

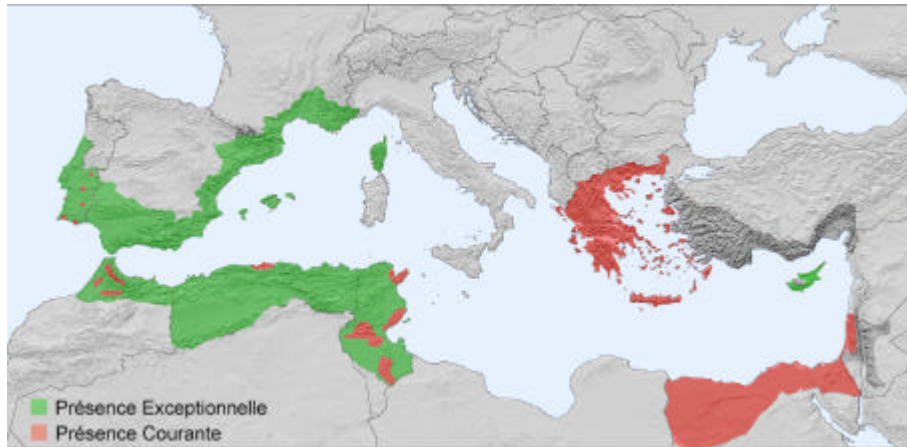
Arts de bâtir: **C6 - Voûte en Berceau**

Pays: **Espace Méditerranéen**



## PRÉSENTATION

### Emprise Géographique



### Définition

#### Voûte en Berceau

- Ossature horizontale maçonnée de forme semi-cylindrique reposant sur des murs porteurs
- Pour la mise en œuvre, utilisation ou non d'un coffrage ou d'un étaieement.
- Utilisation comme franchissement ou comme couverture (dans ce cas l'extrados est protégé par un enduit).

### Milieu

On retrouve la voûte en berceau dans la plupart des pays du bassin méditerranéen étudiés. Cette structure est couramment utilisée dans tous types de milieux : urbain, rural, en plaine, en montagne ou en bord de mer.

#### Etages Associés :

Les voûtes en berceau sont destinées aux sous-sols, entresols et rez-de-chaussée des équipements et des habitations. Cette technique est parfois utilisée pour réaliser les différents étages que compte la construction.

### Illustrations

Vues générales :

Vues de détail :



**PRINCIPE CONSTRUCTIF**

**Matériaux**

**Nature et Disponibilité (sous quelle forme)**

Pour la construction de la voûte en berceau, les matériaux les plus souvent utilisés dans tous les pays étudiés sont la pierre calcaire et la brique de terre cuite. D'autres natures de pierres sont aussi utilisées suivant les disponibilités locales en matériaux (pierres de schiste et granite...). Les matériaux ajoutés pour le remplissage des interstices de l'extrados ou pour la composition des mortiers d'hourdage sont des débris de briques, de la chaux, du plâtre, du gravier ou encore des morceaux de pots cassés et des débris de charbon de bois.

**Modules, Dimensions, Dosages**

La voûte en berceau est une maçonnerie hourdée, montée par assemblage de modules les uns contre les autres suivant un plan incliné déterminé par un fil rayonnant, qui du centre de l'arc donne le degré d'inclinaison de chaque pièce depuis le départ de la voûte jusqu'à sa clé. Les modules de pierres ou de briques qui composent la voûte, peuvent être taillés de manière à former un claveau spécifique à la voûte (2 faces inclinées formant lit de pose et d'attente). Ils sont très souvent à peine ébauchés dans une pierre plate, le mortier de hourdage compensant alors les irrégularités des surfaces.

**Type de pose**

**Type de pose, Utilisation d'un coffrage, d'étaie**

La pose de la voûte se fait le plus souvent avec le recours à un coffrage généralement réalisé en bois. Celui-ci se compose d'au moins deux fermes (section de la voûte) sur lesquelles on fixe des lattes de bois (couchis) dont la face extérieure correspond à l'intrados de la voûte. Le coffrage peut aussi donner une forme approximative qui est ensuite corrigée par un lit de terre, de sable... Parfois, le coffrage est réalisé par un remplissage du volume de la pièce par des matériaux de construction, la forme étant définie par de la terre. Ancré directement dans les murs (poutre transversale, éclipsable) ou supporté par des corbeaux (pierres saillantes laissées en place après la pose), cet ensemble constituant "le coffrage" est supporté par des étais. La pose des pierres et briques se fait depuis les sommiers jusqu'à la clé en équilibrant les charges de part et d'autre de l'axe de la voûte. Dans l'espace Méditerranéen, on trouve des techniques qui s'affranchissent de ce dispositif de coffrage (faibles ressources en bois ?, encombrement de l'outillage ?, savoir-faire particuliers et locaux ?...). La pose sans coffrage est possible avec des matériaux de modules réguliers (briques de terre cuite, taillées ou non), des mortiers bien étudiés (adhérence aux briques, rapidité de prise, ...) et avec une méthode de pose particulière. Cette dernière cherche à limiter le porte-à-faux d'un empilement de claveaux en créant des joints d'appui intermédiaires, en inclinant l'axe de pose (sommier/claveau/clé) vers les murs de refonds.

**Outils**

Outre les outils traditionnels du maçon, aucun outil particulier n'est nécessaire à la mise en œuvre de la voûte dans l'ensemble des pays étudiés.

**Métiers**

**Métier, Nombre de personnes nécessaires**

La voûte en berceau est exclusivement réalisée par des hommes de l'art, maçon, maçon/tailleur de pierre ou tailleur de pierre entouré d'aides (manutention importante, mortier à préparer,...), et assisté parfois d'un charpentier pour la réalisation du coffrage.

**Illustrations**

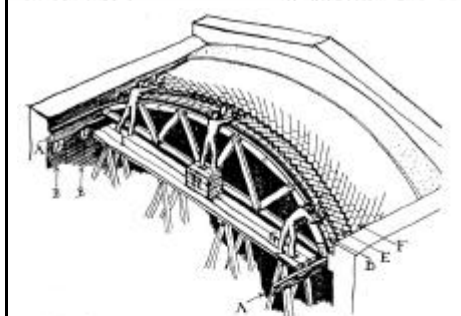
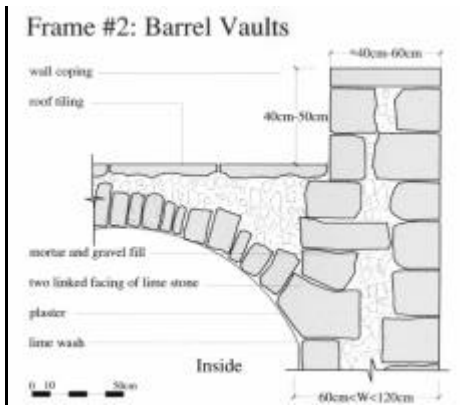


Fig. 2.-Construction de une bóveda cilíndrica empotrada en muros conyes.  
 A-B: Tallantes que sirven de cerriles.  
 AM: Arco para apoyo de las cerriles.  
 CC: Cerriles ligeros.  
 D: 25 cm de cerriles tipo canal.  
 E: 25 cm de tierra compactada.  
 F: 25 cm de tierra compactada.  
 U: Oficial de la cerrilla que hace la U.  
 M: Muro del al. de 25 cm.  
 L: Alto del al. de 25 cm.



Fig. 3.-Preparación para construir una bóveda cilíndrica empotrada en muros conyes.  
 A-B: Cerriles pesadas paralelas al eje de la bóveda.  
 CC: Espuma para apoyo de la cerrilla.  
 CC': Cerrilla ligera en que se apoya un curso de cerrilla canal.  
 D: Espuma de apoyo de tierra con una boveda ligera en medio de otro curso de cerrilla.  
 E: Muro de la construcción, como en la figura 1. Los cerriles muestran signo de trabajo.

Principe constructif : type de pose



Principe constructif : type de pose  
 La réalisation de la voûte par le maître maçon



## PRINCIPE CONSTRUCTIF (Suite)

### Performances

#### Physique (portée...)

Cette technique constructive conduit à franchir des portées qui s'échelonnent de 1 à 7 mètres pour une épaisseur à la base qui varie de 30 à 50 centimètres et peut même atteindre 1 mètre sur les bords de la voûte en Tunisie.

#### Thermique – Acoustique

La construction en pierre, notamment calcaire, présente des performances thermiques et acoustiques renseignées comme étant assez bonnes à excellentes par l'ensemble des pays concernés. Au vu de la masse importante de la voûte, de son épaisseur, des matériaux utilisés dans sa construction, cet ouvrage offre de remarquables qualités d'isolations thermiques et acoustiques.

### Illustrations



*Principe constructif – exemples divers*

## ASPECT, PATHOLOGIE

### Aspect

#### Finition, couverture associée

L'intrados de la voûte est généralement recouvert d'un enduit. Cependant, dans le cas des voûtes en pierres de taille ou en briques à l'appareillage soigné, le parement peut être laissé en l'état. Dans le cas d'une voûte de franchissement, l'extrados de la voûte ne reçoit généralement pas de traitement particulier ; fréquemment les reins de la voûte sont remplis de matériaux divers (tout venant, résidus de chantier), l'ensemble recevant un dispositif fermant le sol.

Dans le cas d'une voûte de couverture, l'extrados de la voûte présente un dessin régulier, il reçoit un enduit élaboré d'étanchéité.

### Pathologie de vieillissement

#### Liée au matériau et aux conditions climatiques :

Comme pour les maçonneries de pierres ou de briques, les pathologies liées aux matériaux ont pour origine l'eau (remontées capillaires, infiltrations, condensation...) qui dissout les mortiers et les fragilise.

Le contrôle des infiltrations d'eau est plus important dans le cas des voûtes ; au-delà de la dissolution des mortiers il faut noter l'érosion directe qui peut se produire sur les mortiers de hourdage.

#### Liée à la technique :

Les voûtes produisent des poussées latérales, qui sont faibles dans le cas des voûtes en berceau. Cependant, la non prise en compte de ces efforts pour le dimensionnement des murs supports conduit à de fréquentes fissurations des voûtes, voire à leur écroulement.

## OUVRAGES ASSOCIÉS

### Percements

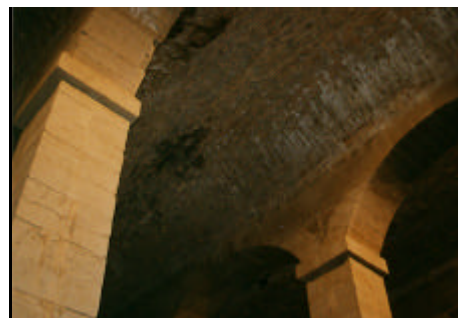
Des petites ouvertures peuvent être prévues pour ventiler les pièces (en Palestine et en Israël) ou pour assurer l'éclairage, notamment dans les souks (Tunisie). Les ouvertures de formes rectangulaires mesurent entre 0,5 et 1 mètre.

Un cadre périphérique (chevêtre) permet de répartir les efforts.

### Liaison Ossature - Structure Verticale (mur)

Aucun type de liaison n'a été signalé : la voûte est montée dans la continuité des murs, en même temps et par les mêmes personnes. Les deux ouvrages sont indissociables.

### Illustrations



Performance : physique (portée...)



Pathologie de vieillissement



Ouvrages associés :  
percements formant puits de lumière

## DESCRIPTION DE MISE EN OEUVRE

### Exemple en Algérie :

- La mise en œuvre du plancher a lieu à la belle saison, de mai jusqu'en octobre. Il y faut l'absence de pluies pour éviter les infiltrations d'eau. Un maçon qualifié, aidés de deux ou quatre manœuvres, qui leur tendent les matériaux, sont chargés de le monter.
- Réaliser ce plancher, nécessite deux phases: celle de la préparation où il faut l'élaboration des matériaux et celle du montage où les matériaux apprêtés sont ajustés entre eux. Des travailleurs assez nombreux, dirigés par le maçon, y coopèrent dans le cadre de la touiza. Le travail dure près d'un mois.
- Utiliser une brique régulière de forme et d'aspect, fabriquée avec une argile de qualité très souvent variable, d'une couleur rosâtre rarement jaunâtre. Elle est façonnée à la main, ensuite cuite dans des fours artisanaux.
- Préparer le mortier de terre et de chaux dosée à deux mesures d'agrégat pour une mesure de liant. Trier la terre glaise afin d'ôter les cailloux. Procéder ensuite au gâchage et trituration de la terre additionnée de chaux tamisée, de sable, de tuileau. L'ensemble est mêlé d'eau et d'huile végétale, en le piétinant rythmiquement. A la place des pieds, on utilise aujourd'hui la pelle et la pioche. Préparer enfin de grosses boules que l'on lance au maçon.
- Procéder au maçonnerie de la voûte en berceau en continuité des murs, par tranches verticales et non pas par assises convergentes. Souder les briques contre le mur de tête en les fixant par du mortier de terre et de chaux. L'utilisation de matériau relativement léger (brique plate d'une épaisseur d'environ 2.5 à 3cm) conjugué à la rapidité de prise du mortier permet de se passer de cintre. Le monolithisme se réalise dans l'instant à chaque pose de briques. Passer à l'exécution des tranches suivantes de proche en proche, par placages successifs. Celles-ci sont soudées l'une à l'autre au moyen de mortier de terre et de chaux.
- A défaut de mur de tête, établir, en premier lieu, des arcs doubleaux à intervalles réguliers (1.5 à 2.5m). Ils forment le cintre et servent de départ.
- Maçonner les reins, parties voisines des naissances, par lits horizontaux qui surplombent progressivement sur le vide.
- Commencer ensuite l'exécution de la partie clavée à partir d'une hauteur appréciable des naissances en arrêtant les assises horizontales suivant un plan incliné sur lequel les briques clavées prennent leur appui.
- On peut doubler la voûte achevée d'un second berceau, qui l'enveloppe et la renforce. Pour le réaliser, il est inutile de procéder par tranches, mais simplement le maçonner à lits rayonnants.
- Une fois le berceau monté, viens ensuite un agglomérat de terre, de débris de brique et de tuile, ainsi que des galets de petits calibres, auxquels il faut ajouter une quantité de chaux afin d'absorber toute trace d'humidité. Caler des pierres assez grosses au niveau des pieds droits de la voûte. Tasser le remplissage sur une hauteur d'environ 25 à 30cm, mesurée par rapport au niveau supérieur de la clé de voûte. Le damage est exécuté à l'aide d'une massue de bois, munie d'une manche longue (d'bouze).
- Araser en surface l'agglomérat par une couche compacte de terre, à laquelle on additionne de l'huile végétale.
- Etaler par-dessus un mortier de terre et de chaux permettant de poser le revêtement de protection: des carreaux de céramique ou de marbre, des tomettes de terre cuite ou simplement un enduit de chaux étanche badigeonné de lait de chaux.

**Exemple au Portugal :** De nombreuses variantes coexistent: voûte en brique; en brique, fer et bois; terrasse sur voûte...

On commence le processus en construisant des plate formes ou estrades en bois sur un échafaudage de façon à ce que le maître de voûte et l'apprenti puissent travailler au niveau des plafonds (La hauteur jusqu'au point le plus haut devra sensiblement être de 1.80m). S'il existe des arcs, les cintres sont placés d'abord, puis on procède à la construction des arcs. Les murs de contour ou le périmètre de la pièce devront être montés jusqu'à l'extrados de la voûte que l'on va construire en marquant sur ces murs le développement des arcs:

Pour la voûte à 2 arcs (berceau, canon), on marque deux arcs égaux sur deux murs parallèles;

Pour la voûte à 4 arcs (arc de cloître), on marque 4 arcs égaux sur les murs existants.

Le tracé des arcs est fait sur un plâtrage (mortier) à prise rapide. Cette marque correspond à l'intrados de la voûte en brique. Sur la courbure ainsi dessinée, on marque un sillon dans le mur pour recevoir la première assise.

Avec une brique (adéquate pour cette voûte), on marque les limites de chaque brique sur la courbure de l'arc, épaisseur du mortier incluse. Pour chaque point marqué, on place des clous d'où partiront des fils jusqu'à l'arc contraire: ces lignes serviront de lignes maîtresses ou fils directeurs pour la matérialisation de la courbure et la construction de la voûte en brique. Si la voûte en brique est à 4 arcs, on place des fils sur les deux paires d'arcs.

Ensuite, la construction commence, des voussoirs vers le centre ou la clef de voûte. Comme pour ce système on n'utilise pas de coffrage, la pose des briques est faite en assise et en diagonale, en garantissant que dans les voussoirs (dans les coins), les briques soient en nombre supérieur à celles existant dans l'assise respective (dans la même rangée).

Dans le cas d'une terrasse sur voûte, la terrasse est - soit terminée par un revêtement en brique sur une couche de régularisation en mortier, où seront marquées les pentes et la récupération de l'eau de pluie par des gargouilles, - soit simplement enduite au mortier puis peinte à la chaux.

## USAGE, EVOLUTION ET TRANSFORMATION

### Usage

---

#### Types de bâtiments

Cette ossature sert pour tous types de constructions : habitat, monuments et bâtiments publics, équipements ( mosquées, souks, hammam, commerces, industries artisanales, caravansérails ).

#### Période d'apparition de la technique / Période d'emploi de la technique – Usage contemporain ou disparu

Cette technique de construction est employée depuis l'antiquité. Elle est partout en voie de disparition, sinon totalement disparue. Elle est toutefois pratiquée dans quelques travaux de restauration, pour certains édifices.

#### Raisons de la disparition ou de la modification de la technique

Les raisons évoquées par tous les pays concernés sont principalement le coût relativement cher, la lenteur du travail et la spécialisation de la main d'œuvre, la régression du savoir faire relatif à cette technique.

### Evolution / Transformation

---

#### Les matériaux

La voûte en berceau n'est plus pratiquée que dans quelques travaux de restauration. Elle a été remplacée par des planchers à corps creux, en utilisant des poutrelles en béton armé, hourdis, treillis soudé, Ciment. Tous ces nouveaux matériaux remplacent, sur les circuits commerciaux, les matériaux traditionnels utilisés dans la mise en œuvre de la maçonnerie hourdée. Dans certains cas, nous pouvons considérer qu'elle n'est pas totalement disparue en tant que forme de couverture et qu'elle a simplement connu une mutation par le changement du module de base.

#### Les aspects techniques

Le plancher en corps creux est la méthode de couverture qui remplace la voûte en berceau. Cette dernière est maçonnée en continuité des murs porteurs contrairement aux nouveaux planchers où les poutrelles en béton armé ne sont pas encastrées dans les murs : ils ne sont que de simples murs de remplissage, maçonnés à l'aide de briques creuses et ne jouent aucun rôle structurel. L'encastrement des poutrelles est donc préconisé avec les poutres, il est assuré par le recouvrement des aciers, leur attachement avec des épingles et le coulage non interrompu du béton armé pour l'ensemble de l'ossature du plancher.

#### Evaluation des matériaux et des techniques de remplacement

- Au niveau économique et au vu de la rapidité de production, l'utilisation des poutrelles en béton armé est amplement satisfaisante.
- Les poutrelles en béton armé présentent des phénomènes de dilatation assez importants sous l'effet des écarts de température.
- Les matériaux de remplacement sont plus vulnérables face aux infiltrations d'eau, et moins résistants dans le temps.
- Sur le plan esthétique, l'aspect de finition des voûtes contemporaines en béton armé est totalement différent de ce que présentent les voûtes en berceau traditionnelles en pierres.
- Mécaniquement, l'ossature du plancher en béton armé travaille à la traction ce qui n'est pas compatible avec les structures portantes en maçonnerie qui travaillent à la compression, d'où l'apparition de fissures au contact des deux structures.