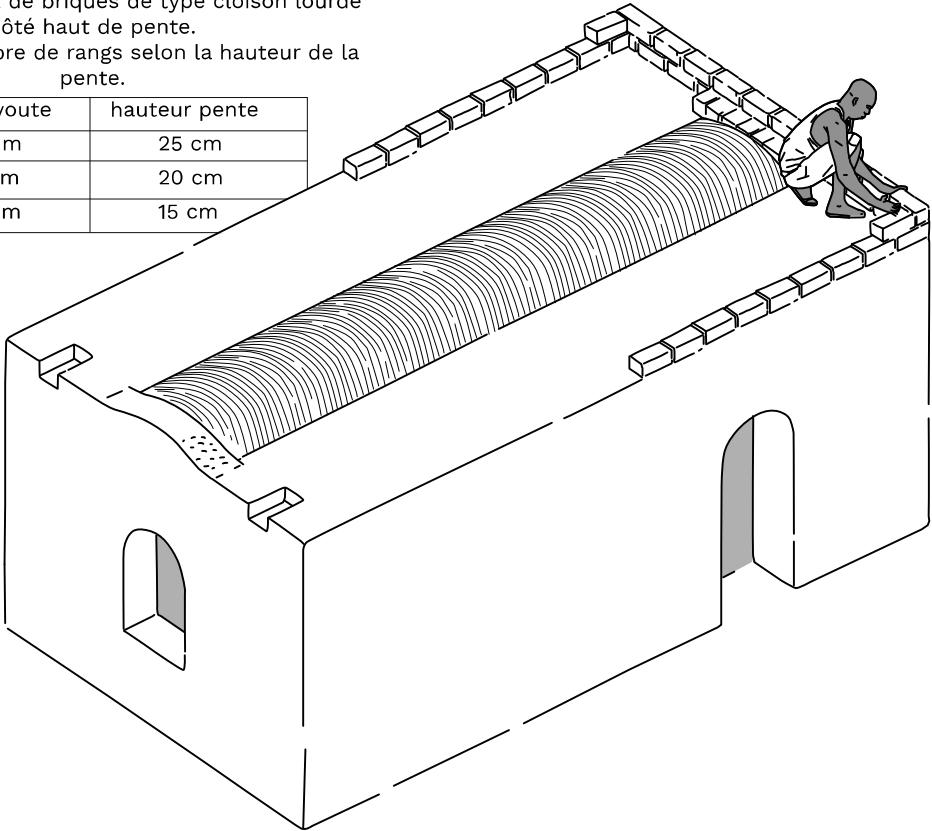
3
Creuser les réservations
des gouttières



4

Monter un muret de briques de type cloison lourde
côté haut de pente.
Calculer le nombre de rangs selon la hauteur de la
pente.

Longueur voute	hauteur pente
max 10 m	25 cm
idéal 8 m	20 cm
6 m	15 cm



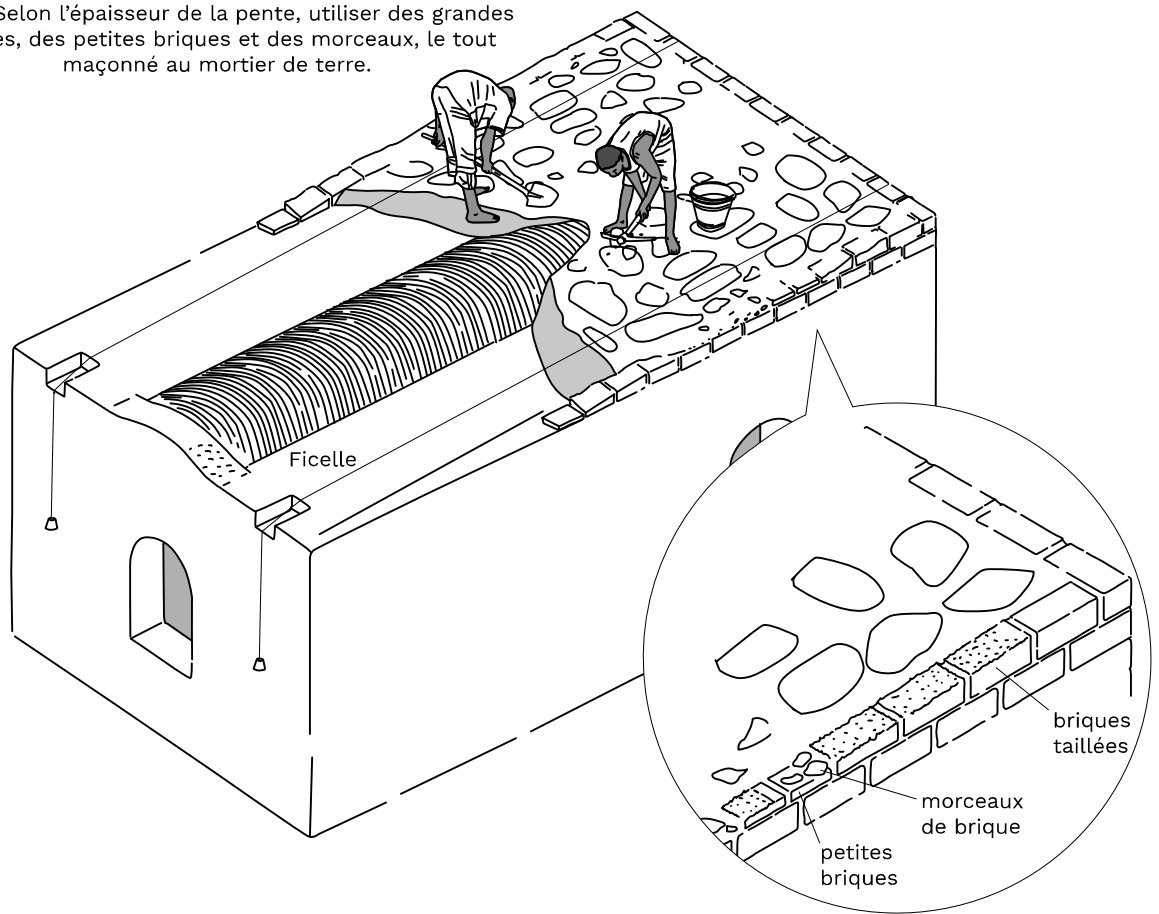
S4 - 9.2b

TOITURE

PENTE MAÇONNÉE

1

Utiliser des ficelles pour guider et suivre le niveau de la pente. Selon l'épaisseur de la pente, utiliser des grandes briques, des petites briques et des morceaux, le tout maçonné au mortier de terre.

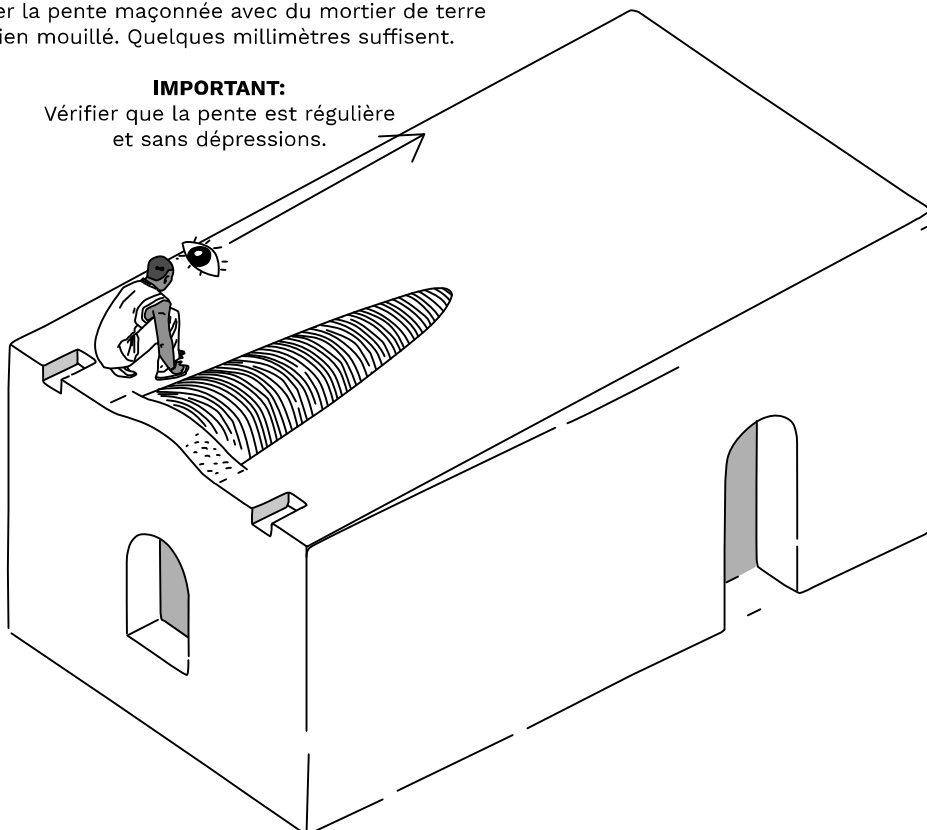


2

Lisser la pente maçonnée avec du mortier de terre bien mouillé. Quelques millimètres suffisent.

IMPORTANT:

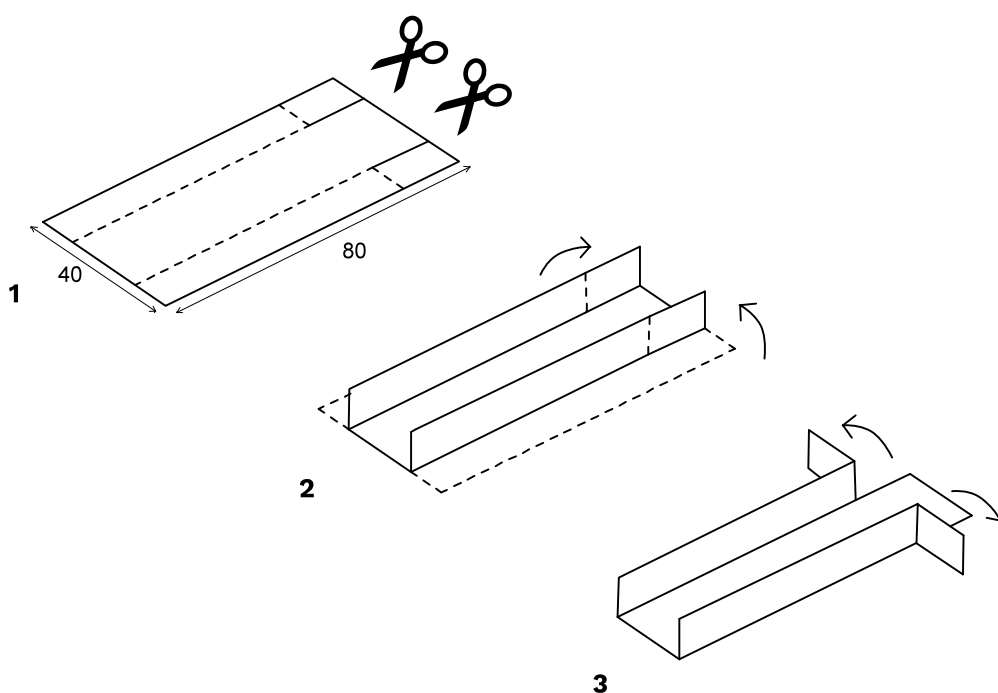
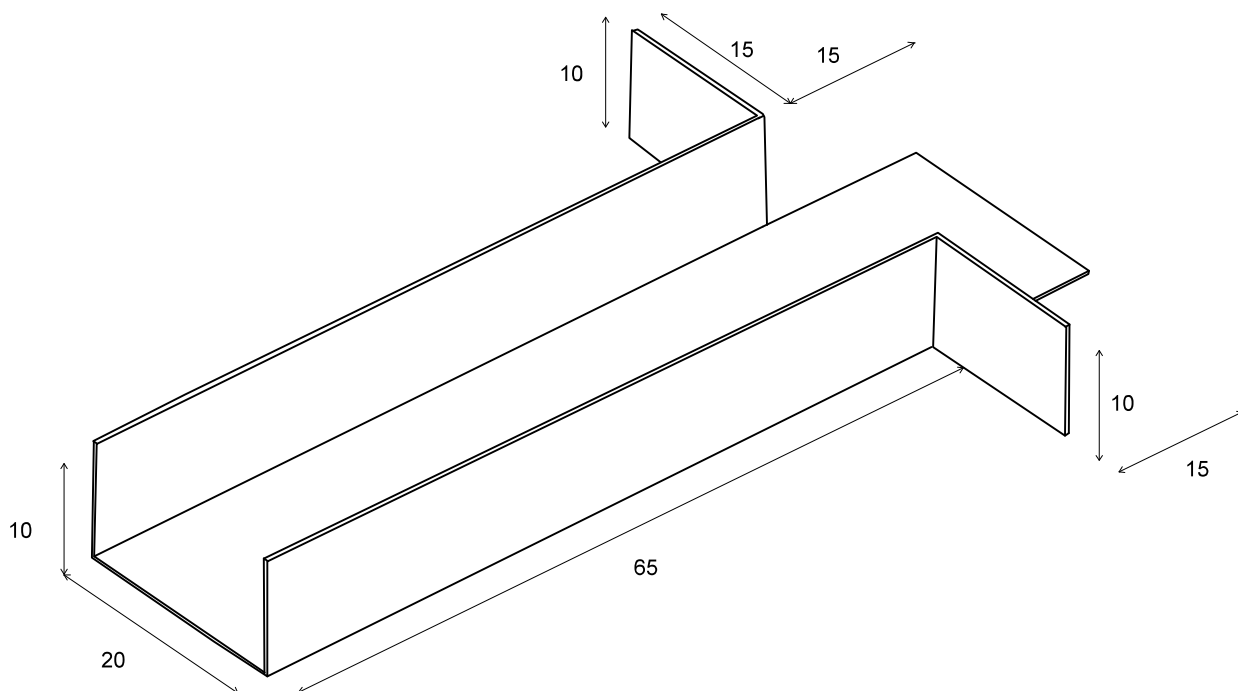
Vérifier que la pente est régulière et sans dépressions.



S4 - 9.3a

TOITURE GOUTTIÈRES

Cette page peut être donnée au soudeur pour qu'il fabrique les gouttières aux bonnes dimensions.

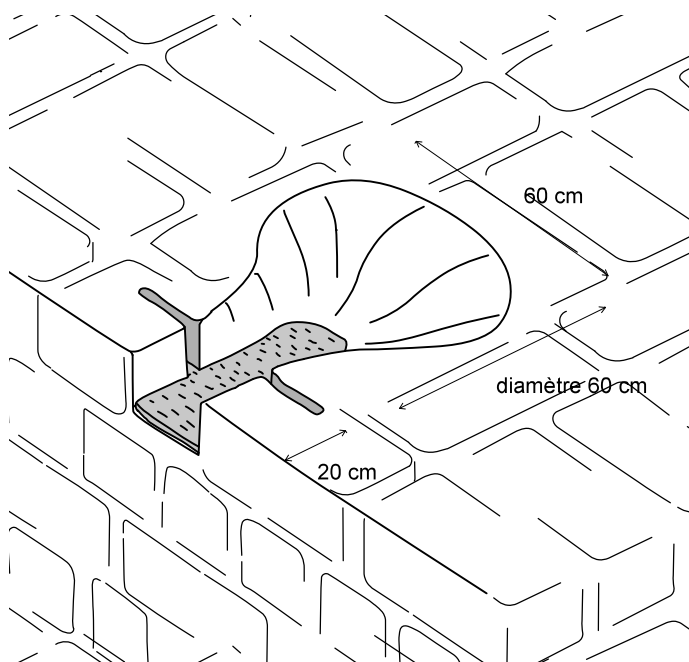


S4 - 9.3b

TOITURE GOUTTIÈRES

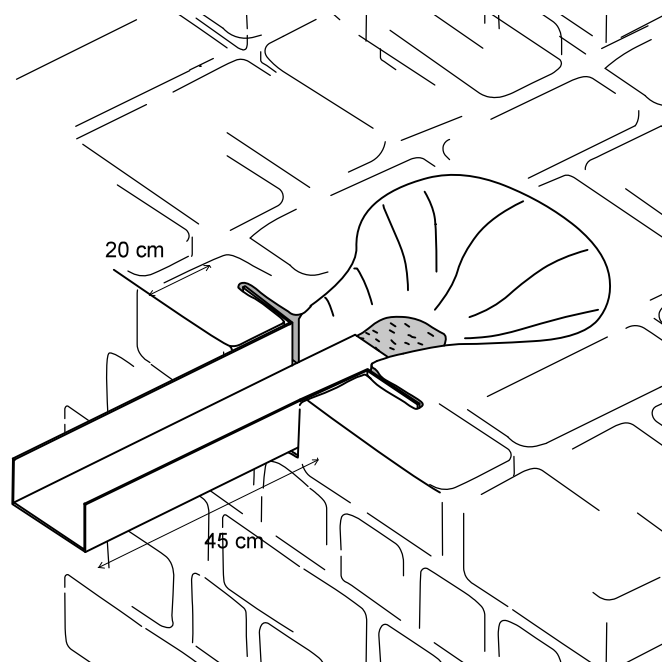
1

Faire la réservation pour la gouttière.
Penser à faire 2 saignées pour les languettes de la gouttière.
Appliquer une couche de mortier de ciment en fond de réservation.



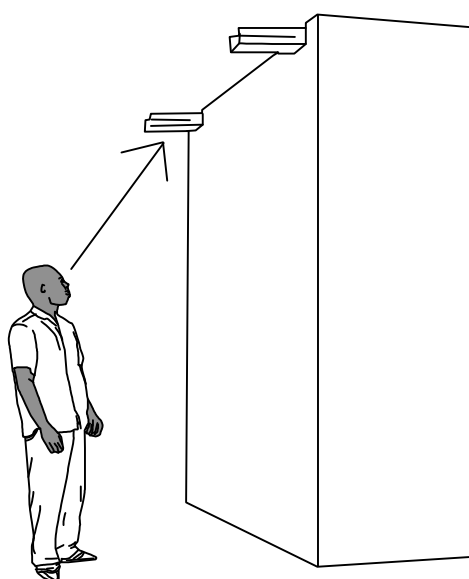
2

Insérer la gouttière.
Respecter les dimensions du dessin :
la gouttière doit déborder de 45 cm
et avoir une légère pente.



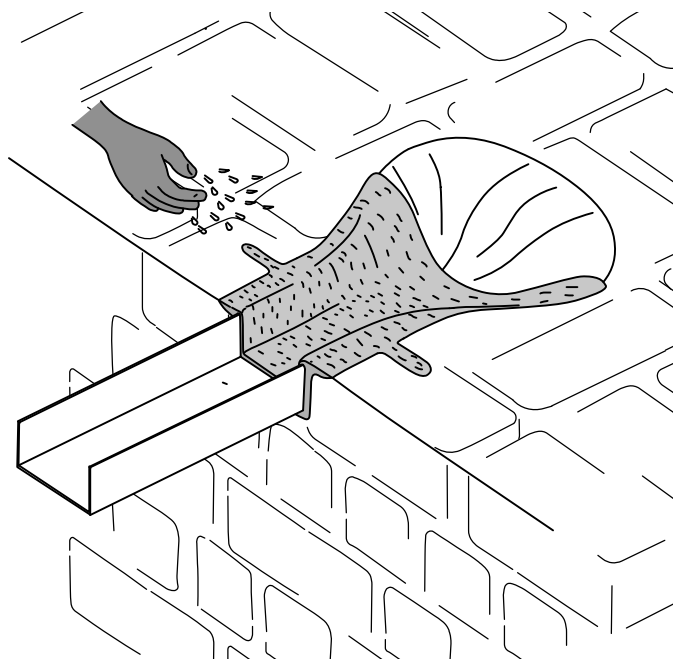
3

Vérifier :
- L'inclinaison
- Le parallélisme



4

Sceller la gouttière avec du mortier de ciment.
L'enduit de finition recouvrira à terme la couche de ciment.



S4 - 9.4a

TOITURE

BÂCHE PLASTIQUE ET COUCHE DE TERRE

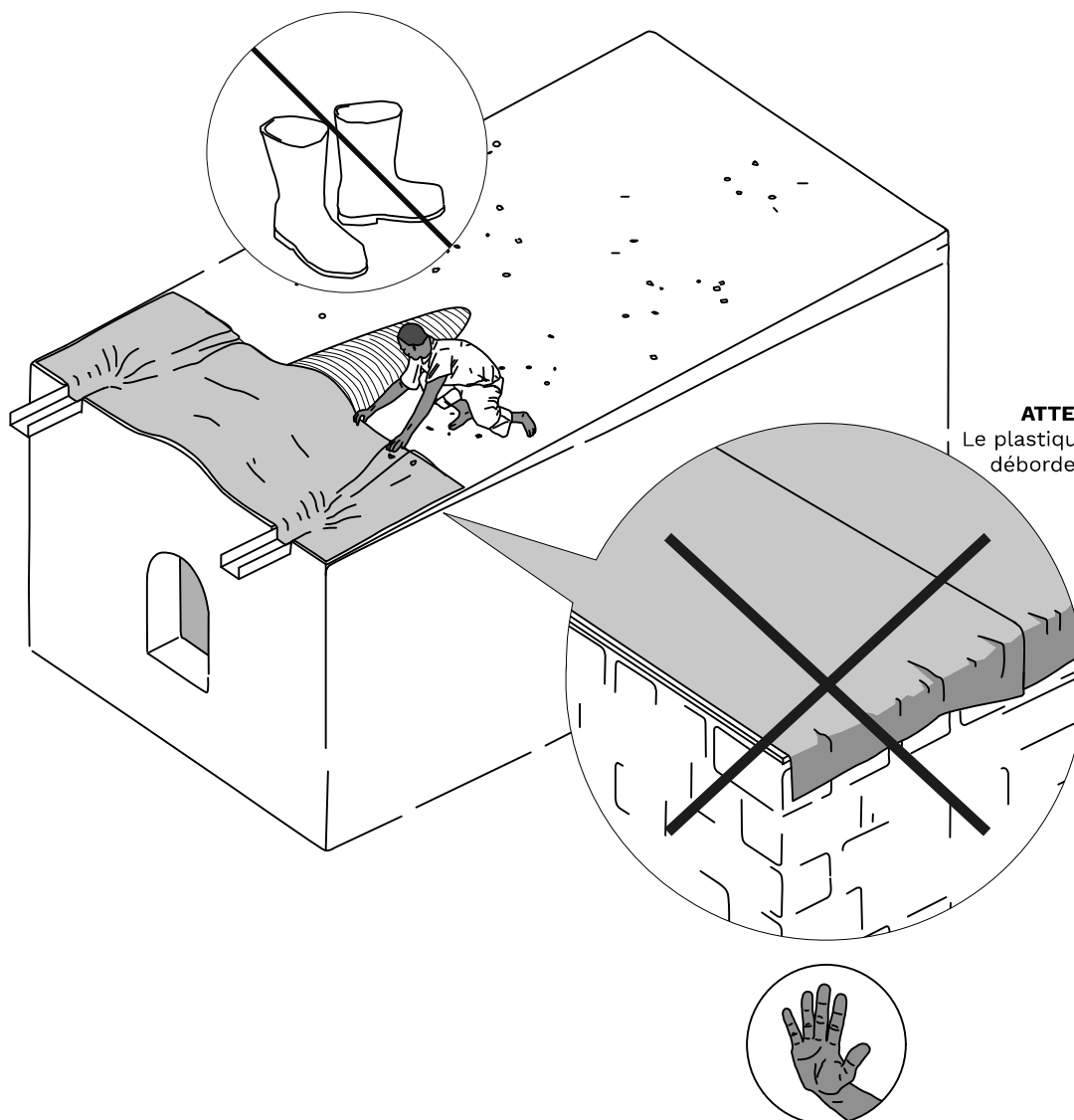
1

Utiliser des rouleaux de film plastique double-largeur si possible, afin de réduire le nombre de bandes et de permettre un bon recouvrement/pliage des bandes entre elles. Découper les bandes à la bonne longueur. Rouler les bandes pour les transporter sur la toiture.



2

Dérouler la première bande en bas de pente, côté gouttières.
Faire des plis pour bien suivre les trous des gouttières.



S4 - 9.4b

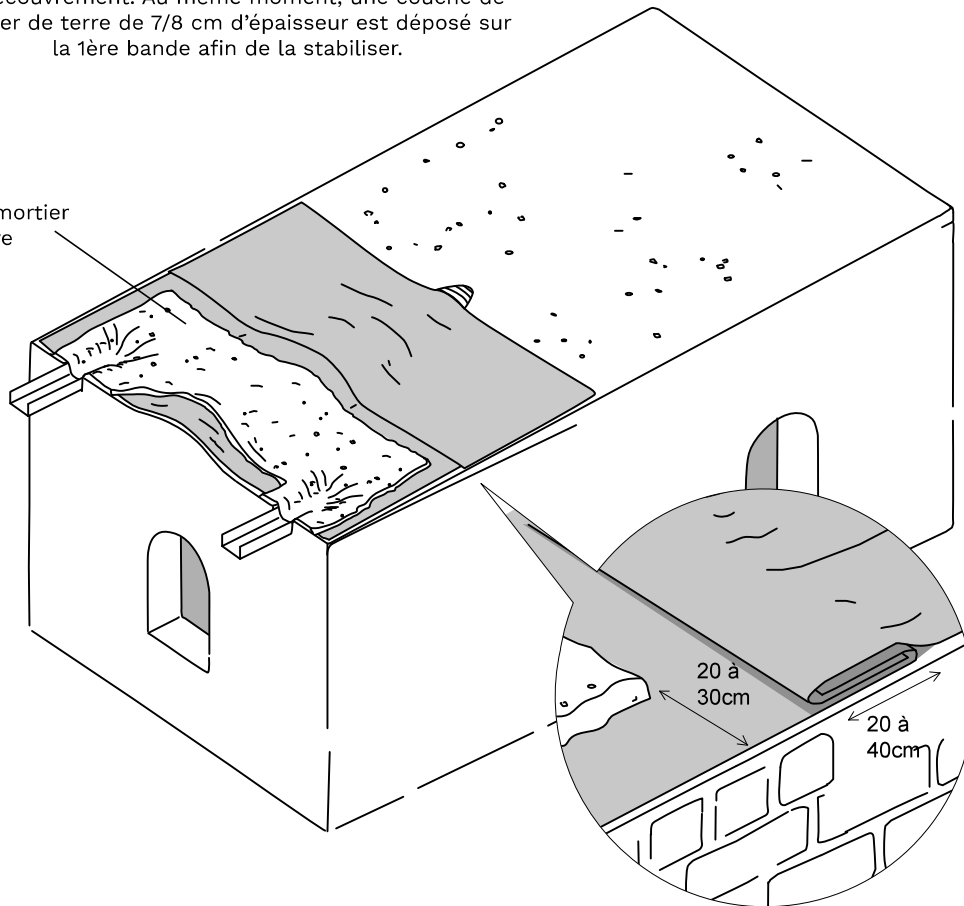
TOITURE

BÂCHE PLASTIQUE ET COUCHE DE TERRE

3

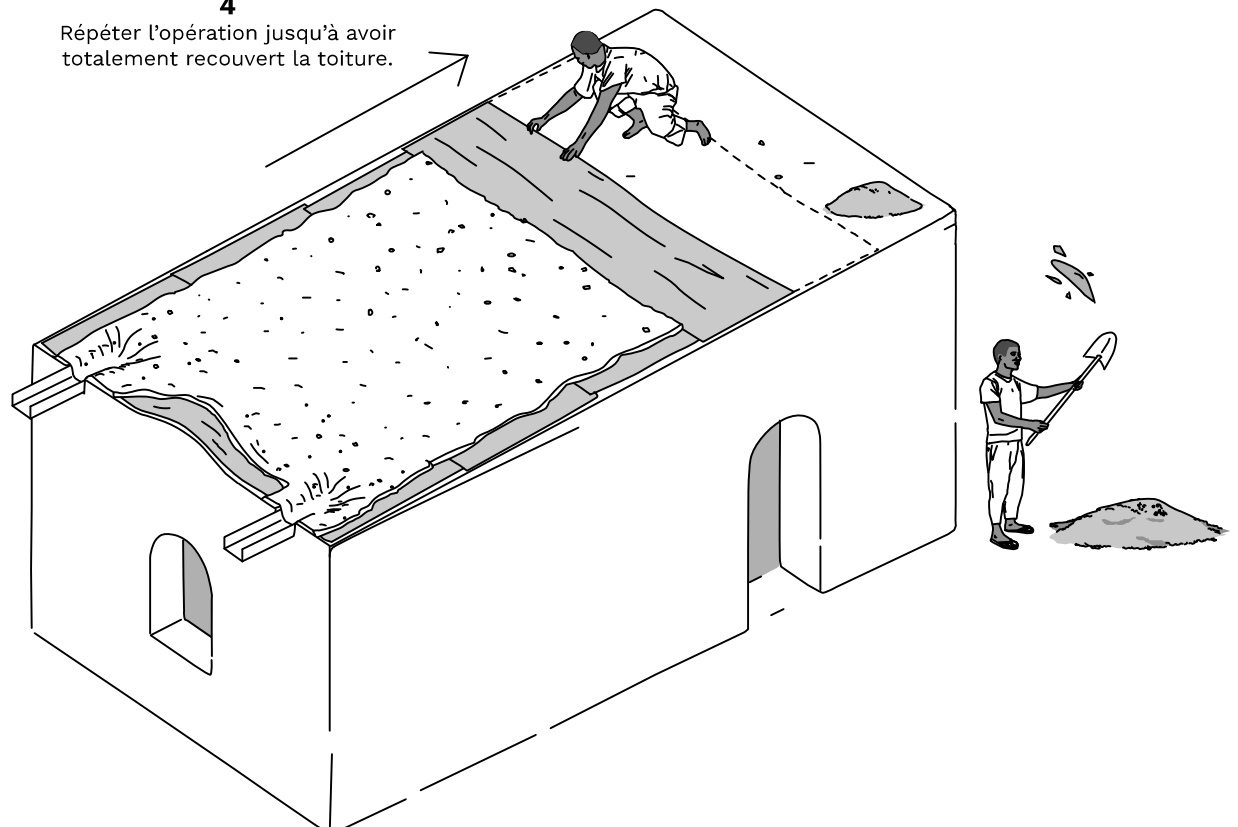
Installer la 2ème bande. Elle recouvre la bande précédente de 20cm minimum, avec un pli au niveau du recouvrement. Au même moment, une couche de mortier de terre de 7/8 cm d'épaisseur est déposée sur la 1ère bande afin de la stabiliser.

Couche de mortier de terre



4

Répéter l'opération jusqu'à avoir totalement recouvert la toiture.



S4 - 9.5

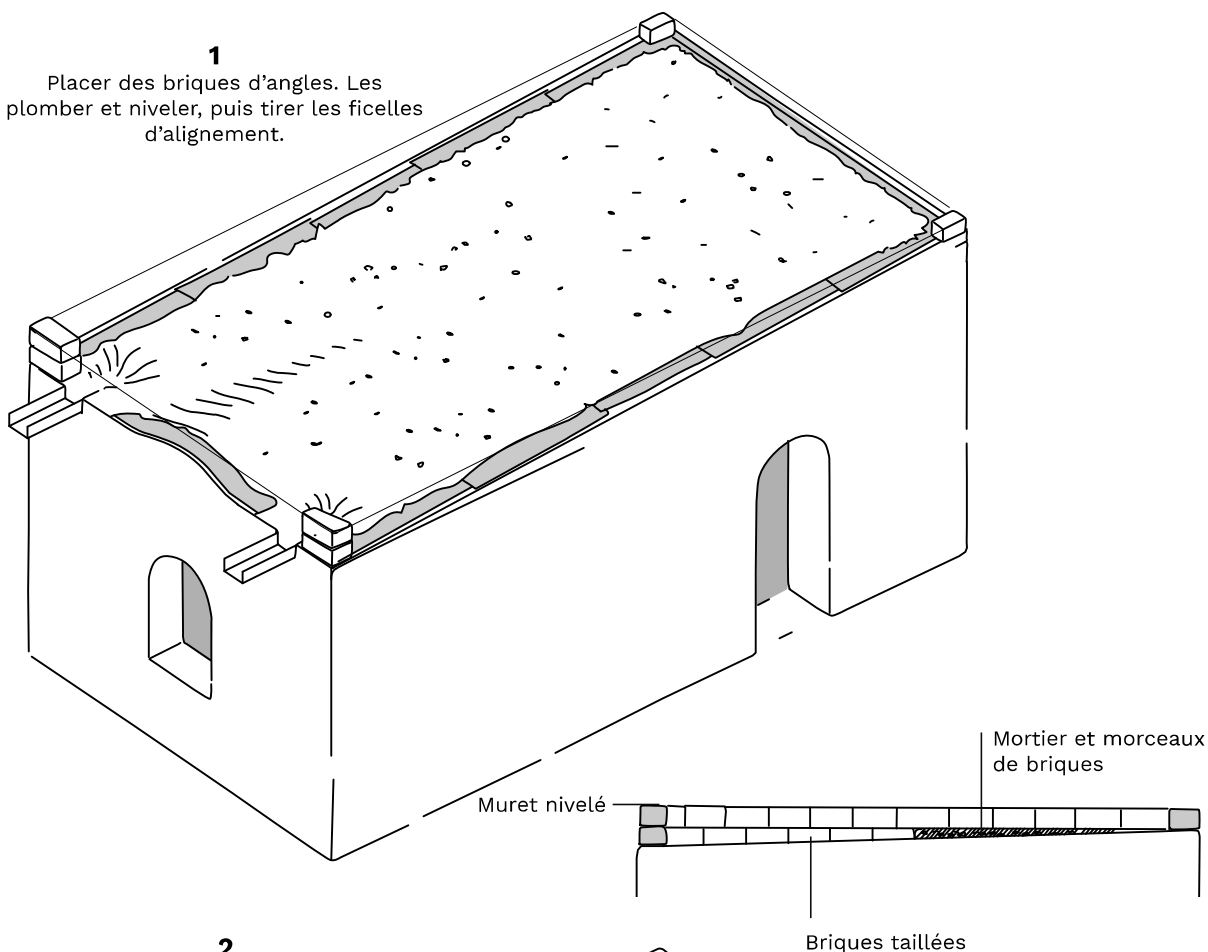
TOITURE

MURETS D'ACROTÈRES

Les murets d'acrotères peuvent être réalisés en briques de terre classiques ou en blocs spéciaux (voir fiche **S3 - 3.2**).

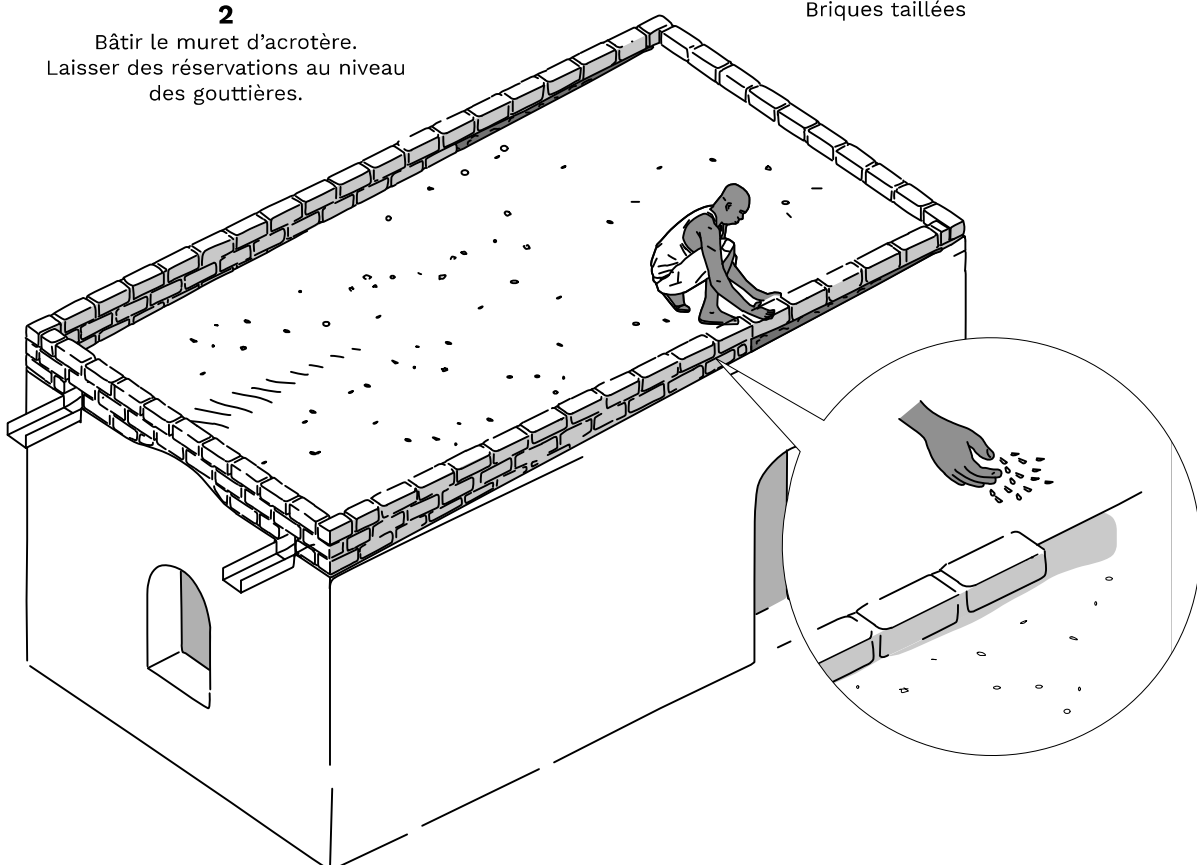
1

Placer des briques d'angles. Les plomber et niveler, puis tirer les ficelles d'alignement.



2

Bâtir le muret d'acrotère. Laisser des réservations au niveau des gouttières.



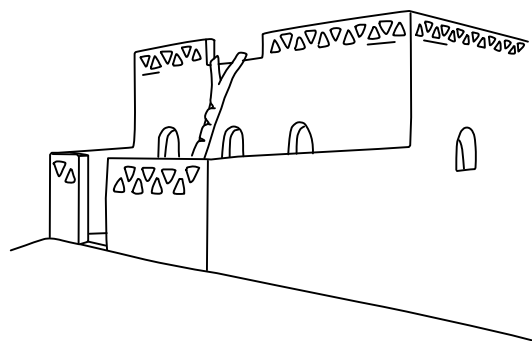
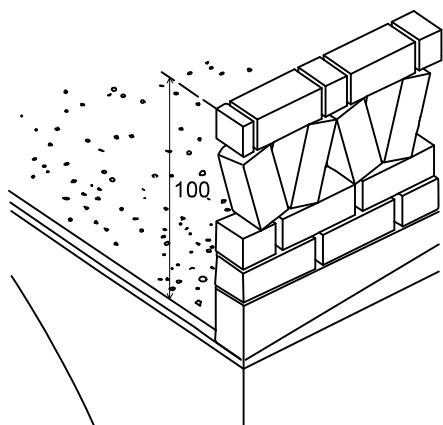
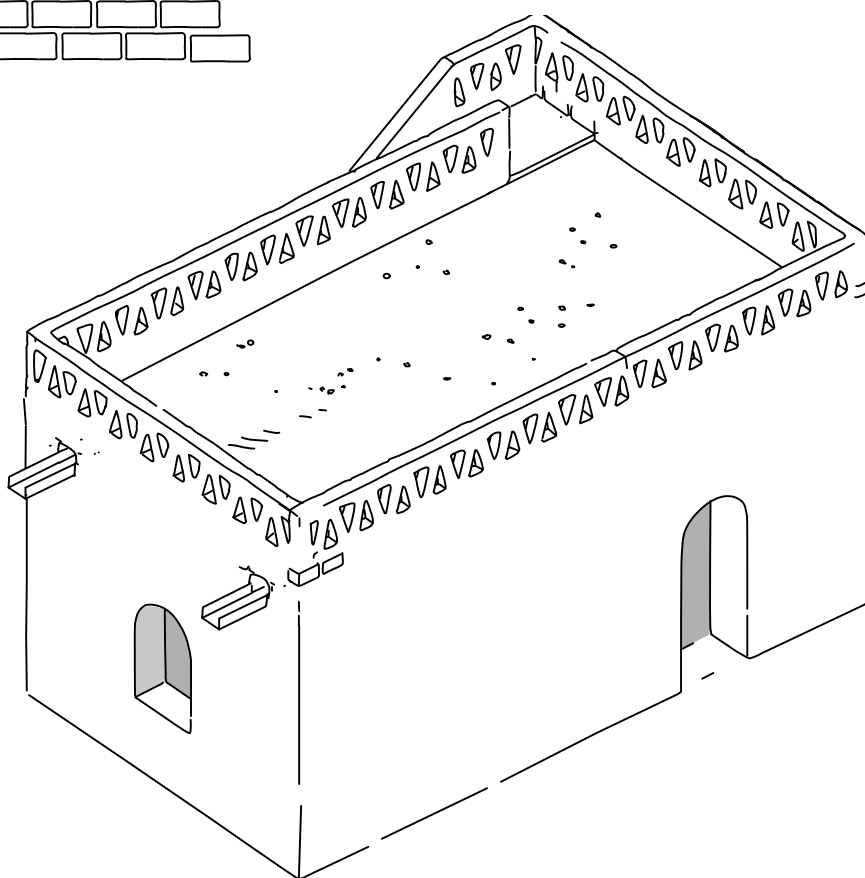
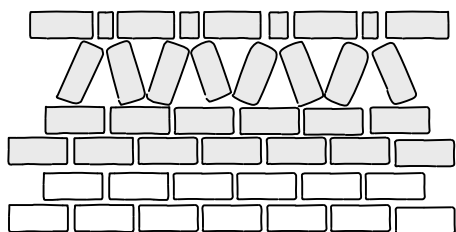
S4 - 9.6

TOITURE

BALUSTRADES MAÇONNÉES

Les balustrades maçonnées peuvent être réalisées en briques de terre classiques ou en blocs spéciaux (voir fiche **S3 - 3.2**).

Exemple de balustrade pour une terrasse accessible :



S4 - 9.7

TOITURE

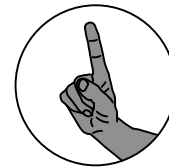
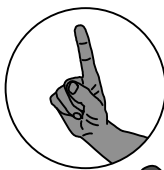
FINITIONS SUR TOITURE

1

Pour finir, appliquer sur la toiture et la face intérieure du muret d'acrotère un enduit de finition (mortier de terre, terre compactée, bitume... voir fiche **S6 - 1.5**) d'épaisseur variable selon le type d'enduit.

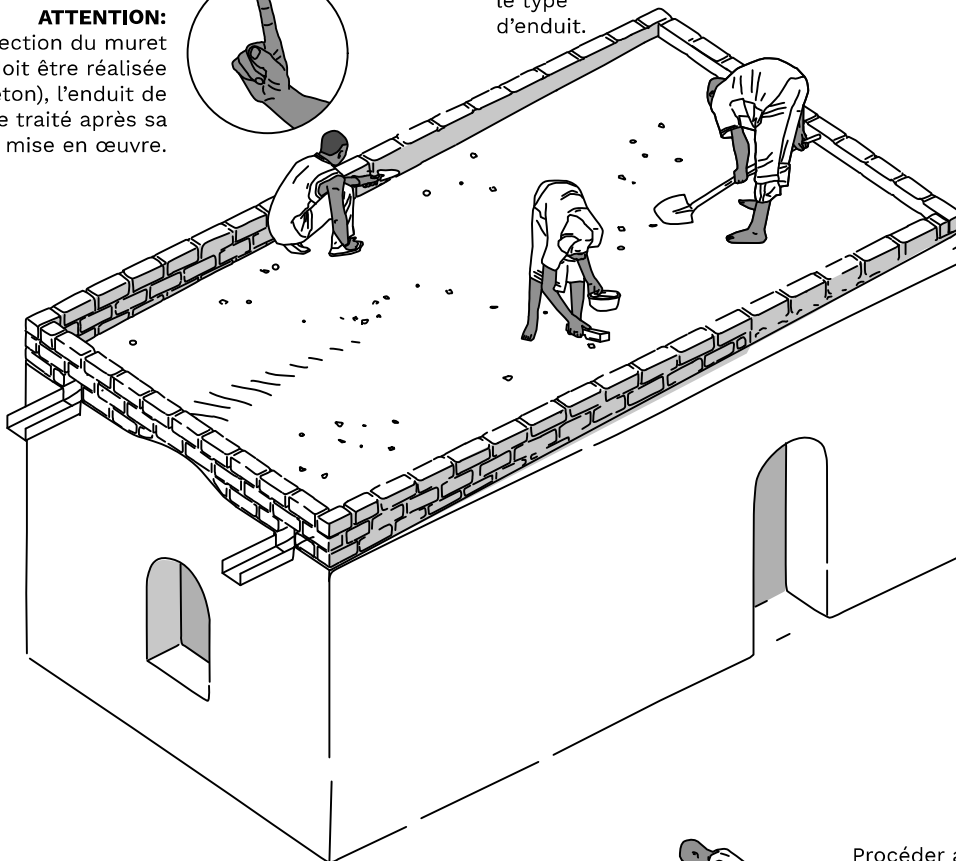
ATTENTION:

Si une protection du muret d'acrotère doit être réalisée (dalles ou béton), l'enduit de finition doit être traité après sa mise en œuvre.



ATTENTION :

Les finitions en ciment ou en béton sont interdites. Risque d'infiltrations et d'effondrement de la voûte !



2

Procéder aux vérifications

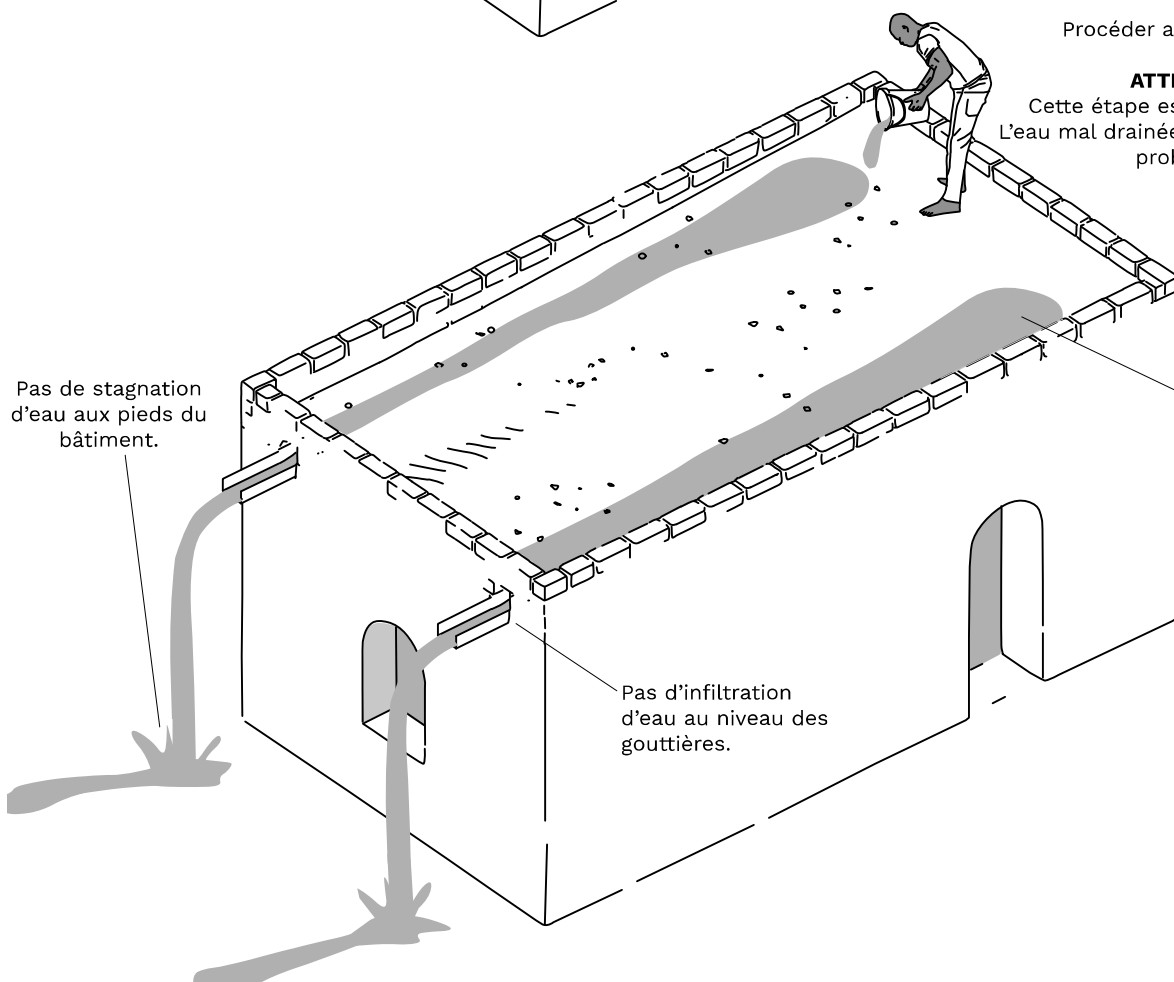
ATTENTION !

Cette étape est très importante. L'eau mal drainée est la 1ère cause de problèmes !

Pas de stagnation d'eau aux pieds du bâtiment.

Pas de stagnation d'eau sur la toiture.

Pas d'infiltration d'eau au niveau des gouttières.

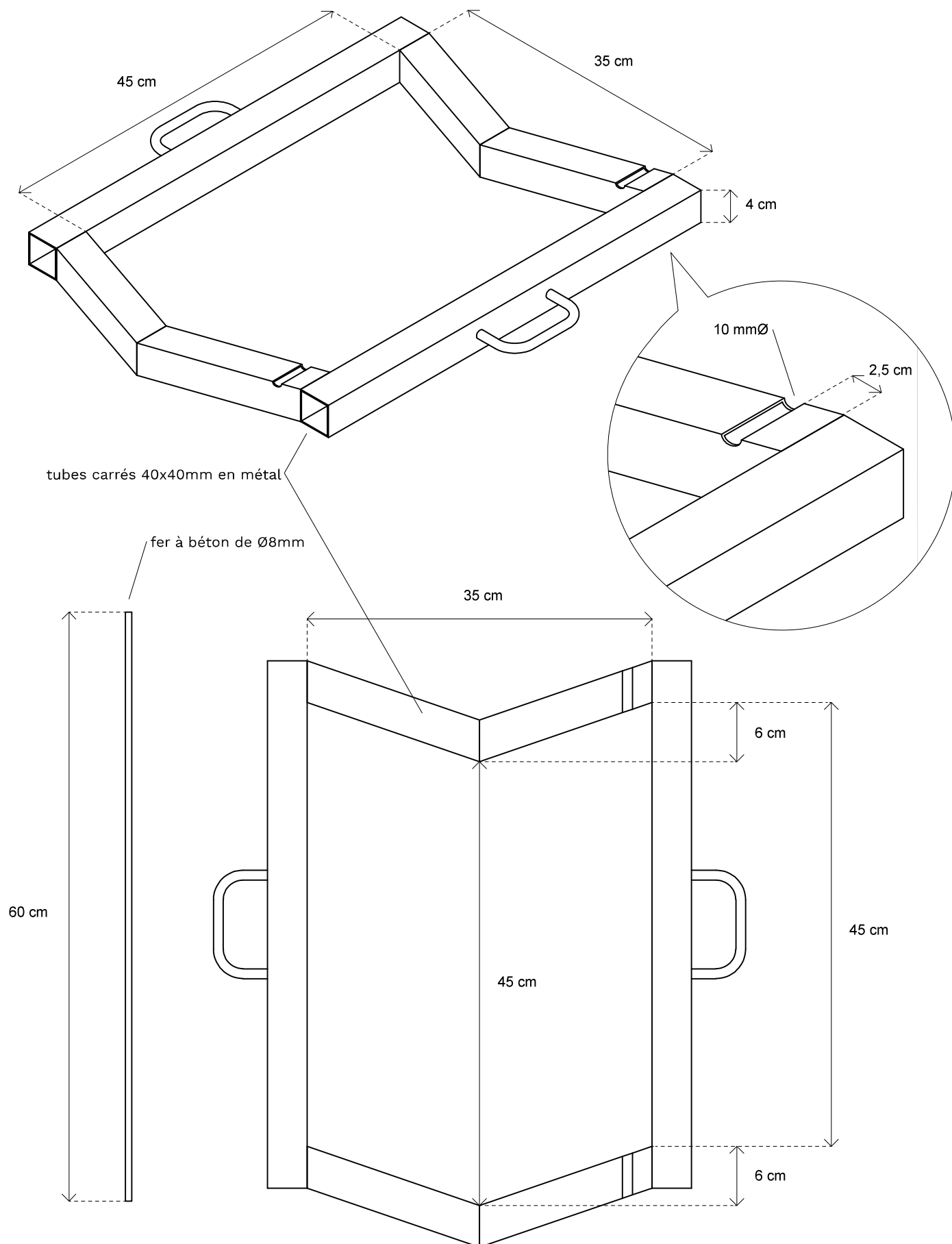


S4 - 10.1

PROTECTIONS D'ACROTÈRES ET DE BALUSTRADES

MOULE POUR DALLETTES DE CIMENT ★AD

Le moule est fabriqué avec des tubes carré 40x40mm en métal.
Prévoir une encoche pour la goutte d'eau à 2,5cm du bord.



S4 - 10.2

PROTECTIONS D'ACROTÈRES ET DE BALUSTRADES

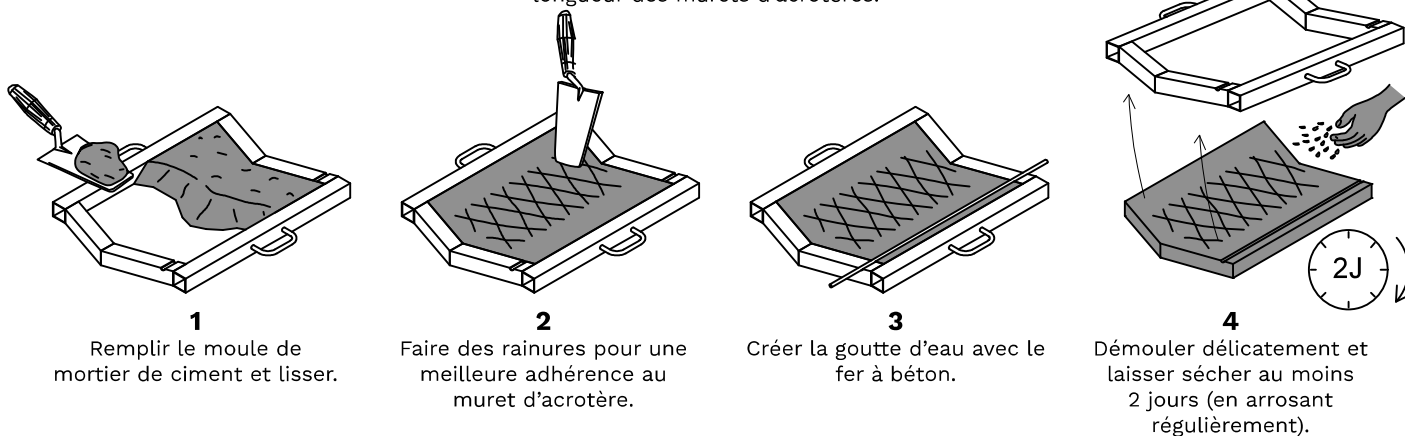
FABRICATION DES DALLETTES DE CIMENT ★AD

Les murets d'acrotères et balustrades sont très exposés aux pluies. La pose de dallettes de ciment à leur sommet permet de les protéger tout en limitant les besoins d'entretien.

Il y a 4 types de dallettes à produire :

Dallettes courantes

Ces dallettes sont les plus nombreuses à produire et s'utilisent sur la longueur des murets d'acrotères.



Dallettes spéciales

Ces dallettes sont moins nombreuses à produire et peuvent être réalisées en découpant simplement le mélange humide à la truelle.

Elles sont utilisées dans les angles des murets d'acrotères et pour faire les raccords.



Dosage recommandé pour 25 dallettes :

 Ciment	 Sable	 Gravier	 Eau
50 kg 	2 brou.  	2,5 brou.   	25 l   

S4 - 10.3a

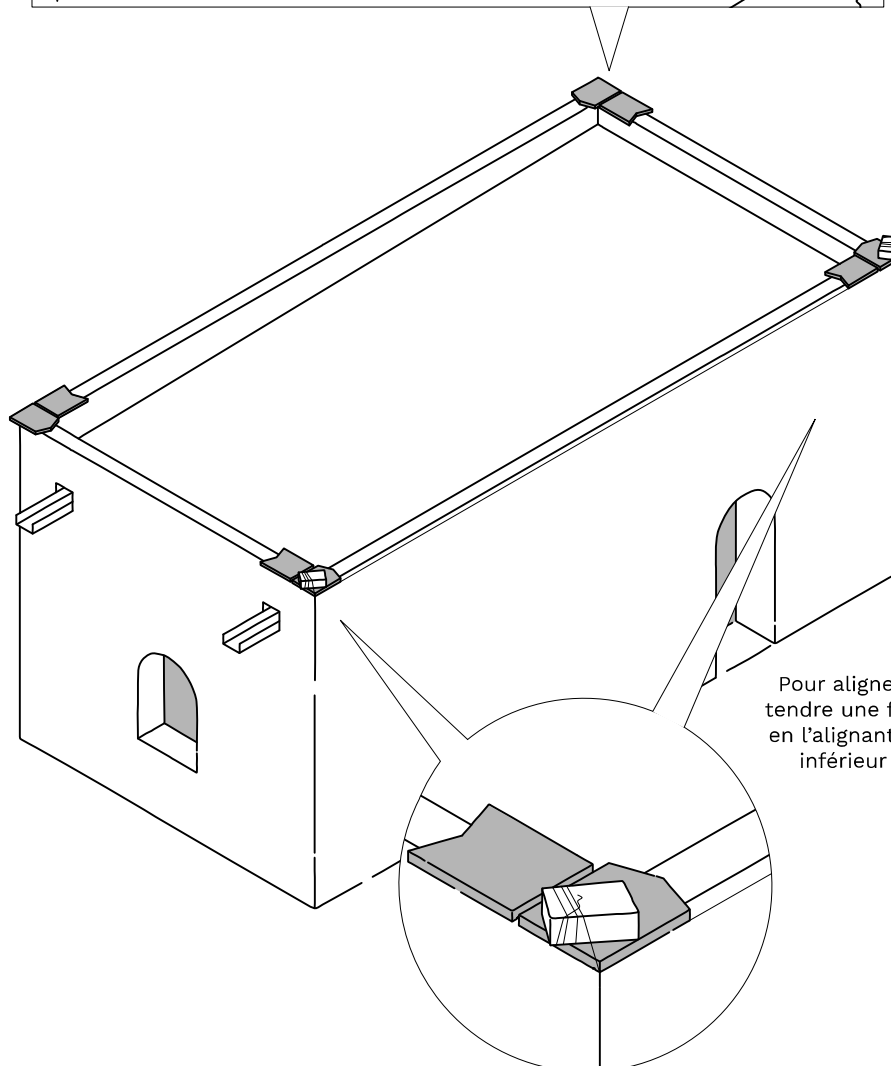
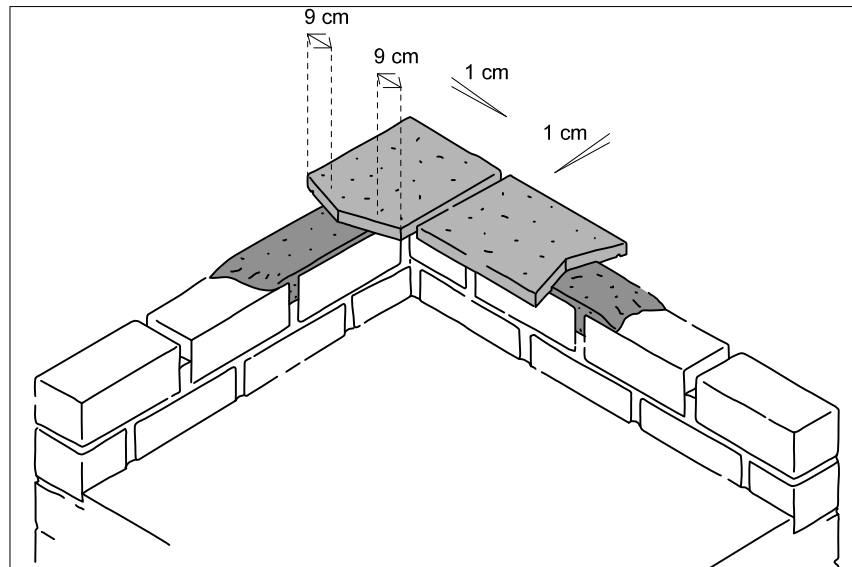
PROTECTIONS D'ACROTÈRES ET DE BALUSTRADES

PROTECTIONS EN DALLETES DE CIMENT ★AD

Commencer par poser les dallettes spéciales dans chaque angle de la toiture.

1

Poser les dallettes au mortier de ciment. Remplir la partie supérieure des joints entre les briques du muret d'acrotère pour une meilleure accroche.
Poser les dallettes centrées sur le muret d'acrotère, avec un débord d'environ 9cm de chaque côté et une légère pente vers la toiture.
Appliquez une petite pente vers l'intérieur d'environ un centimètre.



2

Pour aligner les autres dallettes, tendre une ficelle entre les angles, en l'alignant sur le bord extérieur-inferieur de chaque dallette.

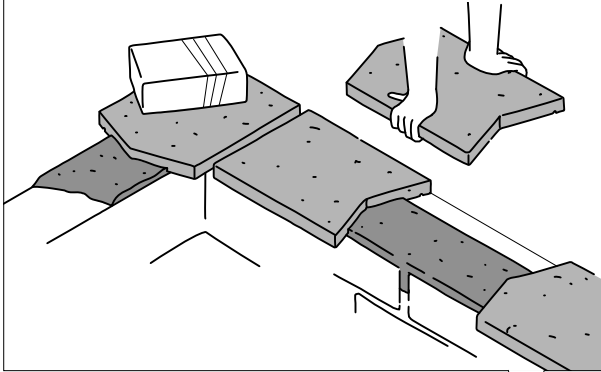
S4 - 10.3b

PROTECTIONS D'ACROTÈRES ET DE BALUSTRADES

PROTECTIONS EN DALLETTES DE CIMENT ★AD

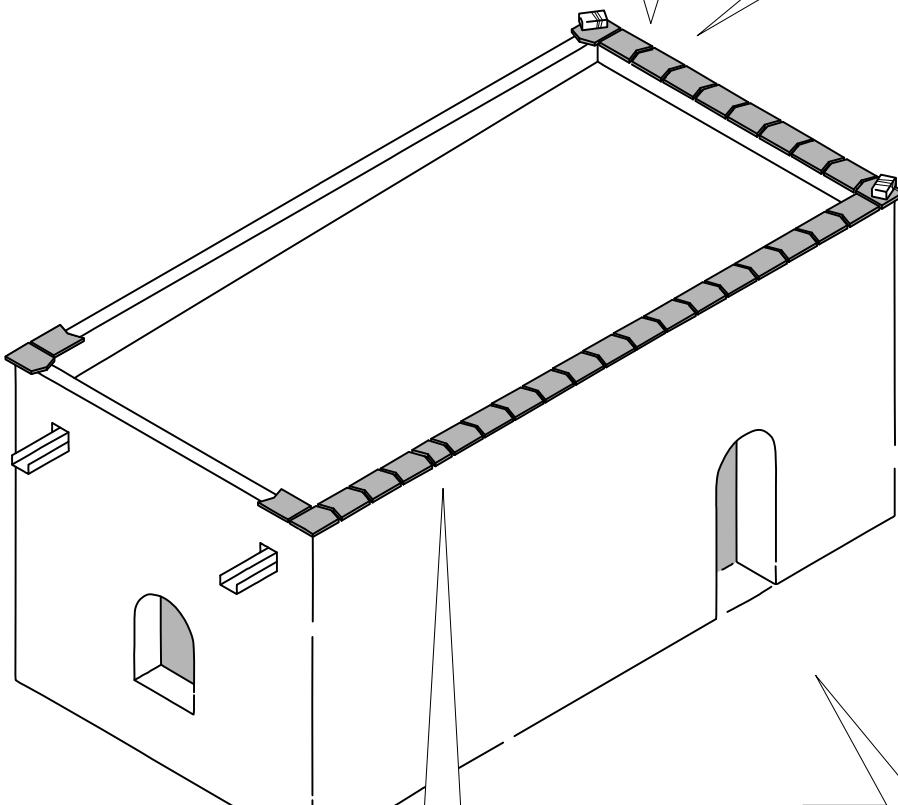
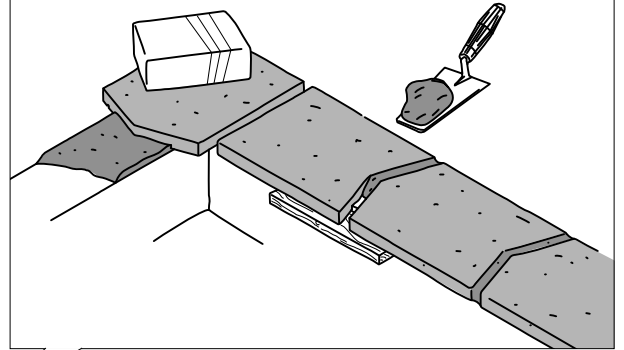
1

Poser les dallettes en utilisant la ficelle comme guide. Vérifiez qu'il y a une petite pente vers l'intérieur d'environ un centimètre.



2

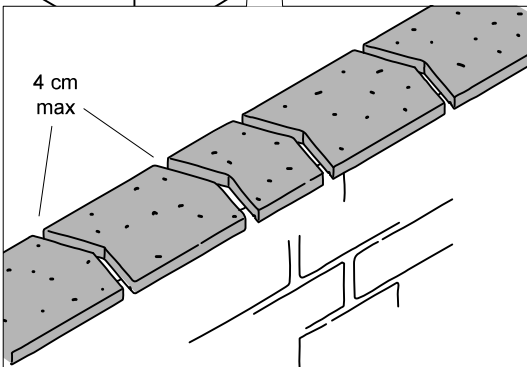
Remplir les joints avec du mortier de ciment. Utiliser un morceau de bois pour maintenir le mortier sur les côtés.



4 cm
max

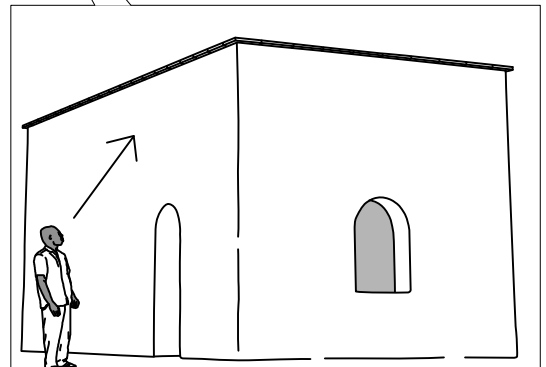
3

Pour finaliser la protection, il peut être nécessaire d'ajuster les joints et d'utiliser des demi-dalletes. Les joints ne doivent pas dépasser 4 cm.



4

Vérifier par le bas que toutes les dallettes sont bien alignées.



S4 - 10.4

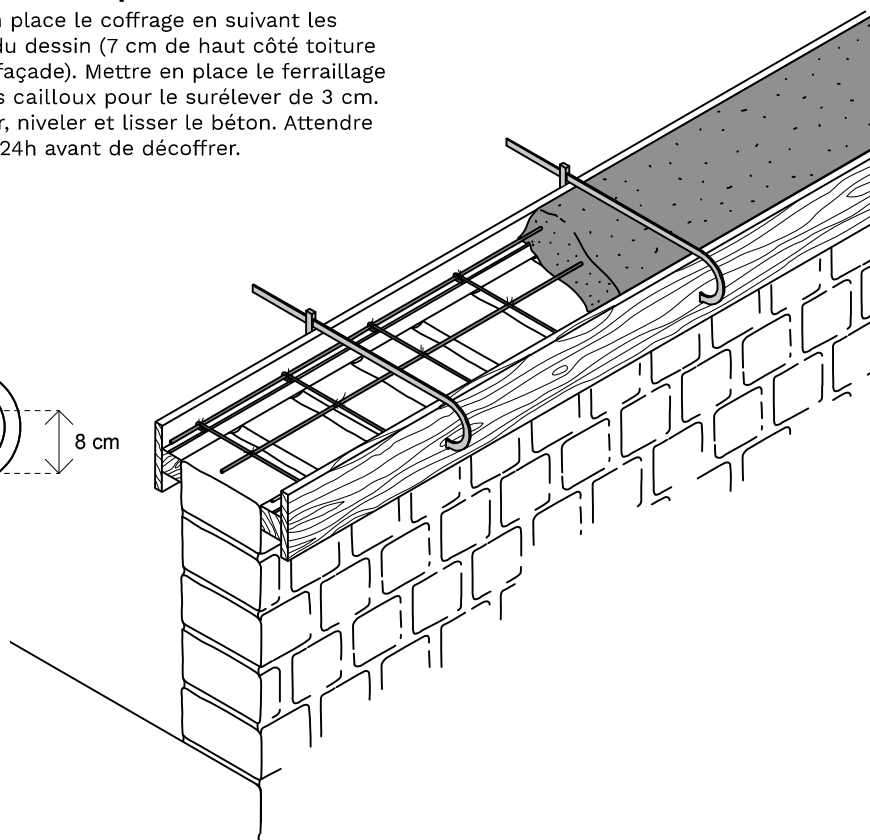
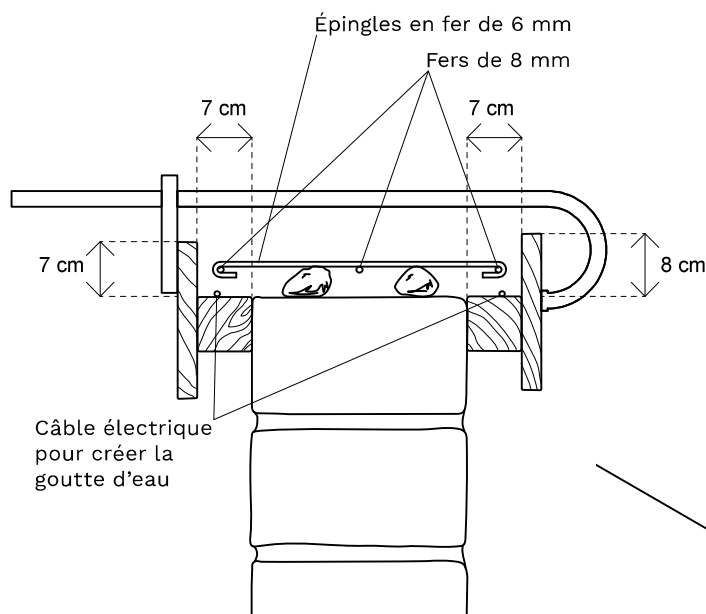
PROTECTIONS D'ACROTÈRES ET DE BALUSTRADES

PROTECTIONS EN BÉTON ARMÉ COFFRÉ ★AD

Les murets d'acrotères et balustrades sont très exposés aux pluies. La réalisation d'une protection en béton coffré à leur sommet permet de les protéger tout en limitant les besoins d'entretien.

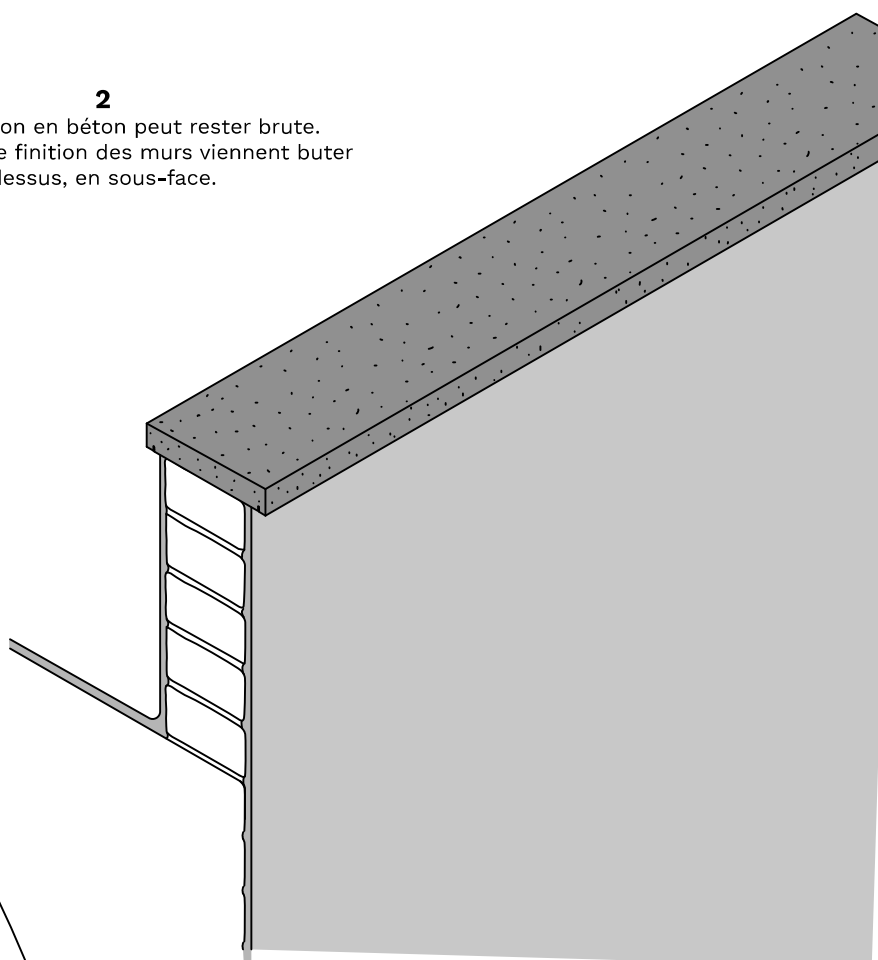
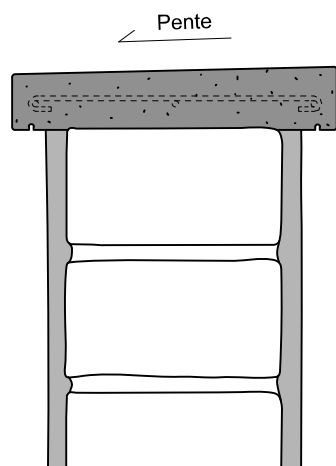
1

Mettre en place le coffrage en suivant les dimensions du dessin (7 cm de haut côté toiture et 8 cm côté façade). Mettre en place le ferrailage et utiliser des cailloux pour le surélever de 3 cm. Couler, vibrer, niveler et lisser le béton. Attendre 24h avant de décoffrer.



2

La protection en béton peut rester brute. Les enduits de finition des murs viennent buter dessus, en sous-face.



S4 - 11.1

ESCALIERS

EXEMPLES D'ESCALIERS EXTÉRIEURS ★AD

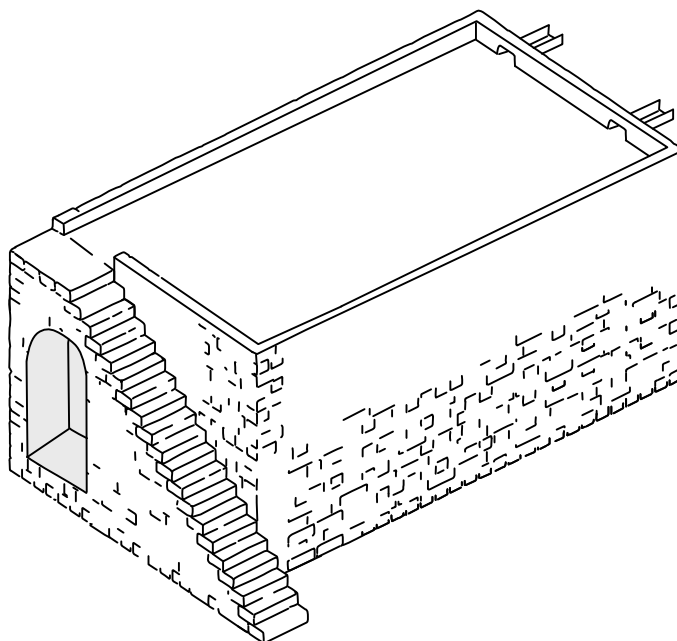
1

Escalier accolé à un mur court

Si le mur d'appui est court, l'escalier risque d'être inconfortable car trop raide. Faire dépasser les premières marches permet d'obtenir un escalier moins raide.

ATTENTION :

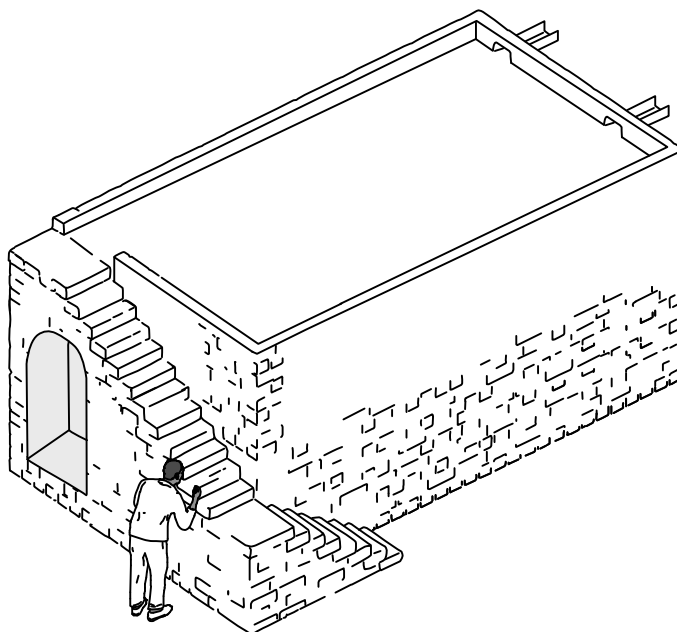
Faire attention à la position des gouttières et éviter autant que possible d'implanter l'escalier de leur côté.



2

Escalier accolé à un mur court

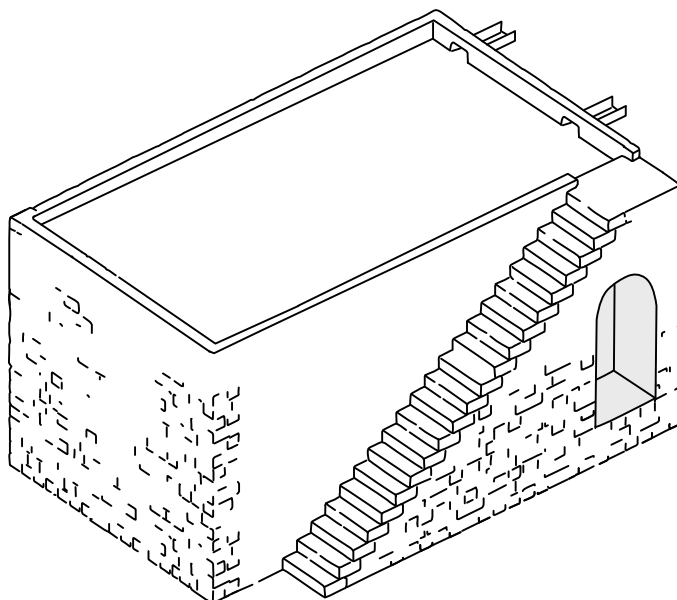
Prévoir un quart tournant permet aussi d'avoir un escalier moins raide.



3

Escalier accolé à un mur long

Si le mur d'appui est long, il est facile de créer un escalier confortable et doux.



S4 - 11.2

ESCALIERS

EXEMPLES D'ESCALIERS INTÉRIEURS ★AD

Les escaliers intérieurs sont une bonne solution pour les bâtiments à deux niveaux, mais ils sont complexes à mettre en œuvre. Ils nécessitent une mesure précise du bâtiment (en particulier la hauteur à monter de sol fini bas à sol fini haut) et un traçage précis. Les escaliers doivent être bien appareillés au reste du bâtiment. Des niches peuvent être créées en dessous pour réduire les besoins en matériaux et créer des zones de rangement.

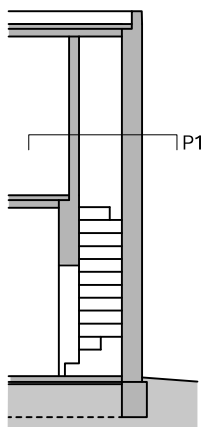
1

Escalier raide

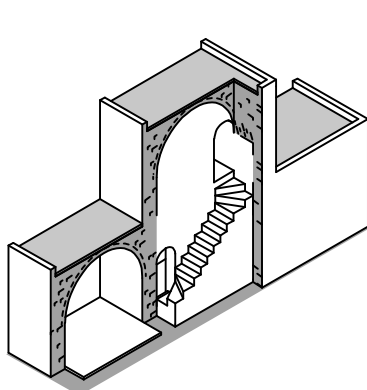
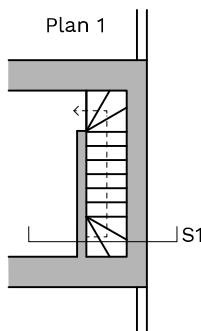
Cette solution d'escalier n'est pas très confortable car les marches sont courtes et hautes, mais c'est la plus économique et celle qui prend le moins de place.

HNH : 1,70m
Hauteur montée : 3,60m
Largeur de(s) volée(s) : 85cm
Nombre de marches : 14
Hauteur de marche : 25,7cm
Giron : 28cm

Section 1



Plan 1



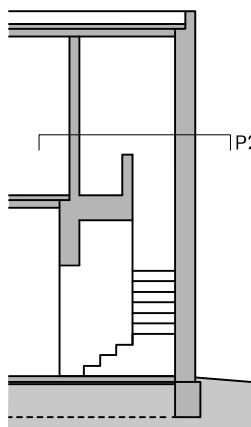
2

Escalier standard

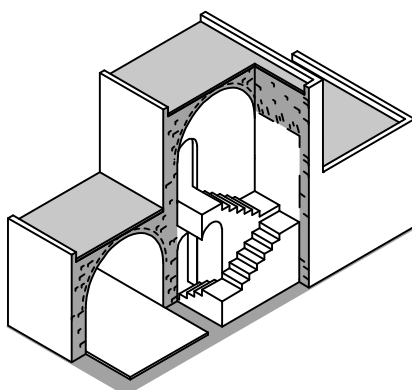
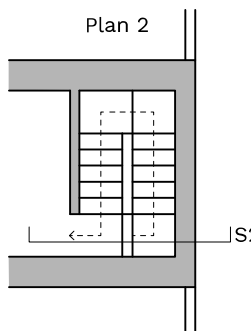
Cette solution d'escalier à deux volées présente un bon équilibre entre le confort et l'espace occupé.

HNH : 1,70m
Hauteur montée : 3,60m
Largeur de(s) volée(s) : 85cm
Nombre de marches : 17
Hauteur de marche : 21cm
Giron : 30cm

Section 2



Plan 2



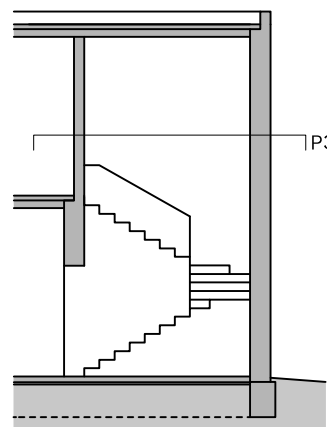
3

Grand escalier

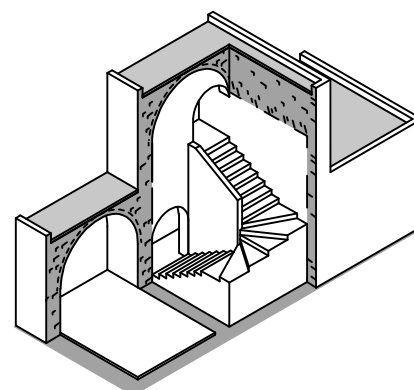
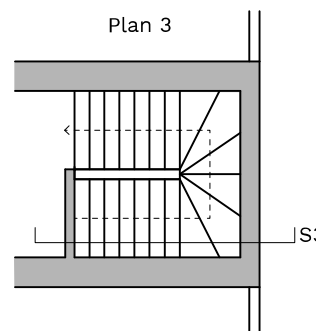
Cette solution d'escalier à deux volées est confortable et adaptée aux bâtiments recevant du public. Elle consomme le plus d'espace et de matériaux.

HNH : 1,70m
Hauteur montée : 3,60m
Largeur de(s) volée(s) : 155cm
Nombre de marches : 21
Hauteur de marche : 17cm
Giron : 30cm

Section 3



Plan 3



S4 - 11.3

ESCALIER

DIMENSIONS ET TRAÇAGE DES ESCALIERS ★AD

1

Proportions des marches

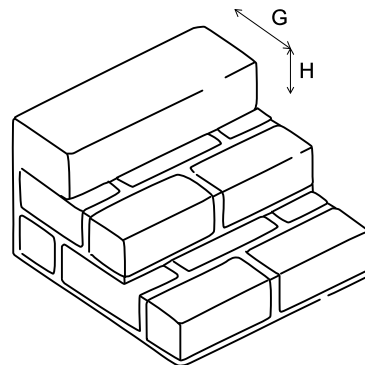
Les dimensions de Hauteur (H) et de Giron (G), ou profondeur, des marches sont fixées en fonction de la place dont on dispose pour implanter l'escalier et de la hauteur totale à gravir. Un escalier peut être «doux» ou «raide», avec autant de variables entre les deux.

Formule conseillée pour calculer les proportions des marches d'un escalier :

$$(2 \times H) + G = 64 \text{ (plus ou moins)}$$

Exemple d'escalier doux : Giron = 30 cm / Hauteur = 17 cm

Exemple d'escalier raide : Giron = 24 cm / Hauteur = 20 cm

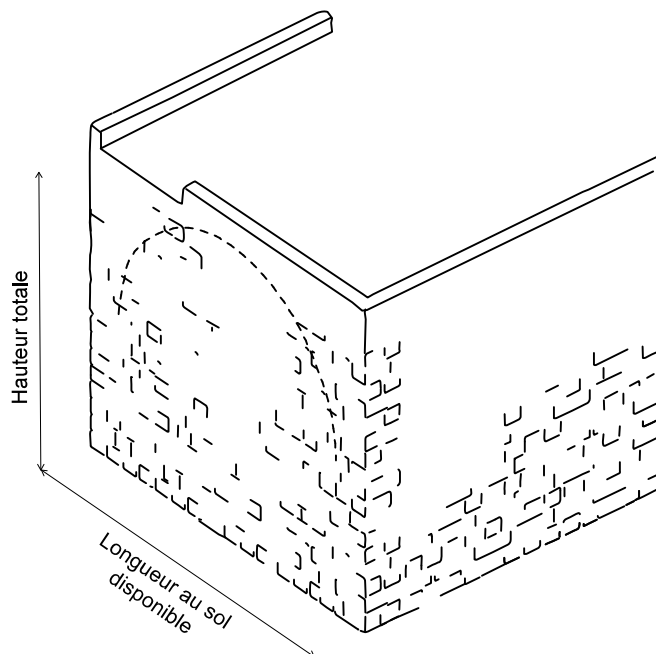


2

Calcul de l'escalier

Il faut connaître la hauteur à monter et la longueur au sol disponible pour calculer un escalier.

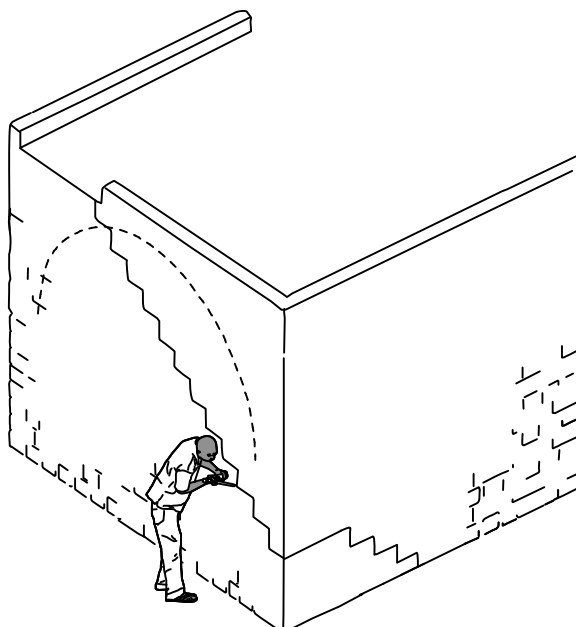
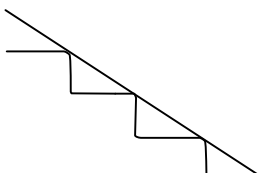
$$\frac{\text{hauteur totale}}{\text{hauteur marche}} = \text{nombre de marches}$$
$$\frac{\text{longueur au sol disponible}}{\text{nombre de marches}} = \text{profondeur de marche}$$



3

Traçage de l'escalier

Tracer précisément les marches de l'escalier sur le mur avant de commencer la construction de l'escalier.



S4 - 11.4

ESCALIERS

ESCALIERS - QUELQUES RECOMMANDATIONS ★AD

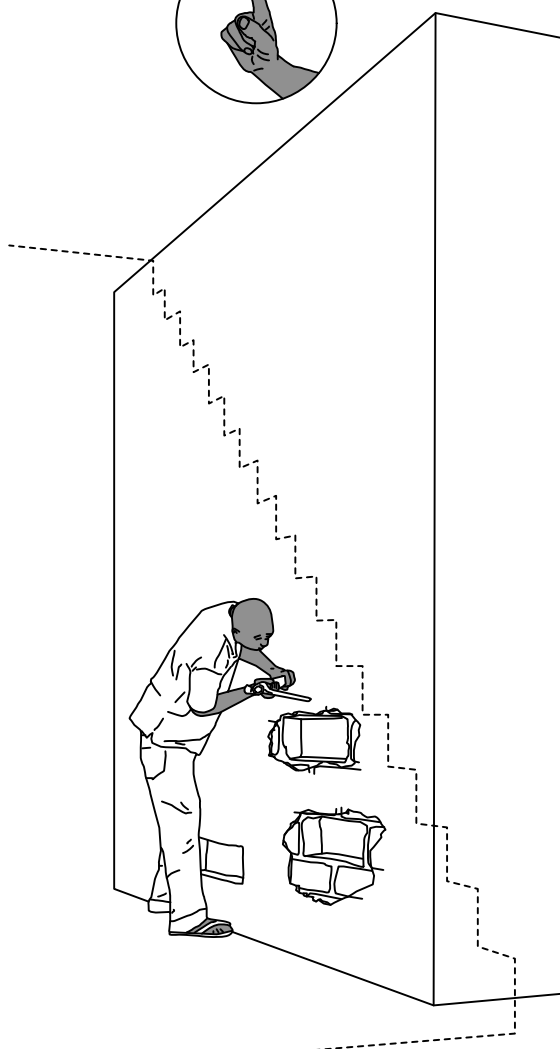
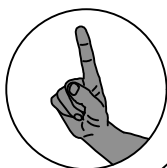
En extérieur, Il est recommandé que les escaliers soient bâtis en même temps que les murs auxquels ils s'accrochent.

En intérieur, si un escalier est totalement entouré de murs (cage d'escalier), il est souvent préférable que l'escalier soit construit après les murs, sans obligation d'encrage.

1

ATTENTION :

Si l'escalier est construit après le bâtiment, il faut impérativement creuser des points d'encrage dans les murs adjacents afin que l'escalier soit solidement accroché au bâtiment.



2

Il est recommandé de créer des niches (ouverture + voutain) dans l'épaisseur de l'escalier afin d'économiser des briques.



3

Pour avoir des marches résistantes, il est possible de les réaliser avec des blocs spéciaux (voir fiche **S3 - 3.2**), ou en béton armé laissé brut, enduit, ou carrelé.

S4 - 12.1

VOÛTE EN ÉTAGE

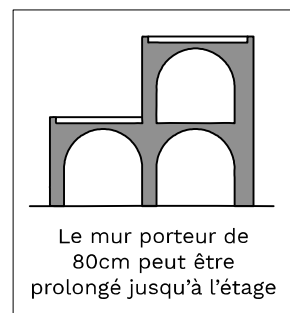
RÈGLES POUR LA CONSTRUCTION D'UN ÉTAGE ★AD

1

Conditions de reprise des charges et poussées à rez-de-chaussée

Les murs d'un étage doivent toujours s'appuyer sur les murs d'un rez-de-chaussée, en respectant les typologies de murs : mur porteur sur mur porteur / mur pignon ou de refend sur mur pignon ou de refend.

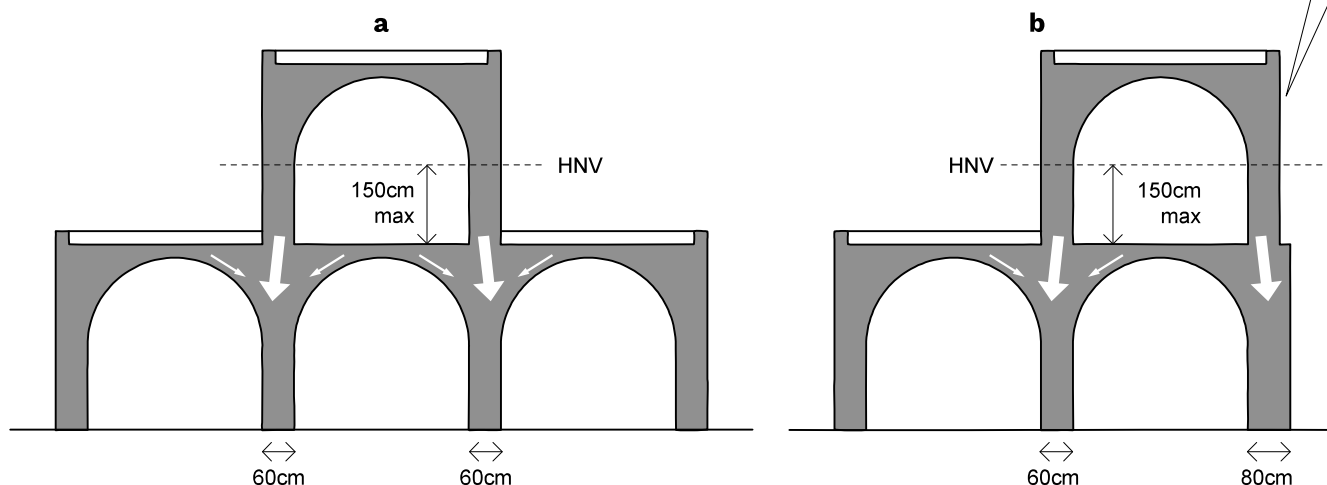
L'étage doit être repris à rez-de-chaussée par des voûtes adjacentes [a]. En cas d'impossibilité, le ou les murs porteurs du rez-de-chaussée sont épaissis jusqu'à 80 cm minimum [b].



2

Hauteur de Naissance de Voûte (HNV)

La HNV en étage est limitée à 150 cm.



3

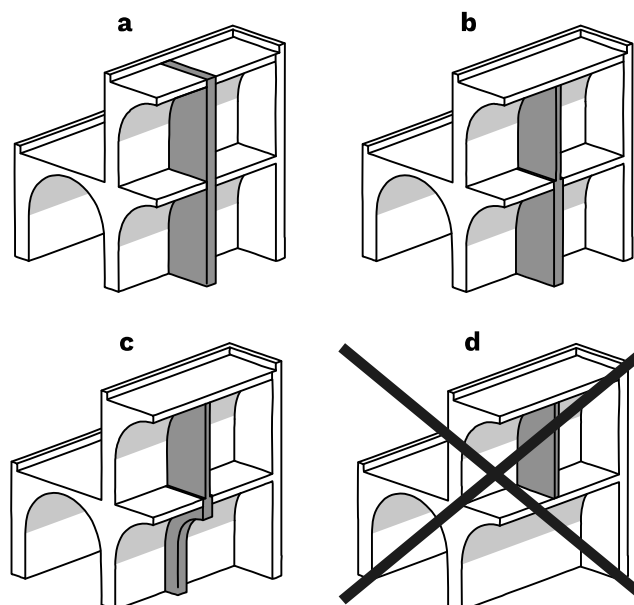
Superposition de murs intérieurs

Les cloisons lourdes en étage, doivent toujours s'appuyer sur un mur de refend à rez-de-chaussée, qui peut accueillir un grand arc si besoin.

Cas possibles :

- Mur de refend (avec ou sans arc) sur mur de refend [a]
- Cloison lourde sur mur de refend [b]
- Cloison lourde ou refend sur grand arc [c]

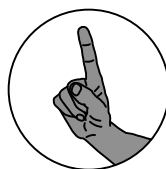
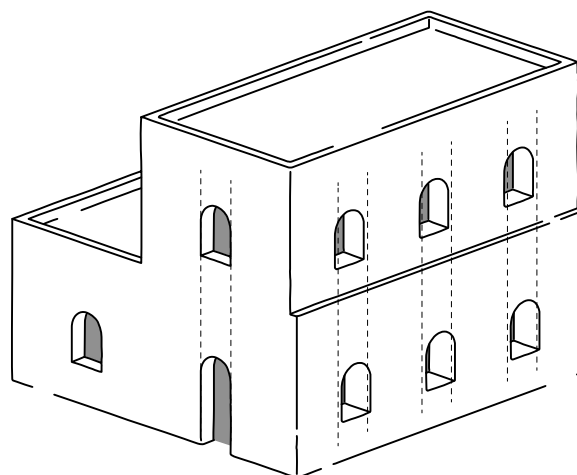
ATTENTION : Ne jamais construire de cloisons lourdes en étage sans mur de reprise à rez-de-chaussée [d]. Dans ce cas, construire des cloisons légères (voir **fiche S5 - 2.2**).



4

Dimensionnement des ouvertures

Les règles de dimensionnement des ouvertures fixées à la section **S4 - 4 OUVERTURES** s'appliquent. Il est recommandé de superposer les ouvertures de l'étage à celles du rez-de-chaussée.



ATTENTION:
Risque d'effondrement !

S4 - 13.1

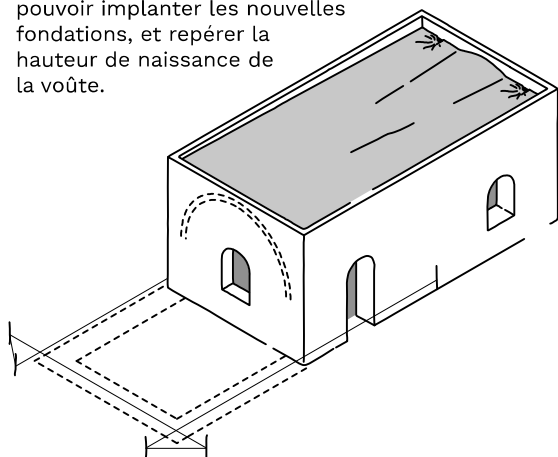
AGRANDIR UN BÂTIMENT VN EXISTANT

AJOUT D'UNE VOÛTE - DANS LE PROLONGEMENT OU PERPENDICULAIREMENT ★AD

L'ajout d'une voûte est un processus délicat. Toujours commencer par inspecter soigneusement l'état du bâtiment existant pour s'assurer qu'il peut supporter les travaux d'extension prévus.

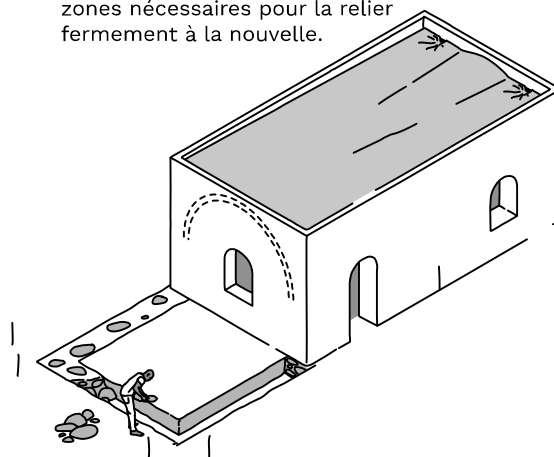
1

Prendre les mesures du bâtiment existant pour pouvoir implanter les nouvelles fondations, et repérer la hauteur de naissance de la voûte.



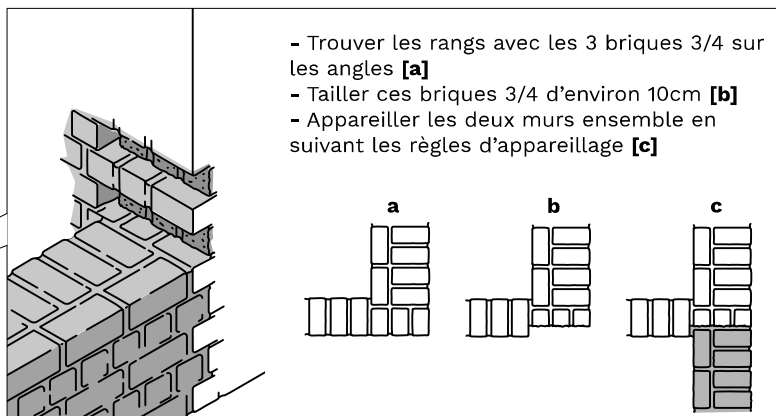
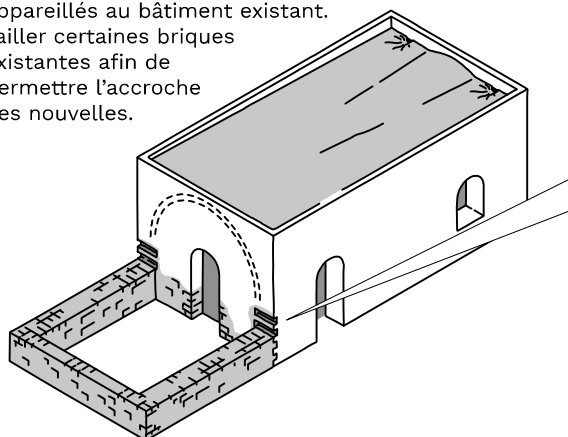
2

Exposer la fondation existante dans les zones nécessaires pour la relier fermement à la nouvelle.

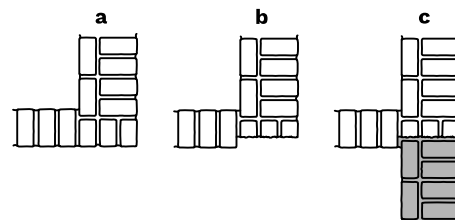


3

Tous les nouveaux éléments doivent être solidement appareillés au bâtiment existant. Tailler certaines briques existantes afin de permettre l'accroche des nouvelles.

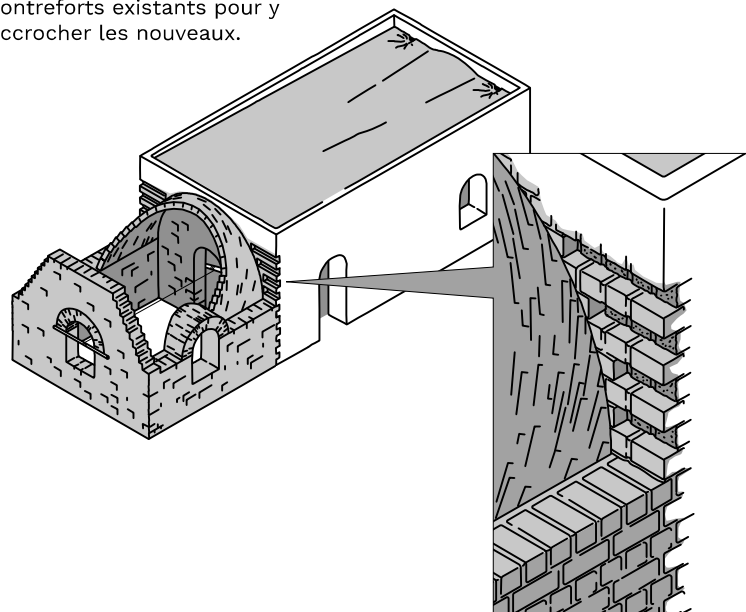


- Trouver les rangs avec les 3 briques 3/4 sur les angles **[a]**
- Tailler ces briques 3/4 d'environ 10cm **[b]**
- Appareiller les deux murs ensemble en suivant les règles d'appareillage **[c]**



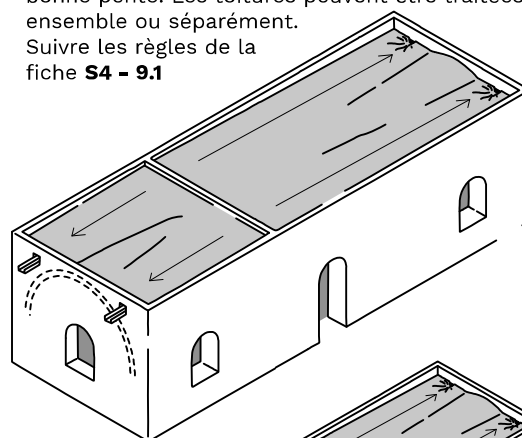
4

Tailler 10cm des briques 3/4 dans les angles des contreforts existants pour y accrocher les nouveaux.



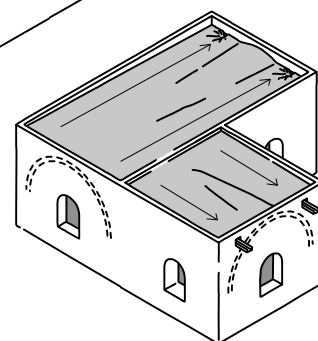
5

S'assurer que la toiture est bien étanche et a une bonne pente. Les toitures peuvent être traitées ensemble ou séparément. Suivre les règles de la fiche **S4 - 9.1**



RAPPEL :

Le même procédé peut être utilisé pour ajouter une voûte perpendiculairement à celle existante.



S4 - 13.2a

AGRANDIR UN BÂTIMENT VN EXISTANT

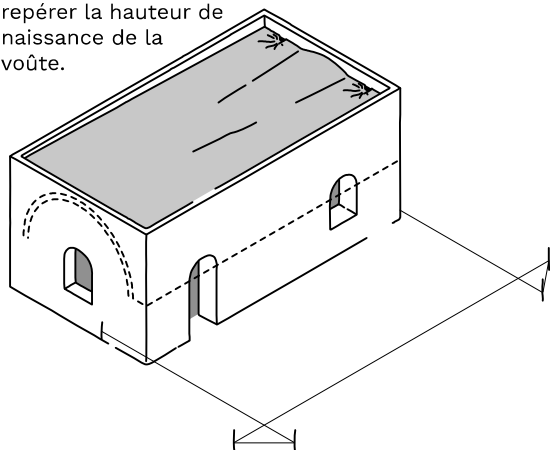
AJOUT D'UNE VOÛTE ADJACENTE ★AD

L'ajout d'une voûte est un processus délicat. Toujours commencer par inspecter soigneusement l'état du bâtiment existant pour s'assurer qu'il peut supporter les travaux d'extension prévus.

Ajouter une voûte adjacente est plus compliqué que de l'ajouter dans le prolongement ou perpendiculairement (fiche **S4 - 13.1**), car les voûtains présents dans le mur commun doivent être modifiés et les contreforts appareillés.

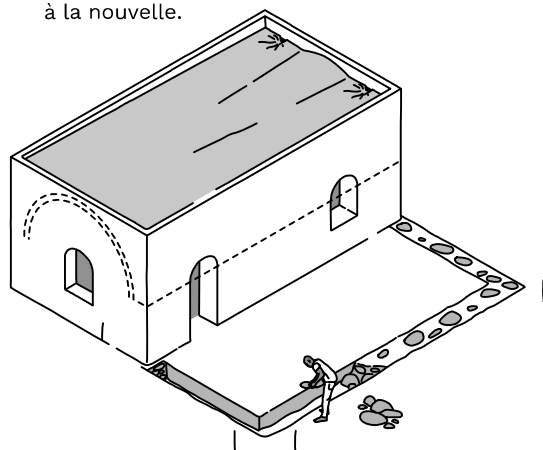
1

Prendre les mesures du bâtiment existant pour pouvoir implanter les nouvelles fondations, et repérer la hauteur de naissance de la voûte.



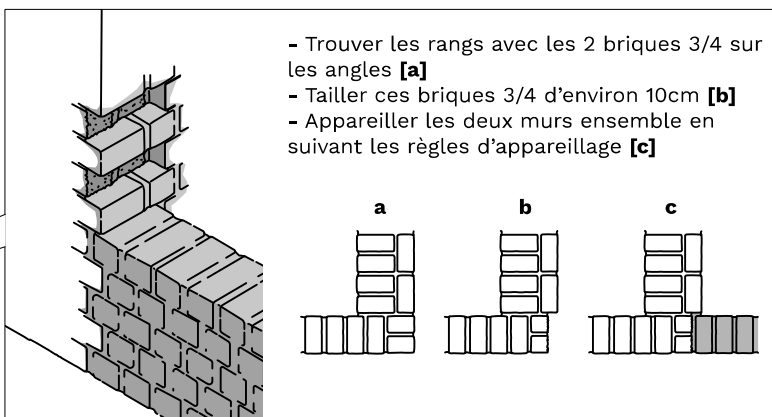
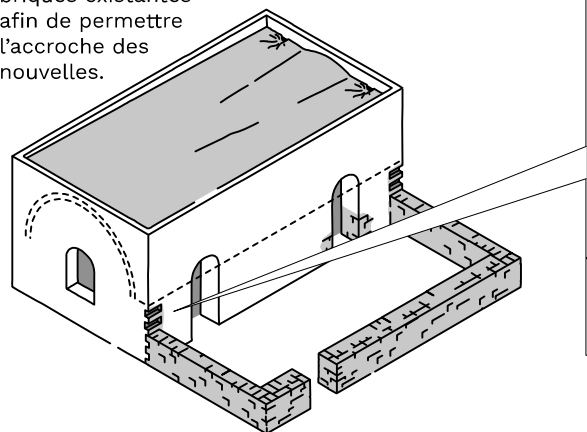
2

Exposer la fondation existante dans les zones nécessaires pour la relier fermement à la nouvelle.



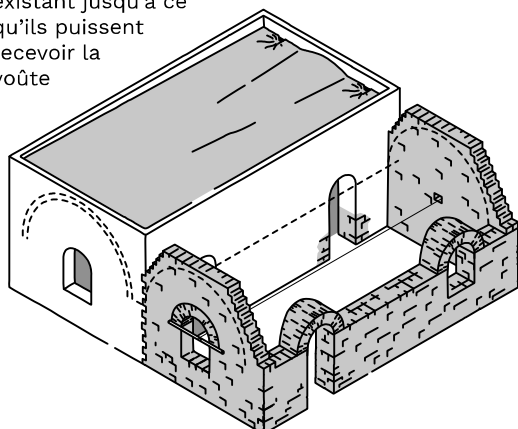
3

Tous les nouveaux éléments doivent être solidement appareillés au bâtiment existant. Tailler certaines briques existantes afin de permettre l'accroche des nouvelles.



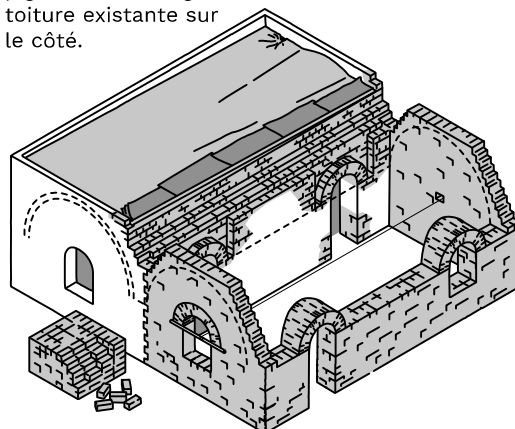
4

Construire les murs pignons contre le bâtiment existant jusqu'à ce qu'ils puissent recevoir la voûte



5

Démonter les contreforts en «escalier» jusqu'à la hauteur où commencent les «marches» des pignons. Plier soigneusement la bache de la toiture existante sur le côté.



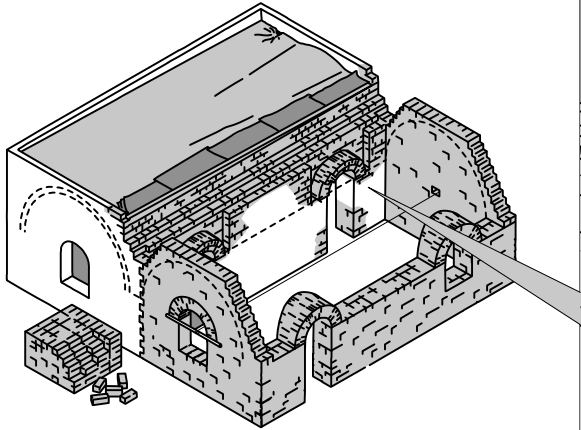
S4 - 13.2b

AGRANDIR UN BÂTIMENT VN EXISTANT

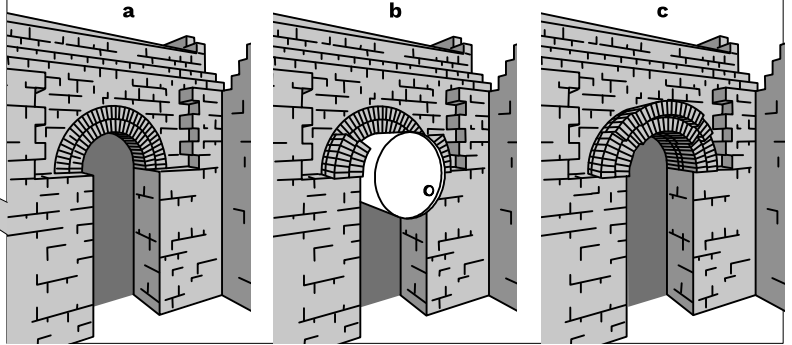
AJOUT D'UNE VOÛTE ADJACENTE ★AD

6

Modifier les voutains existants à l'aide du câble compas.

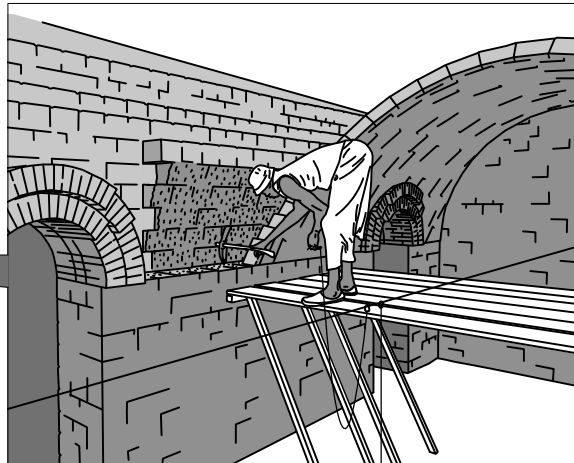
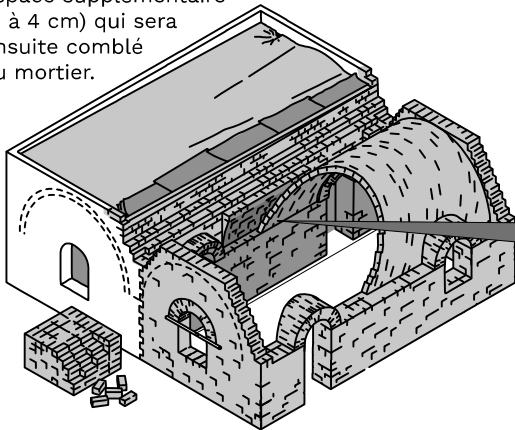


- Dégager et tailler la partie externe du voutain **[a]**.
- Placer le gabarit **[b]**.
- Remonter la partie externe débordante du voutains en utilisant le câble compas **[c]**.



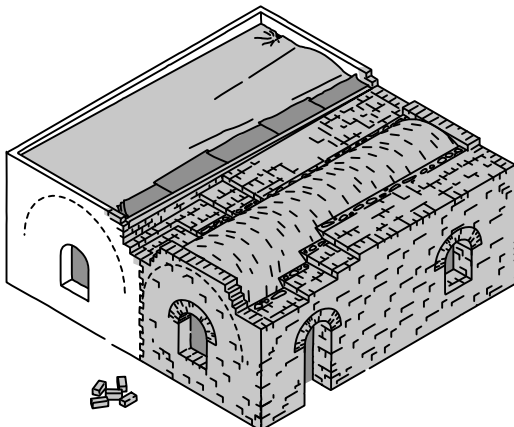
7

Tailler le mur à l'aide du câble compas en créant une courbe et un support pour la voûte. Laisser un espace supplémentaire (3 à 4 cm) qui sera ensuite comblé au mortier.



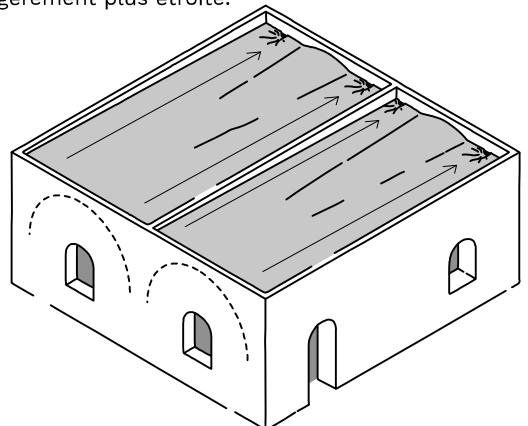
8

Construire les contreforts (voir fiches **S8**) en suivant les règles d'appareillage.



9

Traiter les toitures (voir fiches **S9**). Les toitures peuvent être traitées ensemble ou séparément. Si séparément, l'acrotère sera reconstruit dans sa position d'origine, rendant la nouvelle toiture légèrement plus étroite.



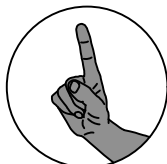
S4 - 13.3

AGRANDIR UN BÂTIMENT VN EXISTANT

AJOUT D'UNE VOÛTE EN ÉTAGE ★AD

L'ajout d'une voûte est un processus délicat, en particulier lorsqu'il se fait en étage. Toujours commencer par inspecter soigneusement l'état du bâtiment existant pour s'assurer qu'il peut supporter les travaux d'extension prévus et les nouvelles charges. Une importance particulière doit être accordée à la vérification d'anomalies structurelles préexistantes (fissures, tassements, etc.).

Respecter scrupuleusement les règles de construction d'un étage (voir fiche S4 - 12.1).



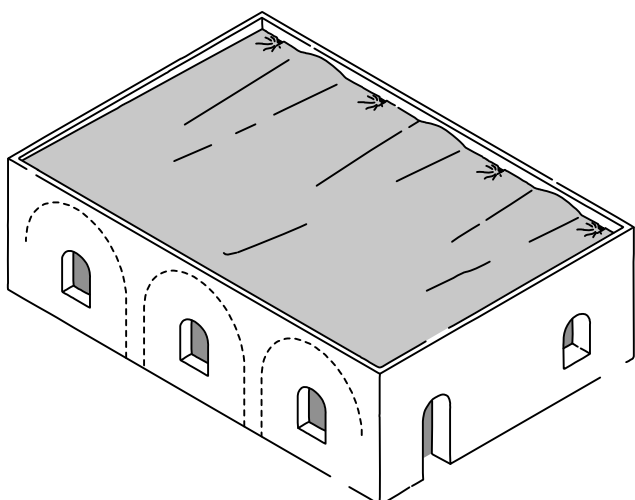
ATTENTION:

Ces travaux ne doivent avoir lieu que si le bâtiment est structurellement parfaitement sain.

DANGER !

1

Prendre les mesures du bâtiment existant et localiser avec précision les murs porteurs centraux à rez-de-chaussée. Ces deux murs supporteront les charges de l'étage.

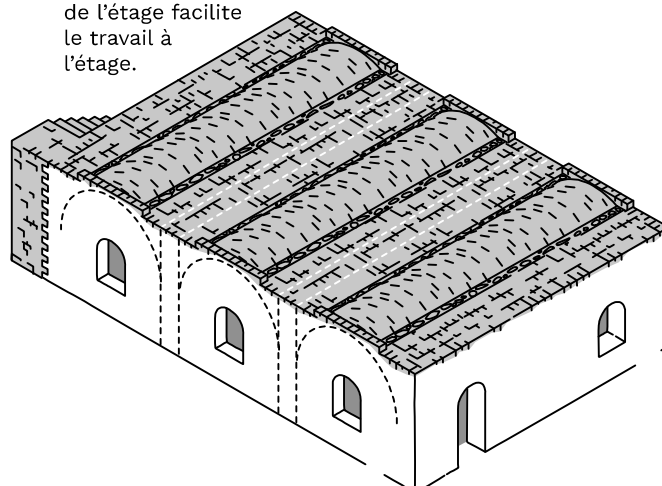


2

Enlever toutes les couches d'étanchéité et démonter les contreforts jusqu'à trouver une couche solide et bien appareillée.

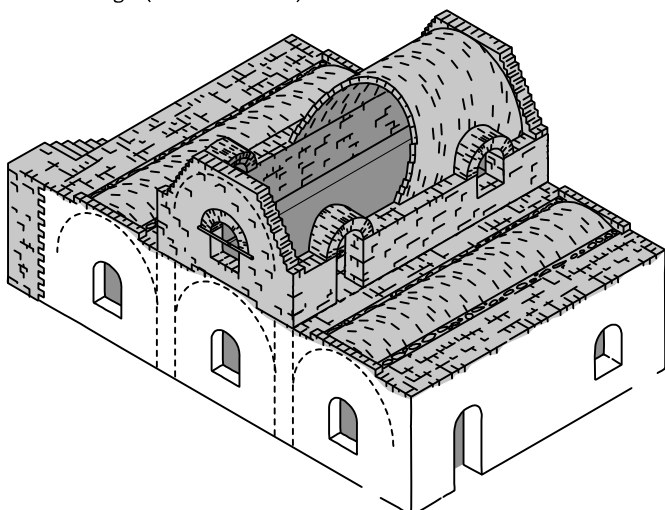
Repérer et tracer la position des murs porteurs inférieurs pour implanter les nouveaux murs.

Construire un escalier (fiche S4 - 11.1) avant les travaux de l'étage facilite le travail à l'étage.



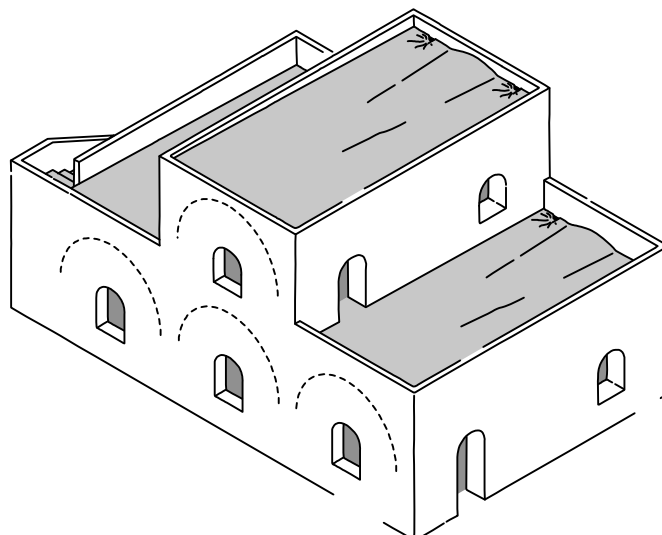
3

Construire la voûte en suivant les règles de construction d'un étage (fiche S4 - 12.1).



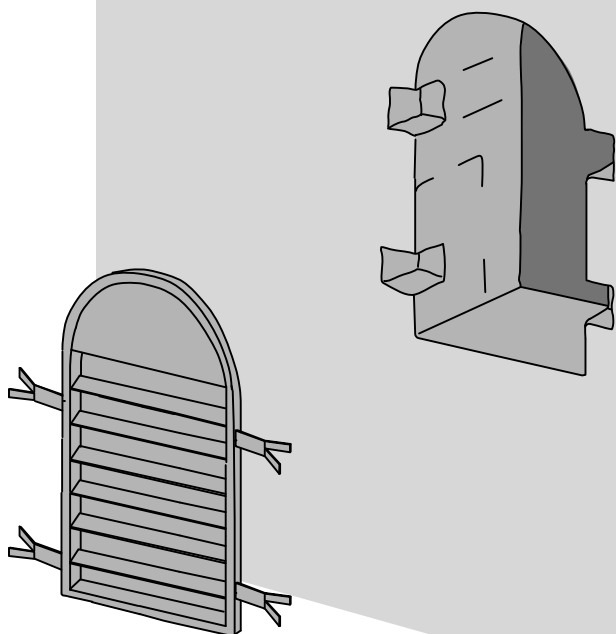
4

Finaliser le bâtiment.



SECTION 5

OUVRAGES CONNEXES



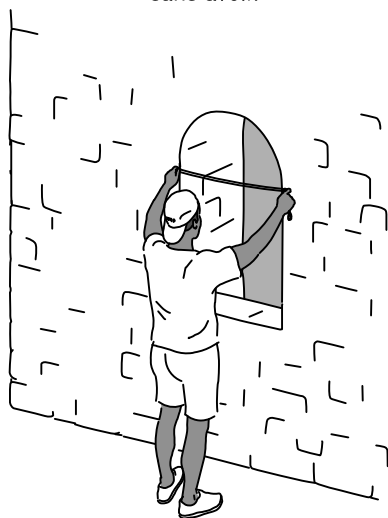
S5 - 1.1

MENUISERIES

POSE DES MENUISERIES COURANTES ★AD

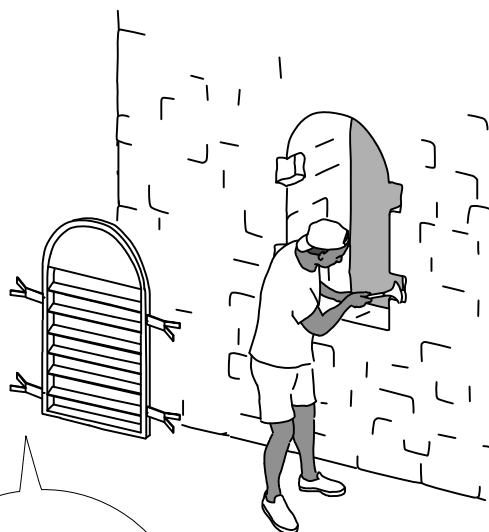
1

Si possible, vérifier les mesures sur site avant de lancer la fabrication des menuiseries, sans avoir.



2

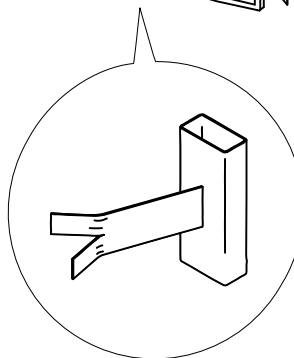
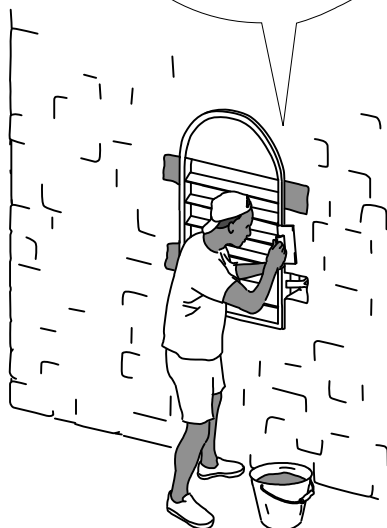
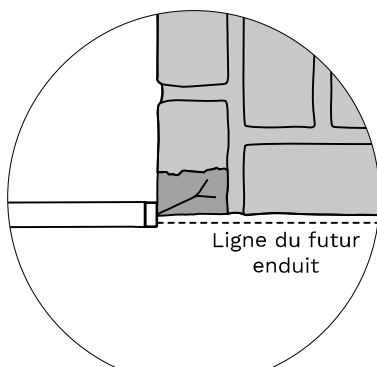
Creuser les réservations qui recevront les pattes de scellement.



3

Placer les menuiseries avec un léger débord, de manière à ce qu'elles puissent arrêter le futur enduit.

Bien mouiller les réservations. Sceller les pattes avec du mortier de ciment ou du béton en contrôlant les niveaux et aplombs de la menuiserie.



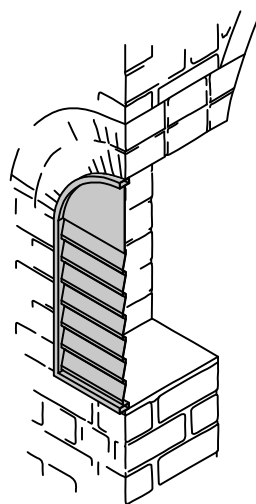
Les pattes de scellement doivent être longues (20 cm), fourchues à leur extrémité, et inclinées vers l'intérieur du mur.

Deux possibilités de positionnement des menuiseries :

a

Face extérieure du mur :

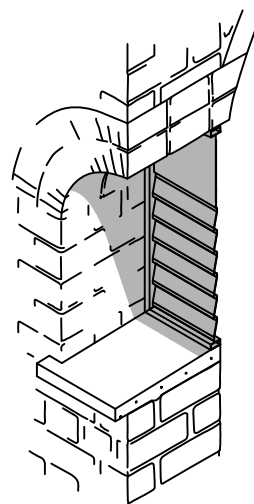
- Pose plus facile
- Pas d'exposition de l'appui de fenêtre à la pluie
- Fenêtre exposée au soleil, donc plus chaud à l'intérieur



b

Face intérieure du mur :

- Pose plus difficile
- Appui de fenêtre exposé à la pluie
- Fenêtre ombragée, donc moins chaud à l'intérieur

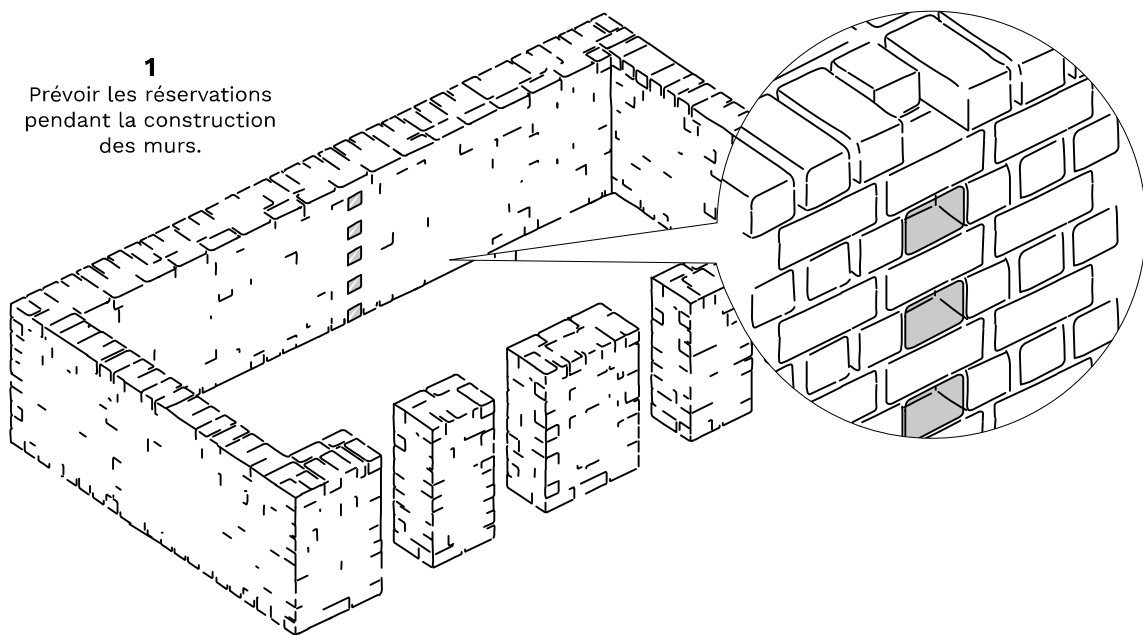


S5 - 2.1

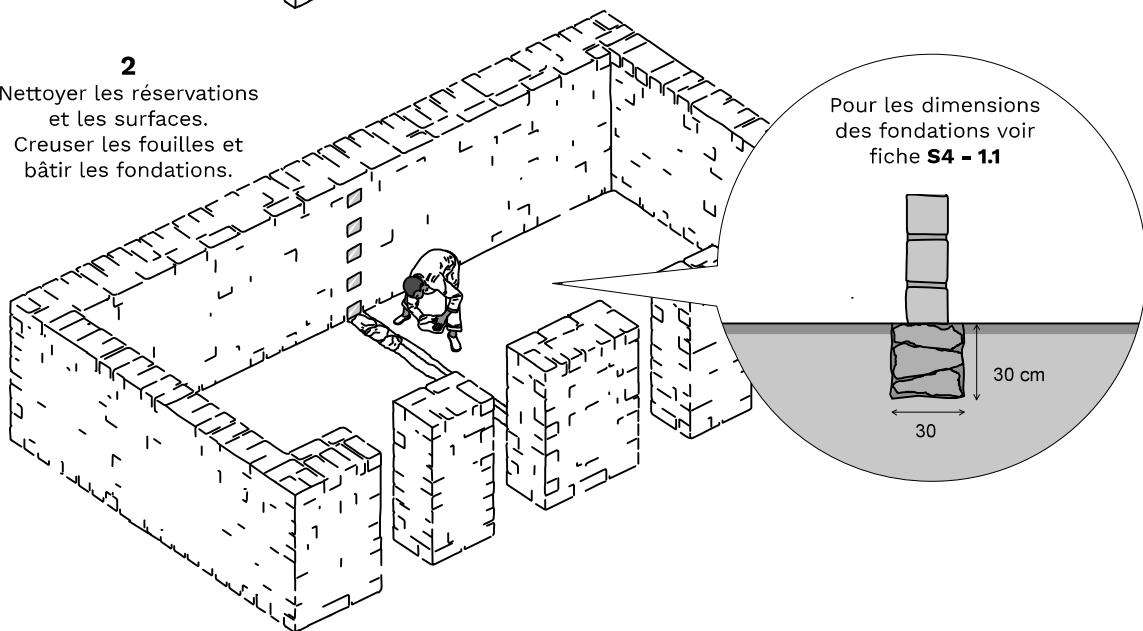
PETITE MAÇONNERIE

CLOISONS LOURDES

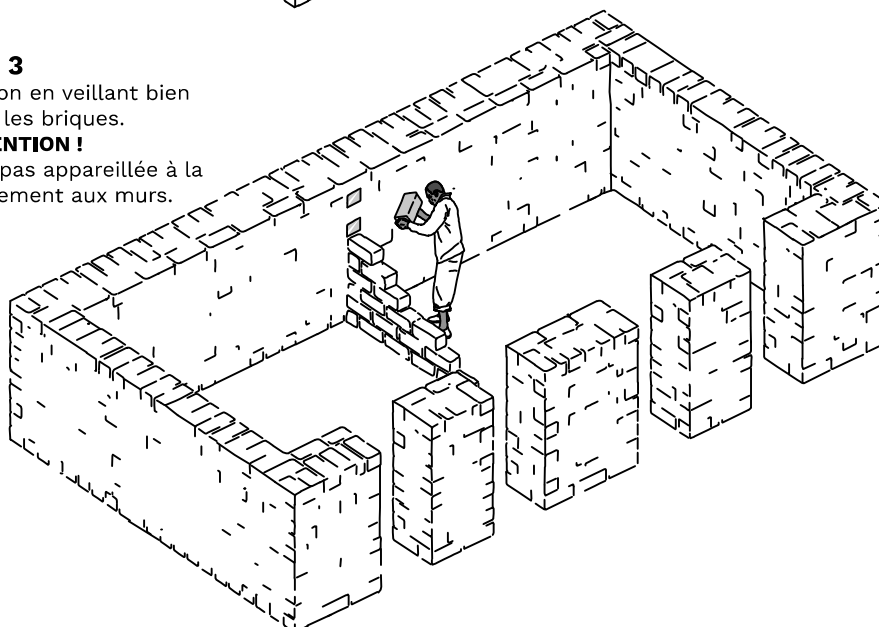
1
Prévoir les réservations
pendant la construction
des murs.



2
Nettoyer les réservations
et les surfaces.
Creuser les fouilles et
bâtir les fondations.



3
Monter la cloison en veillant bien
à croiser les briques.
ATTENTION !
La cloison n'est pas appareillée à la
voûte ; uniquement aux murs.

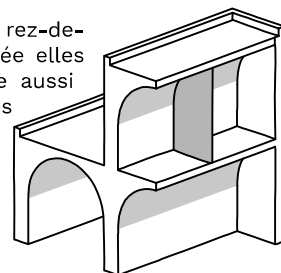


S5 - 2.2

PETITE MAÇONNERIE

CLOISONS LÉGÈRES ★AD

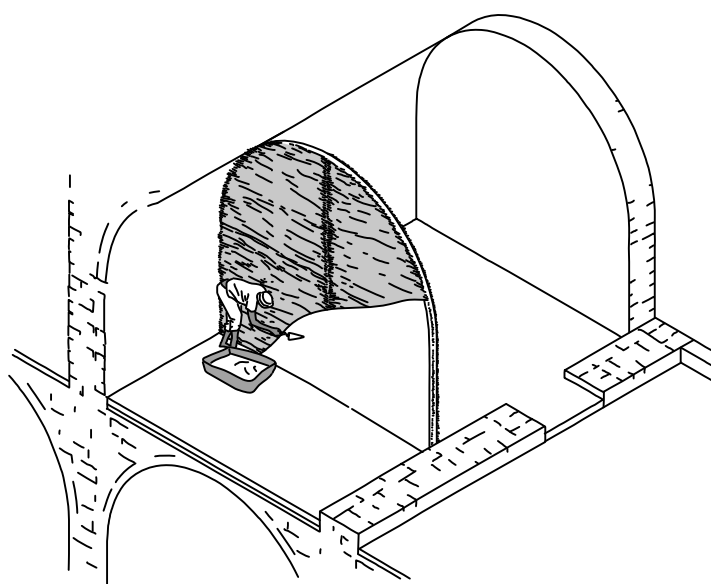
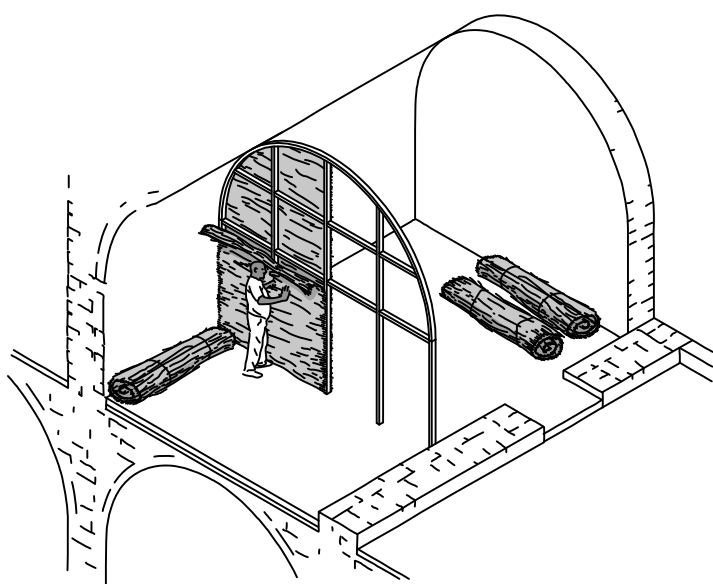
Les cloisons légères peuvent être réalisées en étage comme en rez-de-chaussée ; mais en l'absence de mur de reprise à rez-de-chaussée elles deviennent obligatoires en étage. Elles doivent dans ce cas être aussi légères que possible afin de limiter les charges ponctuelles exercées sur la voûte du rez-de-chaussée (pour les règles de construction de cloisons normales en étage, voir fiche **S4 - 12.1**). Deux exemples de cloisons légères réalisées en étage sont donnés ici ; d'autres sont possibles selon les matériaux disponibles localement.



1

Cloison légère en bois, nattes de roseaux et plâtre

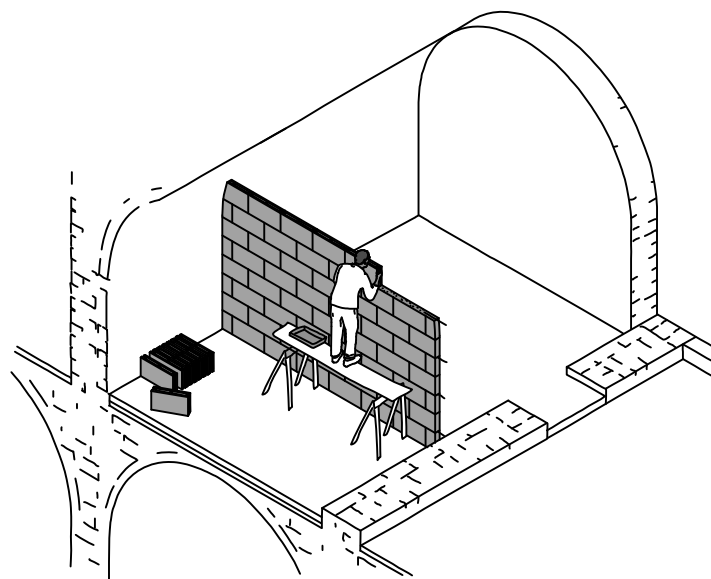
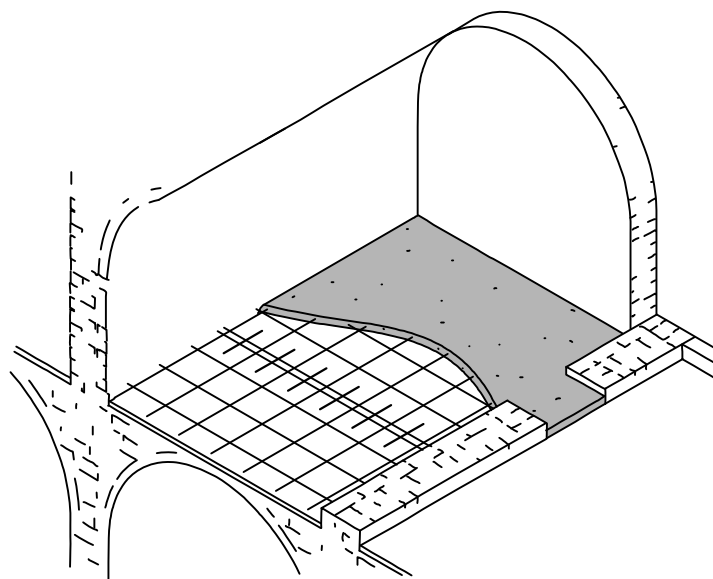
Monter une ossature en bois et y fixer des nattes de roseaux sur les deux faces. Finir avec un enduit au plâtre.



2

Cloison légère en blocs creux de ciment de 10 cm

Dans le cas où le plancher de l'étage reçoit une dalle en béton armé, il est possible de réaliser des cloisons en blocs creux de ciment de 10 cm d'épaisseur. Dans ce cas, les cloisons prennent appui sur la dalle, des fers de renfort sont prévus dans la dalle au droit des appuis, et des barres de fer sont prévues chaque deux rangs pour ancrer les cloisons aux murs.



S5 - 2.3

PETITE MAÇONNERIE

ÉTAGÈRES MAÇONNÉES

ATTENTION :

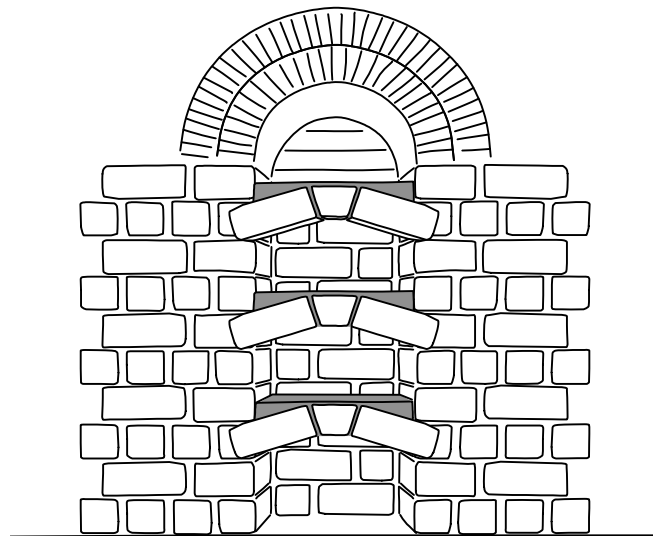
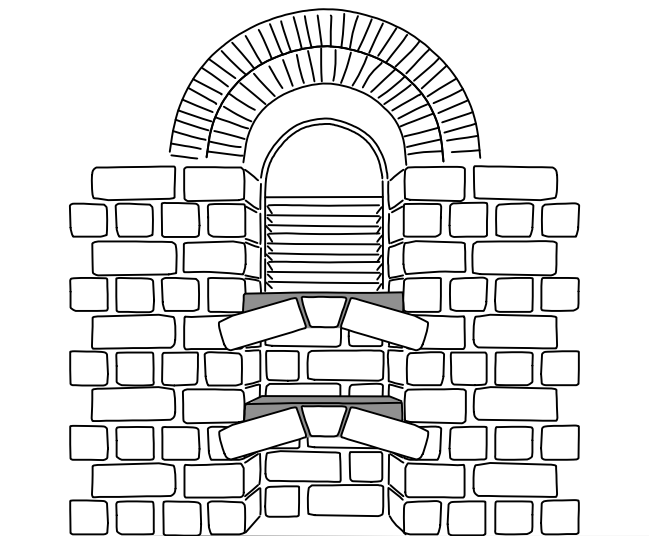
Construire les étagères avant les finitions !

Pour construire des étagères avec des briques, creuser avec une dabaot des encoches sur les côtés de la niche. Positionner trois briques en arc. Tailler la brique du centre pour qu'elle se cale bien aux autres. Recouvrir les briques de mortier de terre et niveler.



Exemple de niche avec étagères et fenêtre.

Exemple de niche avec étagères sans fenêtre.



S5 - 3.1

ÉLECTRICITÉ

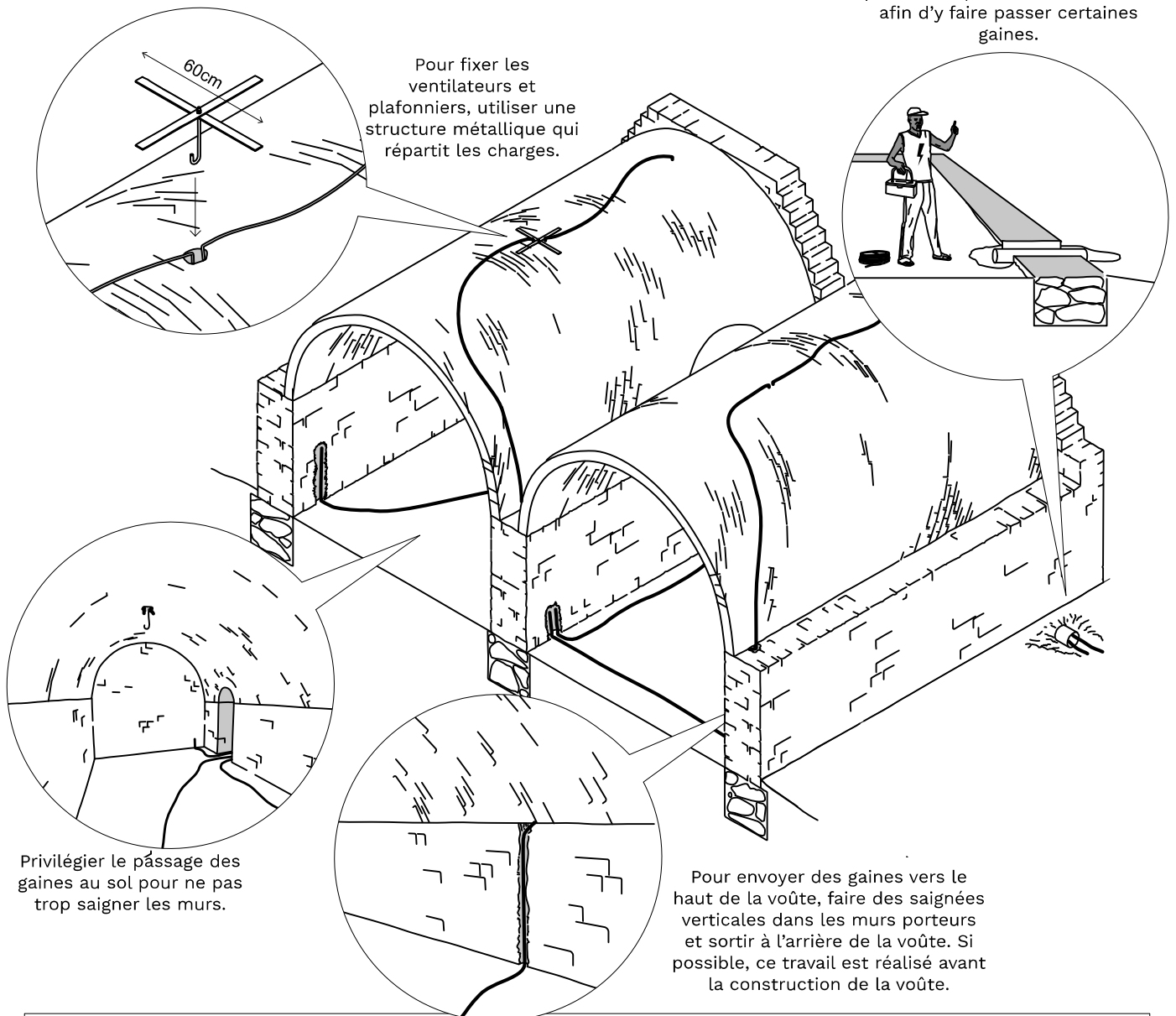
INSTALLATION ÉLECTRIQUE ★AD

ATTENTION :

L'artisan VN n'est pas un électricien ! L'électricité constitue un métier à part entière, il est donc recommandé que toute installation électrique soit réalisée par un électricien, qui devra respecter certaines directives qui lui seront données par un artisan VN !

Les travaux électriques ont lieu à différentes étapes du gros œuvre et toujours avant les travaux de finition. Quelques règles doivent être respectées :

L'électricien doit intervenir pendant la phase des fondations afin d'y faire passer certaines gaines.

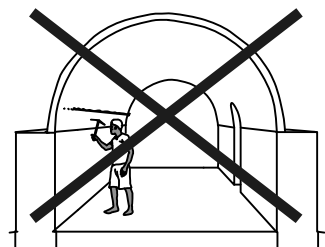
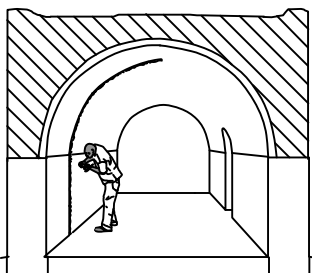


ATTENTION !

S'il est nécessaire d'envoyer des gaines vers le haut de la voûte en réalisant des saignées, toujours faire les saignées verticalement et avec la voûte entièrement chargée par les contreforts.

Ne jamais faire de saignées horizontales et ne jamais saigner la voûte tant qu'elle n'est pas chargée avec les contreforts.

DANGER !



S5 - 4.1

PLOMBERIE

INSTALLATION DE PLOMBERIE ★AD

ATTENTION :

L'artisan VN n'est pas un plombier ! La plomberie constitue un métier à part entière, il est donc recommandé que toute installation de plomberie soit réalisée par un plombier, qui devra respecter certaines directives qui lui seront données par un artisan VN !

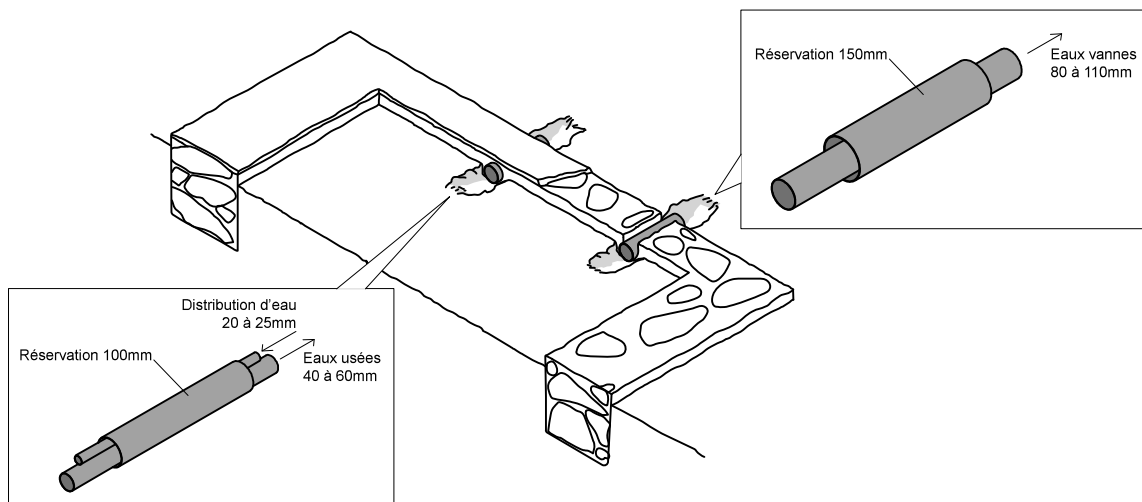
Les travaux de plomberie ont lieu pendant la réalisation des fondations (réservations), en phase gros-oeuvre (passage des canalisations d'évacuation, saignées et percements, passage des alimentations et traitement des attentes) et pendant les finitions (installation des appareils).

Quelques règles et bonnes pratiques doivent être respectées :

1

Localisation et réservations

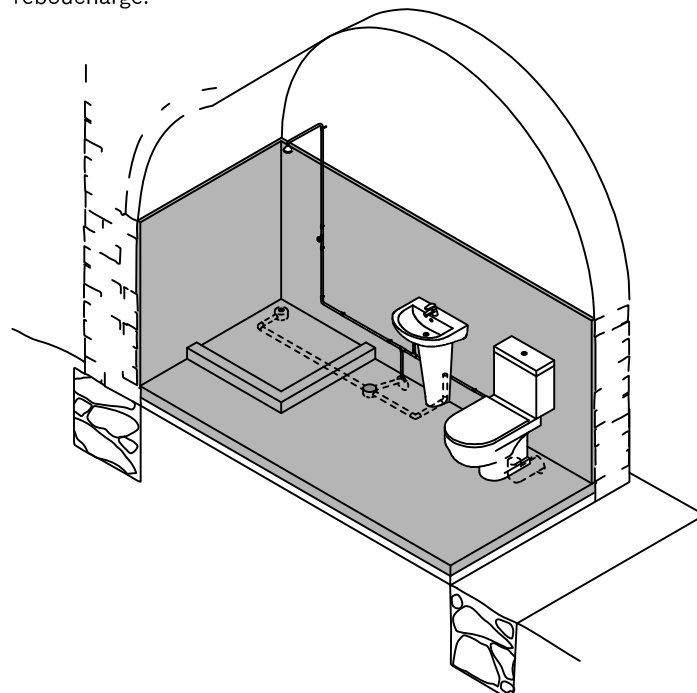
- Si possible, implanter les appareils sanitaires le long d'un mur pignon afin d'éviter les traversées de murs porteurs.
- Installer les réservations dans les fondations en pensant aux différentes entrées et sorties. Les tuyaux en PVC de 100 à 150mm de diamètre sont adaptés pour les réservations.



2

Canalisations

- Faire passer les canalisations d'évacuation sous la dalle.
- Pour éviter les fuites d'eau à l'intérieur des murs, privilégier les canalisations d'alimentation apparentes. En cas d'encastresments, limiter les raccords et contrôler très attentivement avant rebouchage.



S5 - 4.2

PLOMBERIE

INSTALLATION DE PLOMBERIE EN ÉTAGE ★AD

ATTENTION :

L'artisan VN n'est pas un plombier ! La plomberie constitue un métier à part entière, il est donc recommandé que toute installation de plomberie soit réalisée par un plombier, qui devra respecter certaines directives qui lui seront données par un artisan VN !

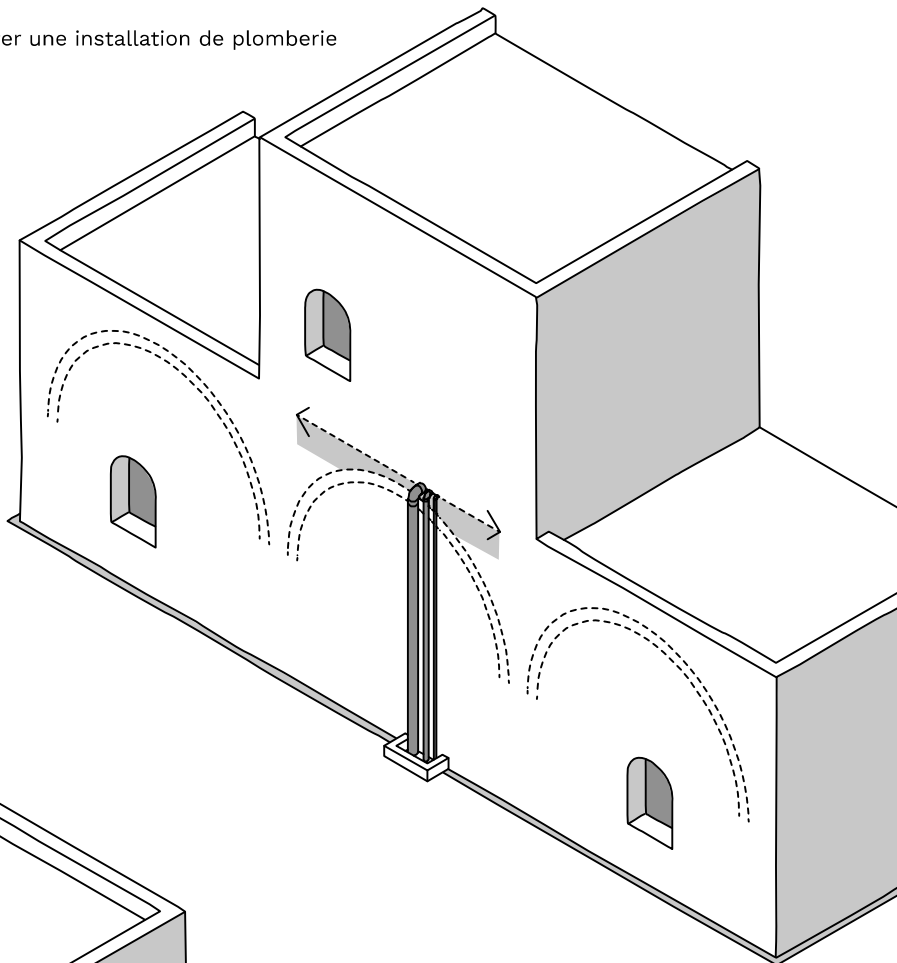
Les travaux de plomberie ont lieu pendant la réalisation des fondations (reservations), en phase gros-oeuvre (passage des canalisations d'évacuation, saignées et percements, passage des alimentations et traitement des attentes) et pendant les finitions (installation des appareils).

Une attention particulière doit être accordée aux installations de plomberie en étage, car toute fuite peut entraîner de graves dommages structuraux.

Il existe deux façons de traiter une installation de plomberie en étage :

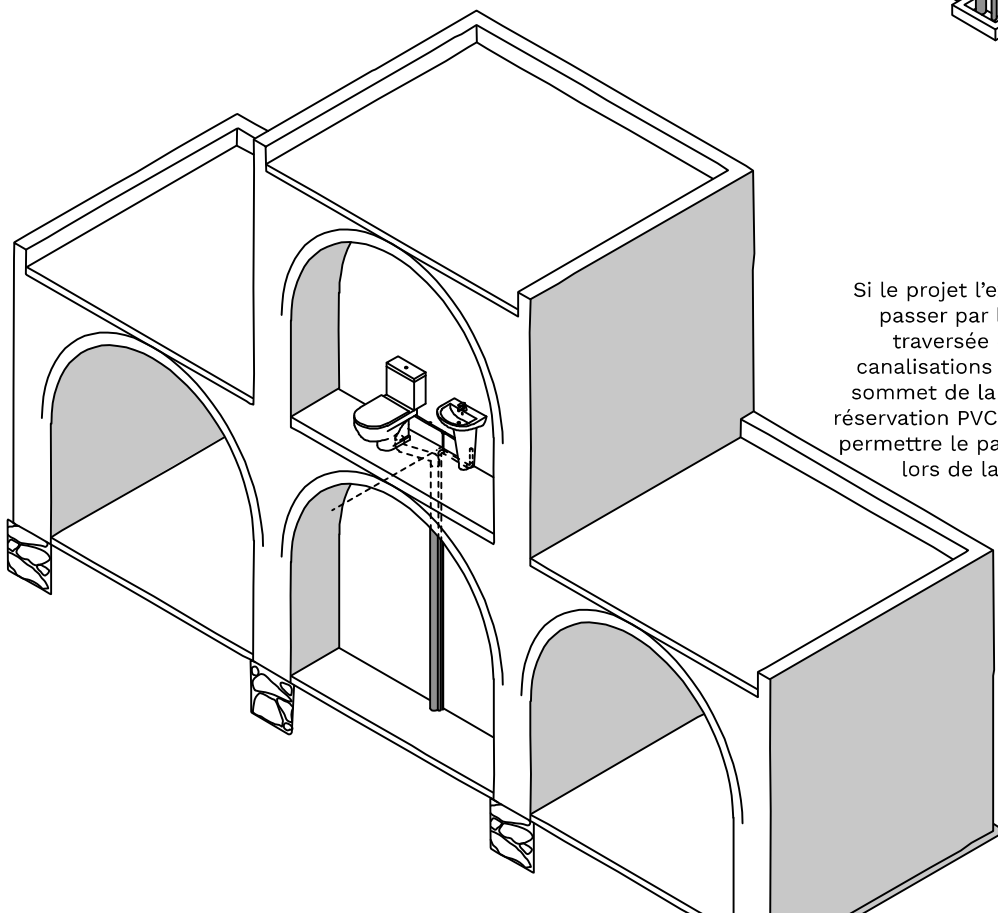
1

Le plus simple et le plus sûr consiste à faire passer les canalisations par l'extérieur du bâtiment, en façade. Ainsi, aucune traversée de voûte n'est nécessaire. Il est dans ce cas possible de prévoir des habillages externes pour cacher les canalisations.



2

Si le projet l'exige, les canalisations peuvent passer par l'intérieur du bâtiment, avec traversée de voûte. Dans ce cas, les canalisations doivent toujours passer par le sommet de la voûte (là où elle est fine). Une réservation PVC (ou autre) doit être prévue pour permettre le passage et l'entretien, idéalement lors de la construction de la voûte.



S5-5.1

TRAITEMENT DES PLANCHERS INTÉRIEURSINTÉRIEURS

TRAITEMENT DES PLANCHERS INTÉRIEURS ★AD

De très nombreux traitements de planchers sont possibles, tous devant toujours respecter les deux grands principes suivants :

Préparation soignée du support : selon les besoins, nivelage, remblayage, compactage, etc. afin de conférer au support les caractéristiques de portance requises et d'éviter les affaissements.

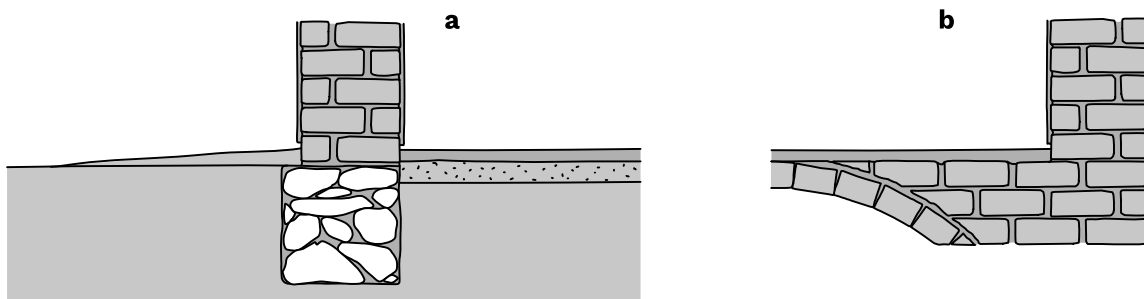
Désolidarisation entre sol et murs : le sol doit être indépendant des murs car l'un et l'autre ne travaillent pas de la même façon. L'arrêt peut être traité de différentes façons, par exemple avec de la mousse ou du carton.

En voici quelques exemples courants :

1

Dallage en terre compactée

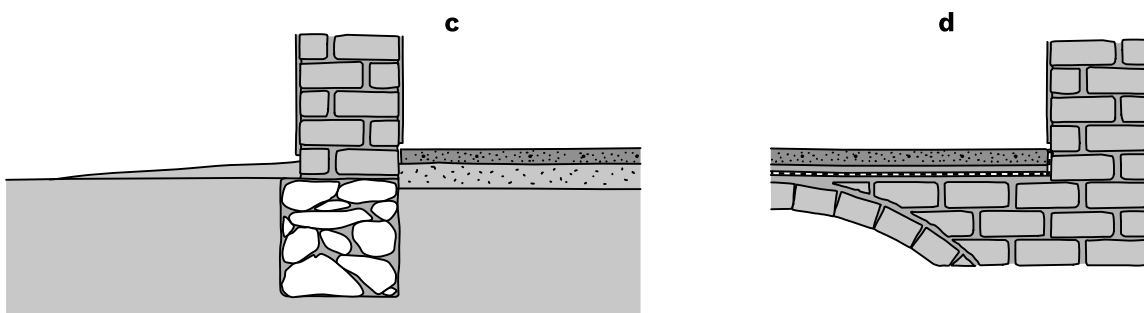
Le dallage en terre compactée peut faire entre 4 et 8 cm d'épaisseur. Au rez-de-chaussée **[a]**, un remblai compacté peut être réalisé avant le dallage si besoin. En étage **[b]**, le dallage peut être réalisé directement sur la voûte mise en charge/mise à plat.



2

Dallage en béton armé

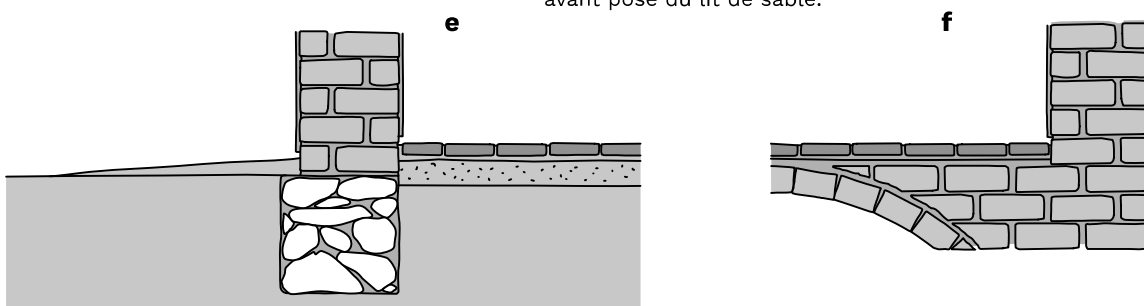
Le dallage en béton armé peut faire entre 8 et 10 cm d'épaisseur. Au rez-de-chaussée **[c]**, un remblai compacté est réalisé avant le dallage. En étage **[d]**, une fois la voûte mise en charge/mise à plat, un lit de sable de 3 à 4 cm d'épaisseur et une bâche plastique doivent être installés avant de couler le dallage.



1

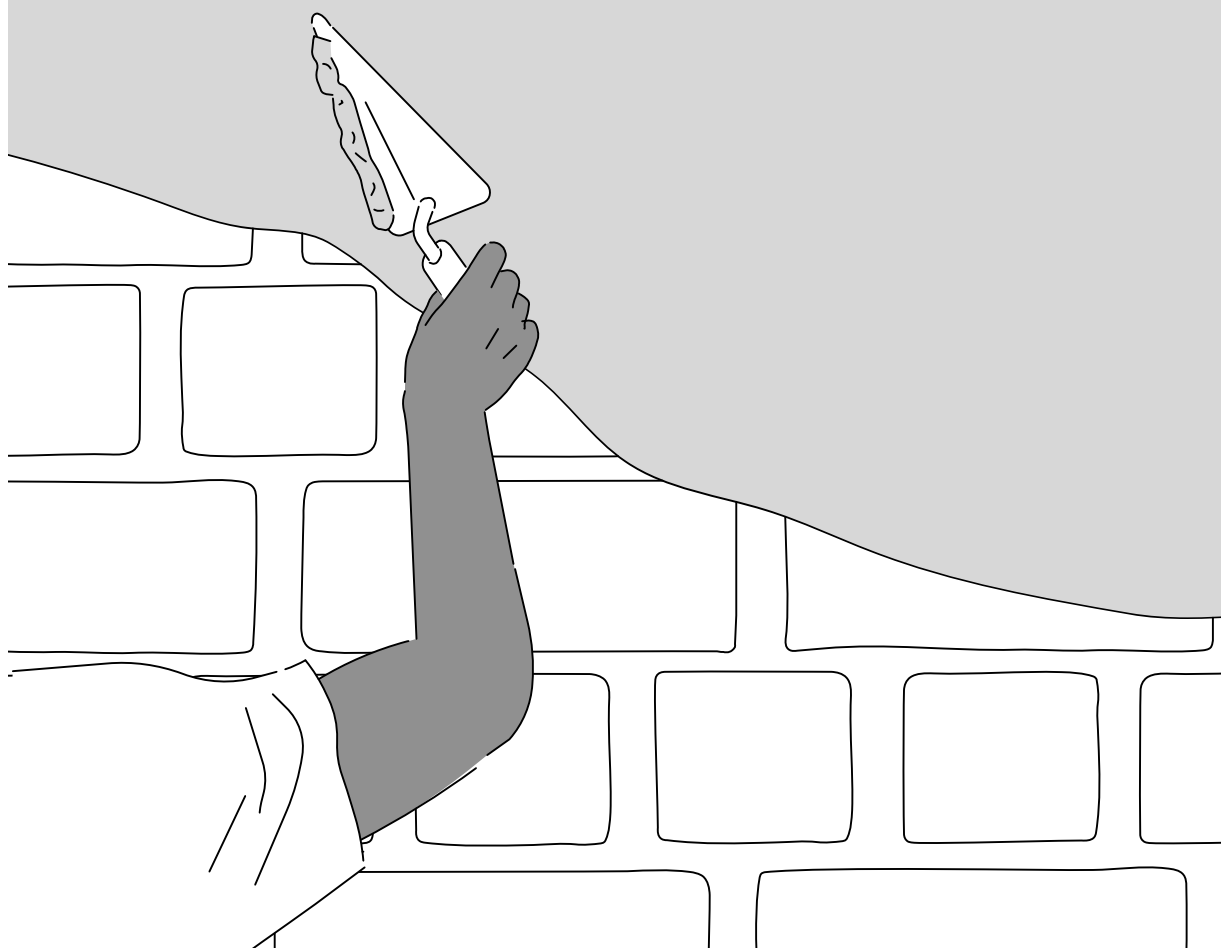
Pavage

Les pavés (béton, céramique, pierre, etc.), d'épaisseurs variables, peuvent être posés au mortier de jointoiement ou à sec. Le support est généralement un lit de sable. Au rez-de-chaussée **[e]**, un remblai compacté peut être réalisé avant pose du lit de sable. En étage **[f]**, la voûte est mise en charge/mise à plat avant pose du lit de sable.



SECTION 6

REVÊTEMENTS



S6 - 1.1

ENDUITS

FICHE INTRODUCTIVE

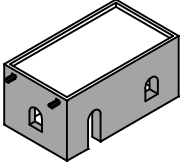
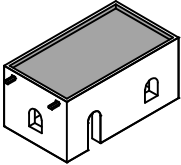
3 types d'enduits préconisés par AVN sont présentés ici :

- Enduits traditionnels à base de terre
- Enduit stabilisé au bitume
- Enduit sable-ciment (avec Brique de Banco Surface Cailloux - BBSC)

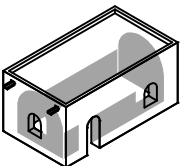
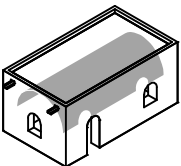
D'autres types d'enduits sont possibles : terre-ciment ; terre-chaux ; sable-chaux ; etc...

Les enduits sont long à mettre en oeuvre et coûteux. Leur bonne réalisation est primordiale. Et ne pas oublier qu'un enduit terre traditionnel bien réalisé est une option avec un très bon rapport qualité/prix.

Surfaces extérieures

Types d'enduit	Murs	Toiture
		
 Rien	NON !	NON !
 Terre	OK	OK
 Bitume	OK	OK
 Ciment	OK	NON !

Surfaces intérieures

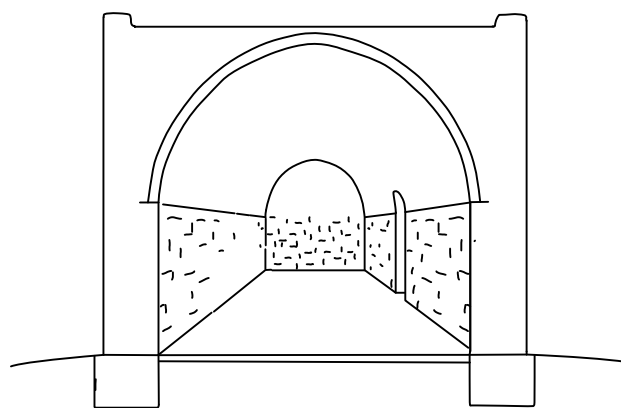
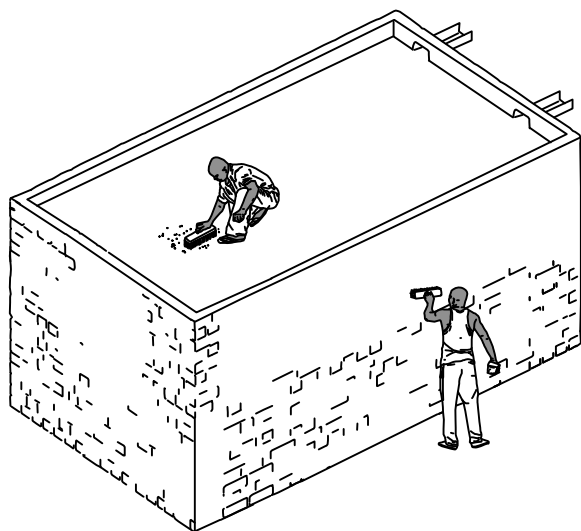
Types d'enduit	Murs	Voûte
		
 Rien	OK	OK
 Terre	OK	OK
 Bitume	OK	NON !
 Ciment	OK	NON !

S6 - 1.2

ENDUITS

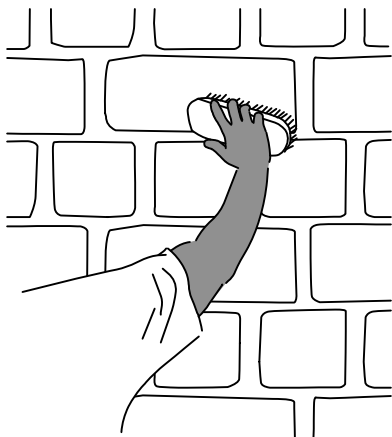
PRÉPARATION DES SUPPORTS

La préparation des supports est une étape essentielle pour la bonne tenue des enduits. Un support mal préparé = un enduit perdu !



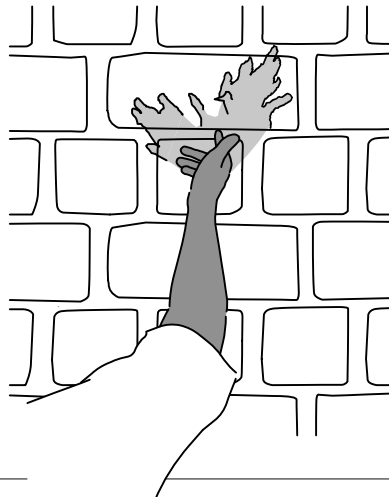
1

Gratter avec une brosse dure pour nettoyer le support.
Il est possible de creuser légèrement les joints pour donner
du relief d'accroche.
Boucher les plus gros trous.



2

Mouiller le mur jusqu'à saturation
(l'eau n'est plus absorbée mais ruisselle)
pour permettre une bonne prise de l'enduit.



S6 - 1.3

ENDUITS

ENDUITS TRADITIONNELS À BASE DE TERRE

Les enduits traditionnels à base de terre sont utilisés depuis des millénaires, en intérieur comme en extérieur. Leurs recettes varient selon les régions et les adjuvants disponibles. L'entretien est régulier, la fréquence variant selon les cas.

Lorsqu'un maçon est appelé à travailler dans une zone qui n'est pas la sienne, il est recommandé de chercher les spécialistes locaux qui connaissent les bonnes recettes.

RAPPEL : À l'intérieur, l'enduit appliqué sur les voûtes est toujours un enduit terre-sable.

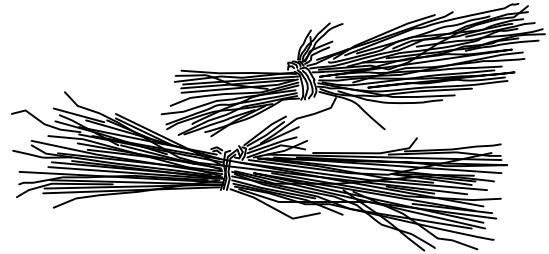
1

Utiliser de préférence des terres plutôt sableuses (1 volume d'argile pour 2 à 3 volumes de sables).
Mouiller généreusement la terre et piétiner.



2

Pour des terres trop argileuses, l'ajout de fibres (balle de riz ou de mil, paille hachée, etc.) permet d'armer l'enduit. 20 à 30 kg par m3 de terre est un dosage courant.

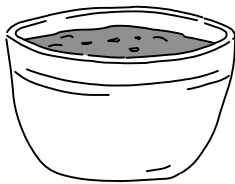


3

Le mortier peut être stabilisé avec des produits naturels qui augmenteront la durée de vie de l'enduit :

- Produits végétaux comme jus de néré, beurre, huile ou résidus de karité, etc. ;
- Produits animaux comme bouse de vache, crottin d'âne, etc.

Ces stabilisants sont généralement utilisés pour les enduits extérieurs.



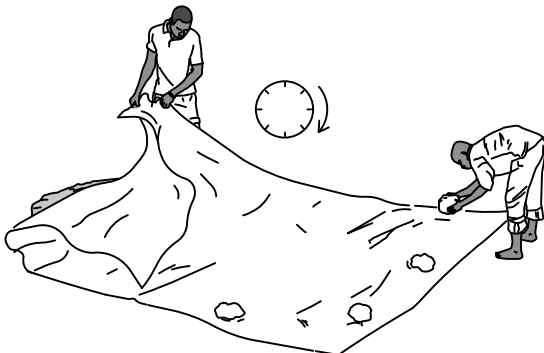
4

Mouiller généreusement le mélange et piétiner.



5

Couvrir avec une bâche plastique et laisser fermenter 1 à 2 semaines.
Ajouter de l'eau et piétiner régulièrement.



6

Appliquer l'enduit à la main ou à la truelle, du haut vers le bas, en 1 à 3 couches selon les terres, les techniques, etc.



S6 - 1.4

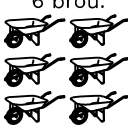
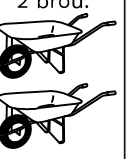
ENDUITS

ENDUIT STABILISÉ AU BITUME POUR MURS EXTÉRIEURS ★AD

Si l'entretien régulier des enduits extérieurs de type traditionnels (à base de terre) est problématique, il est possible et recommandé d'avoir recours à des enduits extérieurs stabilisés, par exemple au bitume.

ATTENTION ! Si les murs reçoivent des enduits stabilisés au bitume, il est recommandé de toujours prévoir une barrière capillaire (film bitumeux ou plastique) entre les fondations et les murs afin de bloquer les possibles remontées d'humidité. Un enduit stabilisé au bitume respire très peu... il faut donc être prudent !

Dosage recommandé

 Bitume	 Sable	 Terre	 Huile morte (vidange)	 Pétrole
17 kg 	6 brou. 	2 brou. 	5 l 	5 l 

*Si le sable n'est pas propre et viens avec argile, rajouter 1 brouette de sable et diminuer 1 brouette de terre.

1

Chauffer le bitume jusqu'à ébullition dans un récipient métallique. Incorporer ensuite le pétrole et l'huile de vidange.



2

Mouiller, mélanger et piétiner la terre et le sable. Étaler le mélange sur une épaisseur de 10/15 cm et déverser le bitume chaud dessus.

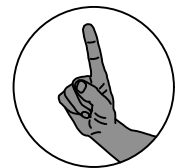
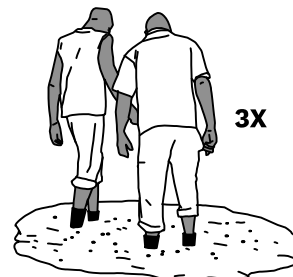


3

Piétiner le mélange à chaud au moins 3 fois.

IMPORTANT :

C'est la qualité du mélange qui fait la tenue de l'enduit dans le temps.



ATTENTION :
Risque de brûlures.
Porter des bottes !

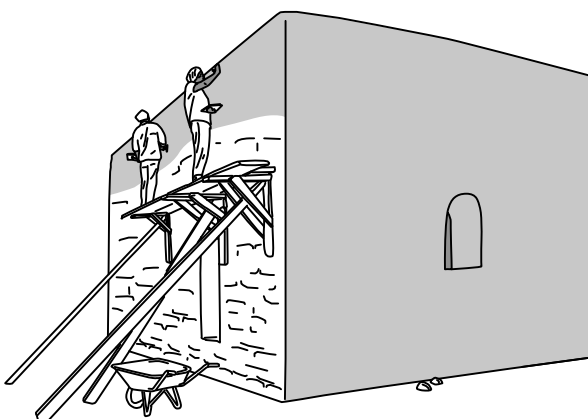


4

Rappel :

Le support doit avoir été préparé au préalable (voir fiche **S6 - 1.2.**)

Appliquer l'enduit de haut en bas sur une épaisseur d'environ 2,5 à 3 cm.
Faire tout le mur en une fois !



5

Talocher et passer l'éponge afin d'obtenir une surface régulière.



S6 - 1.5

ENDUITS

ENDUIT STABILISÉ AU BITUME POUR TOITURES ★AD

Si l'entretien régulier des enduits extérieurs de type traditionnels (à base de terre) est problématique, il est possible et recommandé d'avoir recours à des enduits extérieurs stabilisés, par exemple au bitume.

ATTENTION ! Sur les toitures, les enduits ciment sont interdits.

Dosage recommandé

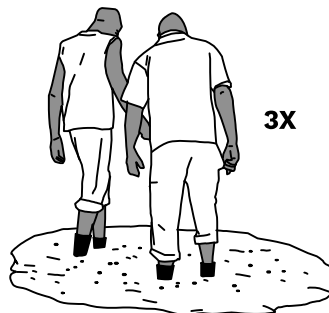
 Bitume	 Sable	 Terre	 Gravier	 Huile morte (vidange)	 Pétrole
17 kg 	3 brou. 	1 brou. 	4 brou. 	5 l 	5 l 

*Si le sable n'est pas propre et viens avec argile, rajouter 1/2 brouette de sable et diminuer 1/2 brouette de terre.

1

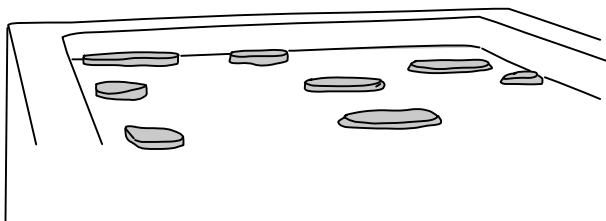
Respecter les mêmes étapes de préparation que pour l'enduit stabilisé au bitume pour murs (voir fiche **S6 - 1.4**), mais avec le dosage indiqué ci-dessus.

Veiller à ce que le mélange ne soit pas trop liquide, sinon il se concentre dans les creux et sèche mal. C'est de la qualité du mélange que découle la tenue de l'enduit dans le temps.



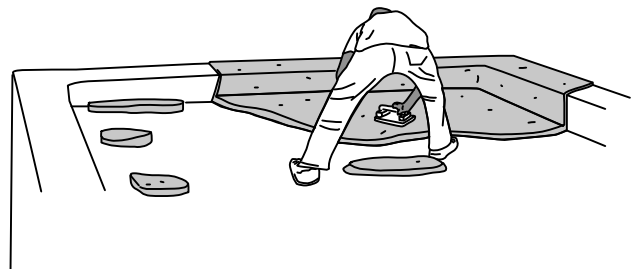
2

Disposer des repères de mortier de 4 à 5 cm d'épaisseur sur l'ensemble de la toiture.



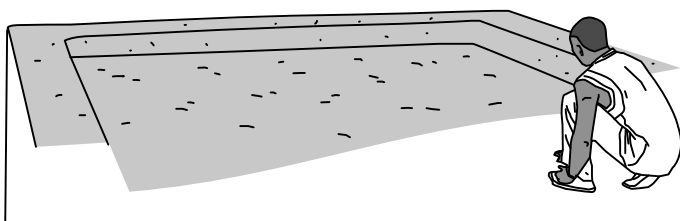
3

Remplir de mortier les vides entre les repères en respectant l'épaisseur et serrer l'enduit à la taloche.



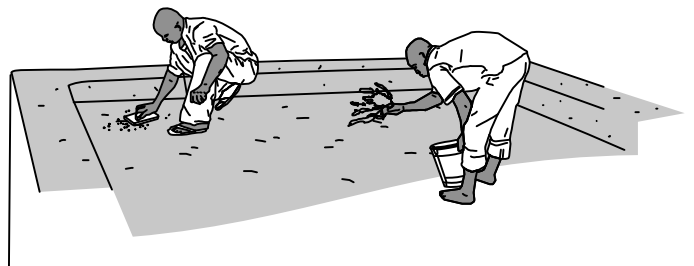
4

Vérifier régulièrement que la pente est maintenue sans bosses ni dépressions.



5

Au cours des jours suivants, bien mouiller l'enduit et resserrer à la taloche en cas d'apparition de fissures.



S6 - 1.6

ENDUITS

ENDUIT SABLE-CIMENT POUR MURS EXTÉRIEURS AVEC BBSC ★AD

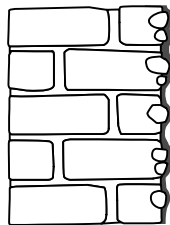
Si l'entretien régulier des enduits extérieurs de type traditionnels (à base de terre) est problématique, il est possible et recommandé d'avoir recours à des enduits extérieurs stabilisés, par exemple les enduits sable-ciment. Pour cela, les murs doivent être des murs mixtes avec BBSC (voir fiche **S4 - 3.6**).

ATTENTION ! Les enduits sable-ciment sont réservés exclusivement aux murs. Ne jamais appliquer sur la toiture !

Si les murs reçoivent des enduits ciment, il est recommandé de toujours prévoir une barrière capillaire (film bitumeux ou plastique) entre les fondations et les murs afin de bloquer les possibles remontées d'humidité. Un enduit ciment respire très peu... il faut donc être prudent !

1ère couche

Après préparation du mur (voir fiche **S6 - 1.2**) appliquer la couche d'accroche, appelée gobetis. Le mélange est très riche en ciment et la couche fait entre 3 et 6 mm d'épaisseur.

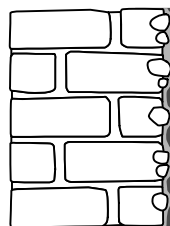


Dosage recommandé

Ciment	Sable	Eau
50 kg	110 l	25 l

2ème couche

La 1ère couche doit être sèche avant de commencer. Arroser le support et appliquer le corps de charge. Le mélange est riche en ciment et la couche fait environ 20 mm d'épaisseur. Utiliser une règle pour obtenir une surface plane. Si certaines zones nécessitent une couche de plus de 30 mm d'épaisseur, les creux peuvent être comblés lors d'un second passage.



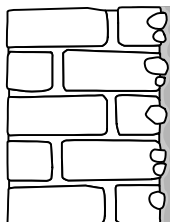
Dosage recommandé

Ciment	Sable	Eau
50 kg	140 l	25 l

3ème couche

La 2ème couche doit être sèche avant de commencer. Arroser le support et appliquer la couche de finition. Le mélange est moyennement riche en ciment et la couche fait environ 5 mm d'épaisseur.

La finition de type tyrolienne est intéressante car elle supprime le besoin de peinture. Pour une finition lisse voir fiche **S6 - 1.7**



Dosage recommandé

Ciment	Sable	Eau
50 kg	185 l	25 l

S6 - 1.7

ENDUITS

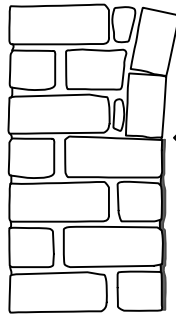
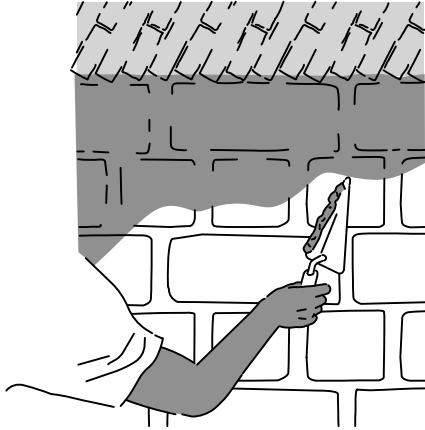
ENDUIT SABLE-CIMENT POUR MURS INTÉRIEURS ★AD

ATTENTION ! Les enduits sable-ciment sont réservés exclusivement aux murs. Ne jamais les appliquer sur les voûtes !

Si les murs reçoivent des enduits ciment, il est recommandé de toujours prévoir une barrière capillaire (film bitumeux ou plastique) entre les fondations et les murs afin de bloquer les possibles remontées d'humidité. Un enduit ciment respire très peu... il faut donc être prudent !

1ère couche

Après préparation du mur (voir fiche **S6 - 1.2**) appliquer la couche d'accroche, appelée gobetis. Le mélange est très riche en ciment et la couche fait entre 3 et 6 mm d'épaisseur.



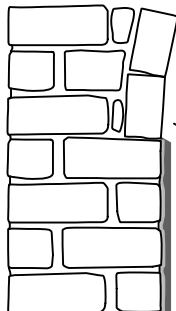
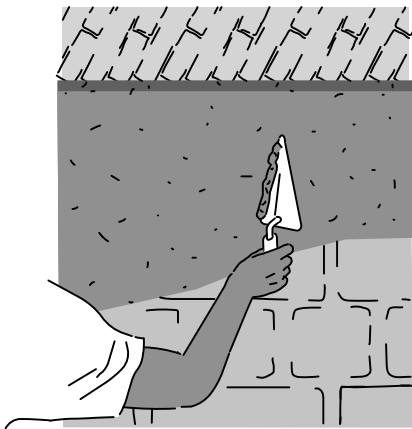
Assurer que l'enduit terre de la voûte ne descende pas en dessous de la HNV. Ne pas appliquer l'enduit ciment sur l'enduit en terre.

Dosage recommandé

Ciment	Sable	Eau
50 kg	110 l	25 l

2ème couche

La 1ère couche doit être sèche avant de commencer. Arroser le support et appliquer le corps de charge. Le mélange est riche en ciment et la couche fait environ 20 mm d'épaisseur. Utiliser une règle pour arriver à une surface plane.



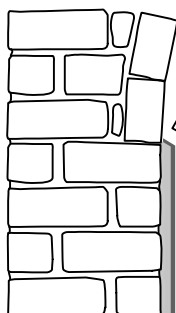
Avec une truelle découper un biseau en haut du corps de charge.

Dosage recommandé

Ciment	Sable	Eau
50 kg	140 l	25 l

3ème couche

La 2ème couche doit être sèche avant de commencer. Arroser le support et appliquer la couche de finition. Le mélange est moyennement riche en ciment et la couche fait environ 5 mm d'épaisseur.



Lisser et finir le biseau et le jointage avec l'enduit en terre.

Dosage recommandé

Ciment	Sable	Eau
50 kg	185 l	25 l

S6 - 2.1

PEINTURES

BADIGEONS DE CHAUX ET PEINTURES ★AD

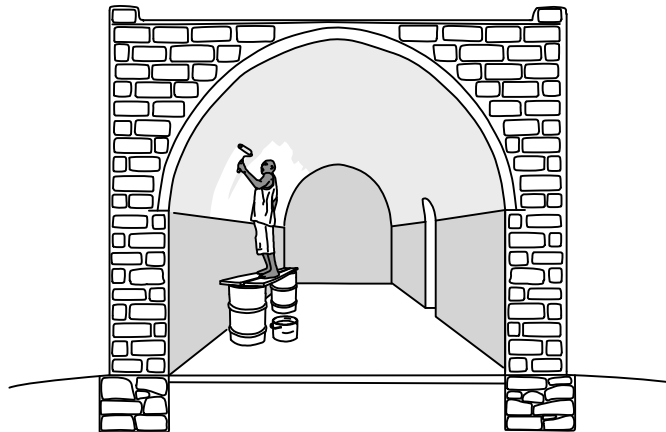
1

BADIGEON DE CHAUX

Les badigeons de chaux utilisés comme finition intérieure sont assez courants au Sahel et bien adaptés aux supports en terre crue, particulièrement aux enduits à base de terre. Ils sont perméables à la vapeur d'eau.

Dosage recommandé

 Chaux	 Eau	 Sel
5 kg 	12 l  	2 kg 



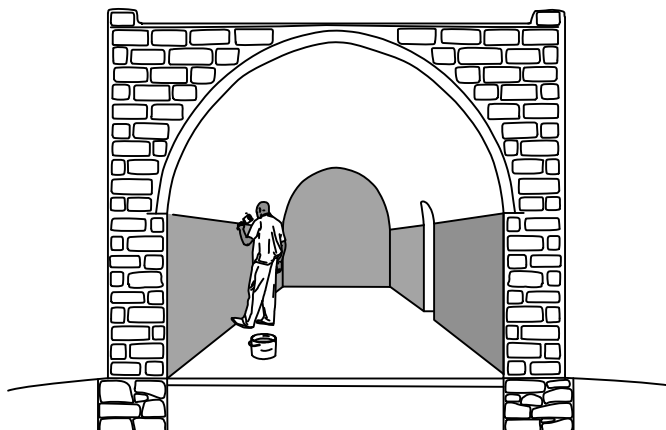
2

PEINTURES

Les peintures acryliques à l'eau sont les plus accessibles et courantes au Sahel. Elles donnent de bons résultats tant sur les supports en terre crue que sur les supports en ciment. Elles sont indiquées en intérieur comme en extérieur.

Les peintures à l'huile ne sont pas indiquées sur les supports en terre ; mais sur des enduits ciment elles peuvent convenir. Il est toutefois recommandé de privilégier les peintures à l'eau.

De façon générale, il est recommandé d'éviter les peintures étanches.





© La Voûte Nubienne
www.lavoutenubienne.org

Edition 2024 réalisée par Samuel Rodrigues et Mathieu Hardy
(a partir de l'édition 2018 - USUS Architectes).
Sous la direction de Thomas Granier, Directeur Général, Fondateur.