

RÈGLES TECHNIQUES DE BASE

> CONCEPT TECHNIQUE VOÛTE NUBIENNE (VN)

ASSOCIATION LA VOÛTE NUBIENNE



CONSEILS AUX CLIENTS MSA	Version 1.0
SAISON	2013-2014
PAYS	INTERNATIONAL

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	2
1. UNE TECHNIQUE ANCESTRALE SIMPLIFIÉE, CODIFIÉE, ADAPTÉE.....	3
2. LES PRINCIPALES SPÉCIFICITÉS DU CONCEPT TECHNIQUE VN.....	4
3. LES PRINCIPALES ÉTAPES CONSTRUCTIVES VN.....	5
3.1. EXTRACTION, FABRICATION ET TRANSPORT DES MATÉRIAUX.....	5
3.2. L'IMPLANTATION.....	5
3.3. LE GROS-OEUVRE.....	6
3.3.1. Les fondations.....	6
3.3.2. Les murs porteurs.....	7
3.3.3. Les voutains dans les murs porteurs.....	8
3.3.4. Les murs pignons.....	8
3.3.5. Le câble compas.....	9
3.3.6. Le bâti de la voûte.....	9
3.3.7. La mise en charge des voûtes, la bâche plastique et les acrotères.....	10
3.4. LES FINITIONS INTÉRIEURES.....	11
3.4.1. Les finitions intérieures de base (ou traditionnelles).....	11
3.4.2. Les finitions intérieures alternatives.....	12
3.5. LES FINITIONS EXTÉRIEURES.....	12
3.5.1. Les finitions extérieures de base (ou traditionnelles).....	12
3.5.2. Les finitions extérieures alternatives.....	13
3.6. LE SECOND-OEUVRE.....	13
4. RÈGLES ÉLÉMENTAIRES À RESPECTER.....	14
5. EN CAS DE PROBLÈME.....	15

1. UNE TECHNIQUE ANCESTRALE SIMPLIFIÉE, CODIFIÉE, ADAPTÉE...

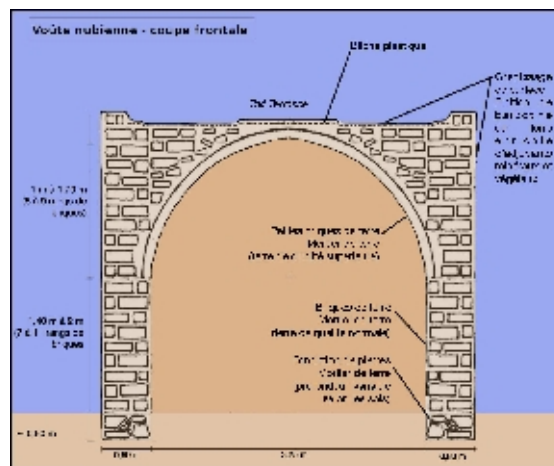
La technique de la **voûte nubienne** est un procédé architectural antique venu du haut Nil. Elle permet de construire avec des matériaux locaux, un outillage basique et des compétences techniques relativement simples des habitations aux toitures voûtées réalisées sans coffrage, solides, confortables et économiques.



Voûtes du Ramesseum – Egypte ~ 1300 AV-JC

Cette technique sera identifiée dès les années 80 par l'ONG *Development Workshop* comme potentielle réponse aux graves problèmes d'habitat auxquels sont confrontées les populations sahéniennes d'Afrique sub-saharienne.

C'est à partir de 1998 qu'AVN la revisite à son tour (simplifiée, codifiée, adaptée) afin de favoriser ses potentialités d'appropriation par les populations auxquelles elle sera proposée. Il en ressort une méthode épurée – le Concept Technique VN – facile à mettre en œuvre et à transmettre. Le procédé originel a également été adapté aux fortes précipitations saisonnières que connaissent les régions sahéniennes d'Afrique sub-sahariennes.



Le Concept Technique VN

2. LES PRINCIPALES SPÉCIFICITÉS DU CONCEPT TECHNIQUE VN

- Le bâti est presque exclusivement constitué de terre crue, matière première localement abondante, mouillée et malaxée, puis moulée sous forme de briques qui sècheront au soleil (adobes) ou utilisée directement sous forme de mortier. Seules les fondations font appel à la pierre.
- Les toitures créées sont exclusivement voûtées (pas de dôme) et permettent/favorisent l'usage du toit-terrasse par leur mise en charge.
- La construction des voûtes ne nécessite pas de coffrage ni aucune autre sorte de support.
- Les voûtes ont une portée (largeur) maximum de 3m30 et sont construites à partir de briques de dimensions standard pour les murs et de briquettes pour la toiture et les voûtains (arcs maçonnés remplaçant les linteaux).
- Un "câble-compass" est utilisé pour définir la courbe de la voûte et guider le maçon dans son travail.
- Les murs, suivant leurs différents usages, sont d'épaisseurs standardisées ainsi que les ouvertures des portes, fenêtres, et autres rangements maçonnés.
- Une bâche plastique est incorporée aux mortiers de terre en finition de toiture afin d'apporter une garantie supplémentaire d'étanchéité.
- Il est possible de construire en étage (RDC+1).
- Dans le Concept Technique VN, le travail représente la quasi-totalité du coût de la construction. Ainsi, ces coûts de main d'œuvre peuvent participer d'une économie non monétarisée (auto-construction, entraide, échanges) et quand il y a échange de numéraire, celui-ci est réintroduit dans les économies locales.

À noter :

> *Les matériaux utilisés pour la production des voûtes nubiennes sont pratiquement toujours disponibles à proximité des chantiers. Les ressources en eau peuvent par contre présenter des difficultés d'approvisionnement suivant les lieux et les saisons, supposant la prise en compte de cette contrainte lors de la planification des chantiers par les clients et les maçons.*

> *Le Concept Technique VN permet, principalement en milieu rural, de concentrer les coûts de construction sur la seule main-d'œuvre qualifiée, les matériaux et la main-d'œuvre non qualifiée étant alors généralement fournis par le client.*

3. LES PRINCIPALES ÉTAPES CONSTRUCTIVES VN

Attention : Cette présentation des différentes étapes d'un chantier VN ne doit pas être considérée comme une méthode ou un guide de construction incitatif. Pour AVN, l'accès à ce savoir-faire doit avoir lieu sur des chantiers réels et rien ne remplace l'apprentissage "sur le tas".

Ces aperçus de la construction d'une VN donnent des conseils essentiels à ceux (clients, maçons ou partenaires du programme) qui vont entreprendre un chantier.

3.1. EXTRACTION, FABRICATION ET TRANSPORT DES MATÉRIAUX

Il est important de bien planifier les actions permettant de produire et de livrer sur le chantier les matériaux utiles (terre, briques, pierres, eau, ...). La mauvaise anticipation ou la mauvaise gestion de ces aspects logistiques peuvent être la source de surcoûts importants et de difficultés relationnelles entre l'artisan VN et son client.



Site de fabrication des briques



Livraison de terre



Transport des briques

3.2. L'IMPLANTATION

Le lieu d'implantation d'un nouveau bâtiment est à choisir avec soin. Deux règles principales sont à retenir :

- S'assurer que la nouvelle construction n'est pas placée dans un bas-fond ou sur un passage important d'eaux de ruissellement. Il s'agit là d'un risque majeur pour les constructions VN qui ne supportent pas d'avoir "les pieds dans l'eau". Rappelons que des terrains qui semblent éloignés de tout cours d'eau visible ou connu peuvent, à la saison pluvieuse et suivant les régimes de pluviométrie, se retrouver complètement inondés.



Inondations au Burkina Faso

Attention : *il faut donc s'assurer très correctement d'une implantation définitivement « hors d'eau » !*

- Lors de l'implantation d'une voûte nubienne sur une parcelle délimitée (lot / concession), il faut prévoir les possibles extensions futures. La modularité du Concept Technique VN permet d'ajouter des voûtes nubiennes à d'autres tant en largeur qu'en longueur ou en hauteur. Ceci doit être anticipé au regard de la configuration des lieux.



Implantation d'un bâtiment

3.3. LE GROS-OEUVRE

3.3.1. Les fondations

Les fondations sont essentielles à la bonne tenue et à la longévité de tous types de constructions. Tous les acteurs de la filière (artisans, maçons, clients, etc.) se doivent d'apporter à cette étape importante une attention toute particulière.

Attention : *les fondations ne doivent jamais être sous-dimensionnées ou négligées.*

Selon la nature des sols (plus ou moins dur) à l'emplacement de la construction, les fondations seront plus ou moins profondes (de 30 à 90 cm), l'objectif étant de « poser » le bâtiment sur un sol suffisamment dur.

Leur largeur est sensiblement constante, soit : 70 cm pour les murs porteurs (qui portent les

voûtes) et 50 cm pour les murs pignons (qui ferment les voûtes) et 30 cm pour les cloisons intérieures.

Elles sont comblées avec des pierres de grande et moyenne tailles liées avec un mortier de terre ordinaire (béton de terre cyclopéen).

Attention : dans le cas de zones à fort ruissellement d'eau en surface (ou sur des parcelles fermées, notamment en ville), il est vivement conseillé de faire émerger et déborder les fondations de 10 à 30 cm au dessus du niveau du sol pour constituer un soubassement. Cette partie de l'ouvrage que l'on qualifie de « pieds de mur » sera alors réalisée en matériaux plus résistant que les briques de terre : blocs de latérite taillés ou parpaings pleins de ciment (uniquement dans la partie extérieure des murs).

Si la construction d'une VN en étage (RDC+1) est prévue au moment du chantier ou ultérieurement, il faut en tenir compte en augmentant sensiblement la profondeur des fondations (~ + 25 %).



À noter :

> AVN recherche actuellement par des tests la validation de fondations de pisé (béton de terre compacté par damage manuel dans la fouille). Celles-ci pourraient s'avérer très utiles dans les zones où l'accès aux pierres est difficile ou impossible.

Mise en œuvre de fondations pierres + terre

3.3.2. Les murs porteurs



Les murs porteurs sur lesquels s'appuient les voûtes (appelés aussi murs maîtres ou pieds droits) sont composés de rangs superposés de grosses briques et ont **une épaisseur minimum de 60 cm**.

Les rangs sont composés, dans leur épaisseur, d'une première brique posée dans sa longueur et d'une seconde posée dans sa largeur, liées par un mortier de terre.

On alterne à chaque rang le croisement des briques pour annuler systématiquement toute superposition des joints.

Mur porteur avec vue de l'alternance des rangs

3.3.3. Les voutains dans les murs porteurs

Dans l'épaisseur des murs porteurs, diverses réservations sont ménagées pour recevoir les portes et fenêtres, mais aussi niches et armoires apportant un gain d'espace de rangement et une économie de matériaux.



Ces réservations sont couvertes par des **linteaux en voûtains** (montés coffrés avec une barrique ou un assemblage de briques posées à sec) constitués de briquettes et refermés le cas échéant (rangements) par des cloisons de 20 cm. Les voûtains sont montés avant le démarrage de la voûte et en épousent l'inclinaison.

Voutains avec cloisons et réservation fenêtres

À noter :

> *Les réservations pourront changer d'usage suivant les évolutions du bâtiment et notamment ses agrandissements éventuels (par exemple un rangement intégré devient une porte donnant accès à une voûte nouvellement créée).*

> *Les réservations dans les murs porteurs ne doivent pas dépassées 90cm de largeur et une partie pleine de mur doit toujours avoir une dimension équivalente de part et d'autre de la réservation ! Par exemple : 90cm de mur minimum / 90cm de réservation maximum / 90cm de mur minimum.*

3.3.4. Les murs pignons



Les murs pignons sont montés avec des grosses briques, la longueur de ces dernières formant l'épaisseur des murs (variant entre **35 et 40cm** selon les dimensions des briques utilisées).

Ils sont bâtis très légèrement inclinés vers l'intérieur de la construction (fruit d'environ 1 cm par mètre).

Mur pignon

À noter :

> Des murs type pignons peuvent également être réalisés à l'intérieur de bâtiments. On parle dans ce cas de murs de refend, sachant que dans ce cas le bâti est parfaitement vertical et non plus légèrement incliné vers l'intérieur comme pour les murs pignons.

3.3.5. Le câble compas



Un câble, composé de 6 brins de fil de fer torsadés ensemble, est tendu de part en part de la construction à hauteur de la naissance de la voûte dans l'axe de celle-ci. Ce câble est fixé à l'extérieur des murs pignons qu'il traverse. Il matérialise l'axe du plein cintre sur toute la longueur du bâtiment.

Plusieurs cordelettes matérialisant le rayon de ce plein cintre sont attachées à des anneaux d'acier coulissant sur le câble compas. À l'extrémité de ces cordelettes sont attachés des clous. Ces dispositifs (les cordelettes sur le câble) indiquent aux maçons le juste emplacement des briquettes composant les voûtes.

À noter :

> A l'égal du cordeau qui aide le maçon à bâtir son mur, ce câble-compas est l'outil indispensable aux artisans VN et à leurs apprentis pour construire vite et bien. La vulgarisation du Concept Technique VN doit beaucoup à ce petit outil simple et bon marché car, outre l'aide considérable qu'il apporte aux maçons sur le chantier, il permet d'accélérer le transfert du savoir-faire de l'artisan vers l'apprenti.

3.3.6. Le bâti de la voûte

Les voûtes sont construites **sans coffrage** ! On fabrique pour ce faire des briquettes de terre de très bonne qualité (exemple : terre à grenier) dont les dimensions sont de 24x12x4cm. Ces briquettes sont montées rang après rang pour former une voûte de plein cintre (hormis le segment sommital légèrement ogival) prenant appui sur les murs porteurs.

Le maçon pose les briques à la main et utilise un mortier de terre similaire à celle employée pour leur fabrication. Il s'appuie sur le mur pignon pour démarrer les premiers rangs de la voûte. Le maçon alterne son travail entre la partie supérieure de la voûte dont le dévers impose, entre chaque rang, un temps d'attente dû au séchage du mortier, et les flancs de la construction au bâti

plus aisé.



Bâti de la voûte

3.3.7. La mise en charge des voûtes, la bâche plastique et les acrotères

Une fois les voûtes achevées, le maçon construit les « contreforts » (mise en charge de la voûte) en remontant les murs porteurs sur une hauteur de 8 à 10 rangs de grosses briques et en comblant le vide ainsi créé sur les flans de la voûte avec un mortier de terre et des chutes de briques (il s'agit d'une véritable maçonnerie, jamais d'un bourrage aléatoire avec du tout venant...).



« Contreforts » en cours de mise en œuvre

La hauteur de ces « contreforts » varie selon les désirs du client (minimum 2/3 de la hauteur de la voûte), sachant qu'il est vivement conseillé d'arriver à une toiture terrasse quasiment plate. Effectivement, plus la voûte est mise en charge et mieux elle se comporte, alors que plus la toiture est plate et moins l'érosion annuelle due aux pluies est perceptible.



Pose de la bâche plastique

Avant la pose d'une couche de terre (5 cm minimum) supportant les crépissages de terre enrichie (savoirs-faire et adjuvants traditionnels), on pose sur la toiture dont la surface a été préalablement grossièrement lissée et mise en pente selon le positionnement des gouttières, une bâche plastique de qualité (matériau d'usage répandu).

À noter :

> La bâche, sans se substituer aux crépissages d'entretien régulier et obligatoire qui assurent l'étanchéité, représente une sécurité supplémentaire en cas de négligence du propriétaire. Protégée des rayonnements UV par la couche de terre et les crépissages qui la recouvrent, elle se conserve durablement. Elle est un bon témoin de la qualité des entretiens car le fait de la voir apparaître indique clairement au propriétaire le retard pris dans les travaux d'entretien.



Dans la même phase constructive sont réalisés les acrotères (ou éventuellement les balustrades en cas de terrasse utilisée), constitués de rangs de briques maçonnées. Les enduits de toiture et muraux viennent les recouvrir.

À noter :

> Les acrotères (ou les balustrades) sont des parties de bâtiment particulièrement exposées aux intempéries. Afin de les rendre plus pérennes, il est possible de les renforcer en faisant usage de blocs de latérite taillés, de parpaings de ciment ou encore de béton armé.

Balustrade en briques de terre

3.4. LES FINITIONS INTÉRIEURES

3.4.1. Les finitions intérieures de base (ou traditionnelles)

Les finitions de base (ou traditionnelles) correspondent principalement aux **enduits** réalisés à base de terre fine. Un badigeon de chaux (appliquer comme une peinture) peut venir recouvrir les enduits intérieurs.



À noter :

> Les enduits traditionnels sont particulièrement adaptés aux architectures de terre et utilisés depuis très longtemps. La qualité des matériaux utilisés pour les réaliser et la maîtrise des procédés de mise en œuvre permettent d'obtenir des enduits durables, sachant qu'un entretien régulier sera toujours nécessaire.

Enduit terre fine en cour de réalisation

3.4.2. Les finitions intérieures alternatives

Des enduits ciments peuvent être appliqués sur les murs intérieurs (pas sur les voûtes) afin de leur conférer une résistance accrue aux chocs ou de les protéger de l'eau dans les pièces dites « humides » (salles de bain et cuisines).

Des chapes ciments peuvent également recouvrir les sols et recevoir par exemple du carrelage.



Enduit ciment peint sur murs
et chape ciment

Attention : La mise en œuvre d'un enduit ciment appelle le respect de certaines règles techniques afin de garantir sa bonne tenue dans le temps. On retiendra notamment le nettoyage et l'humidification des supports, l'application d'un gobetis, puis de la charge et de la finition.

Par ailleurs, les enduits ciment sur maçonnerie terre engendrent une limitation de la respiration naturelle des murs et une retenue d'humidité en cas de remontées capillaires. Il peut être conseillé d'installer une barrière contre l'humidité (film bitumeux ou plastique) entre la surface des fondations et la base des murs.

3.5. LES FINITIONS EXTÉRIEURES

3.5.1. Les finitions extérieures de base (ou traditionnelles)

Les finitions extérieures de base (ou traditionnelles) correspondent principalement aux **enduits extérieurs** réalisés à base de terre et d'adjuvants.



À noter :

> Les enduits traditionnels sont particulièrement adaptés aux architectures de terre et utilisés depuis très longtemps. La qualité des matériaux utilisés pour les réaliser et la maîtrise des procédés de mise en œuvre permettent d'obtenir des enduits durables, sachant qu'un entretien régulier (selon une fréquence pouvant aller de 1 à 4 ans pour les enduits extérieurs exposés aux intempéries) sera toujours nécessaire.

Enduit mural à base de terre

3.5.2. Les finitions extérieures alternatives

Les finitions dites « alternatives » correspondent principalement à **certains enduits extérieurs** et permettent de limiter de façon importantes la fréquence des entretiens.

> Des **enduits ciment** peuvent être appliqués sur les murs (jamais sur la toiture) de deux façons :

- En maçonnerant sur l'extérieur des murs des briques incrustées de cailloux (on parle de BBSC pour « Briques de Banco Surface Cailloux ») qui permettront à l'enduit ciment d'accrocher (ce que la terre ne permet pas)
- En appliquant un treillis grillagé sur les murs avant la pose de l'enduit ciment afin d'armer ce dernier et de l'empêcher de se décoller

Attention : *La mise en œuvre d'un enduit ciment appelle le respect de certaines règles techniques afin de garantir sa bonne tenue dans le temps, tout particulièrement en extérieur. On retiendra notamment le nettoyage et l'humidification des supports, l'application d'un gobetis, puis de la charge et de la finition, la bonne prise en compte des périodes recommandées d'application (éviter la saison chaude) et de l'orientation des façades.*

Par ailleurs, les enduits ciment sur maçonnerie terre engendrent une limitation de la respiration naturelle des murs et une retenue d'humidité en cas de remontées capillaires. Il peut être conseillé d'installer une barrière contre l'humidité (film bitumeux ou plastique) entre la surface des fondations et la base des murs.



Enduit goudron en cour d'application

> Des **enduits goudron** peuvent être appliqués tant sur les murs que sur la toiture. Ici encore, des règles de dosage et de mise en œuvre doivent être respectées.

> Des **parements en matériaux durs** peuvent aussi être employés en lieu et place des enduits muraux si ces matériaux sont disponibles sur le marché local : pierre taillée / Blocs de Terre Compressée Stabilisée (BTCS) / briques cuites

3.6. LE SECOND-OEUVRE

Le Second-Œuvre est constitué des **menuiseries intérieures et extérieures, électricité, plomberie, chapes, carrelages et autres finitions de sols et murs, peintures.**



À noter :

> La mise en œuvre du Second-Œuvre dans un bâtiment VN présente peu de différence avec d'autres techniques constructives, l'important étant surtout de faire appel à des artisans qualifiés et de bien coordonner l'intervention des différents intervenants pendant le chantier.

Intérieur avec carrelage, électricité et plomberie

4. RÈGLES ÉLÉMENTAIRES À RESPECTER

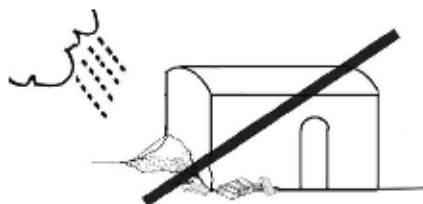
Ne pas construire sa maison dans un bas-fond ou sur le passage de l'eau.



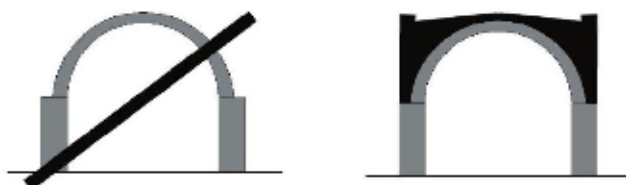
Les gouttières doivent être longues et positionnées du bon côté pour ne pas que l'eau abîme le mur.



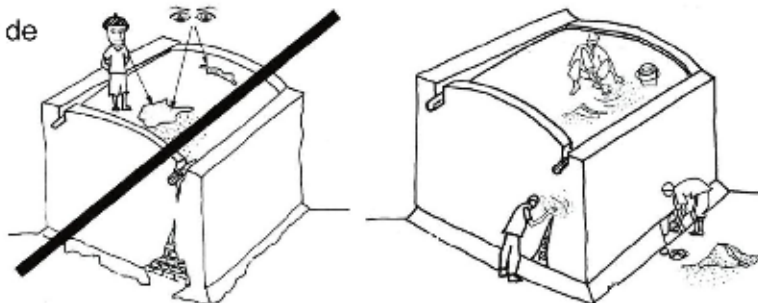
Bien ranger et préparer les abords de la maison pour ne pas laisser l'eau s'installer et abîmer le bas des murs.



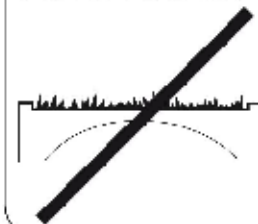
Il est obligatoire de monter des contreforts sur la voûte pour la rendre stable.



L'entretien régulier de la toiture est obligatoire si l'on veut qu'elle dure: on ne doit jamais voir le plastique sortir.



Il ne faut pas d'herbe sur le toit.



5. EN CAS DE PROBLÈME...

S'il y a une infiltration d'eau dans le bâtiment, ou de l'eau stagnante sur le toit, ou bien si des fissures anormales apparaissent :

**IL FAUT IMMÉDIATEMENT CONTACTER L'ARTISAN VN AYANT CONSTRUIT LE BÂTIMENT,
OU À DÉFAUT LES ÉQUIPES AVN DU PAYS CONCERNÉ !**