

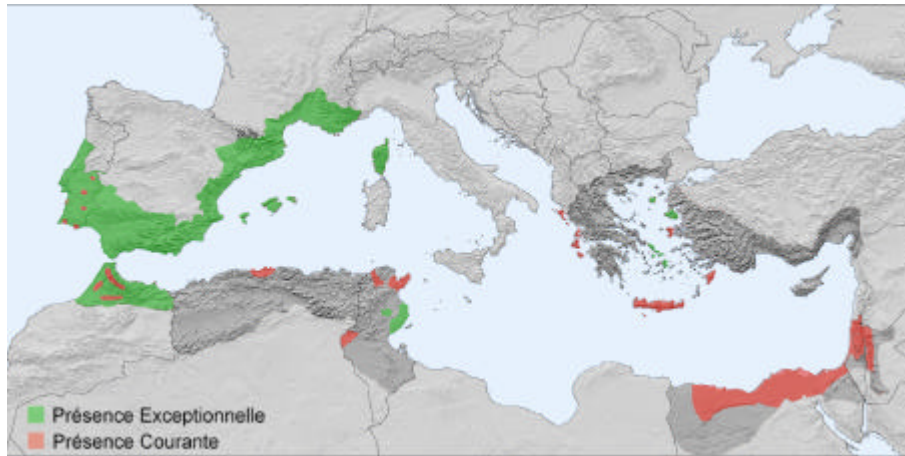
Arts de bâtir: **C5 - Voûte d'arêtes**

Pays: Espace Méditerranéen



## PRÉSENTATION

### Emprise Géographique



### Définition

#### Voûte d'arêtes

- Ossature horizontale, résultat de la compénétration de deux voûtes en berceau de même hauteur dont les lignes de faîte restent entières
- Structure de portée variable composée de quatre quartiers, symétriques deux à deux, reportant les charges vers les quatre appuis d'angle.
- Pour la mise en œuvre, utilisation ou non d'un coffrage ou d'un étaieement.

### Milieu

On retrouve la voûte d'arêtes dans la plupart des pays du bassin méditerranéen étudiés. Son utilisation est généralement courante dans tous types de milieux : urbain, rural, en plaine, en montagne ou en bord de mer.

#### Étages Associés :

Cette technique constructive lourde est utilisée pour asseoir la structure du bâtiment. Elle est plus souvent utilisée en sous-sol et en rez-de-chaussée. Cependant, elle peut être utilisée pour réaliser tous les étages que compte le bâtiment, même le dernier.

### Illustrations

Vues générales :

Vues de détail :



## PRINCIPE CONSTRUCTIF

### Matériaux

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

Plusieurs matériaux de base sont répertoriés par les pays pour la construction des voûtes d'arêtes : la pierre, généralement calcaire, mais selon les disponibilités le Granite, voire les galets, la brique de terre cuite ou de terre crue. Les matériaux nécessaires au remplissage des interstices et de l'extrados ou à la composition des mortiers de hourdage sont : le gravier, le mortier de chaux, le plâtre, des débris de tuiles ou encore des morceaux de pots cassés.

#### Modules, Dimensions, Dosages

Il s'agit d'un procédé constructif semblable à la réalisation de la voûte en berceau : les modules, préalablement préparés, sont assemblés les uns contre les autres en suivant des courbes décrites à l'aide de simples fils directeurs fixés au centre du carré de base et qui permettent de mettre en place des tranches successives des arcs composant les voûtes en berceau à partir des quatre angles. De leur croisement résultent les quatre arêtes démarrant des angles en bas et aboutissant à la clé de la voûte d'arêtes en haut au centre.

### Type de pose

La pose de la voûte se fait le plus souvent avec recours à un coffrage réalisé en bois qui peut être lourd et intégral ou léger et glissant, permettant de procéder par tranches successives et dont la surface extérieure correspond à l'intrados de la voûte. On veillera à bien soutenir le coffrage par des encorbellements au niveau des sommiers ou des poutres transversales, temporairement étayées. Cette plate-forme horizontale peut supporter des cintres en bois ayant la forme et les dimensions des quatre arcs d'angle ou des deux arcs de croisement qui seront enlevés après que la clé de la voûte ait été fixée.

Dans l'espace Méditerranéen, on retrouve 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

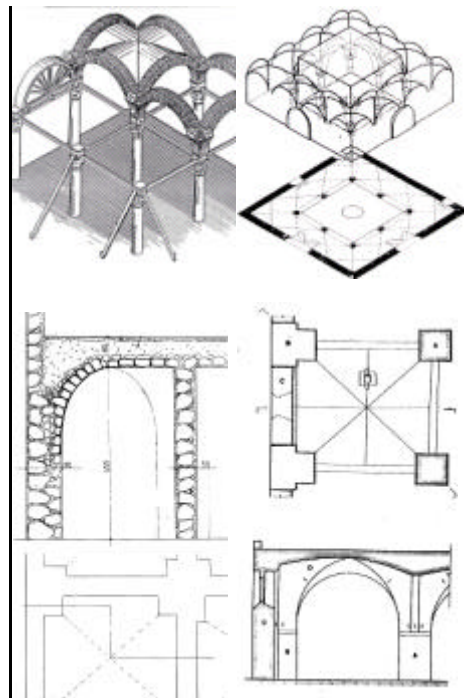
Outre les outils traditionnels du maçon, aucun outil particulier n'a été signalé dans l'ensemble des pays étudiés.

### Métiers

#### Métier, Nombre de personnes nécessaires

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

### Illustrations



Principe constructif : détails



Principe constructif : Type de pose

## PRINCIPE CONSTRUCTIF (Suite)

### Performances

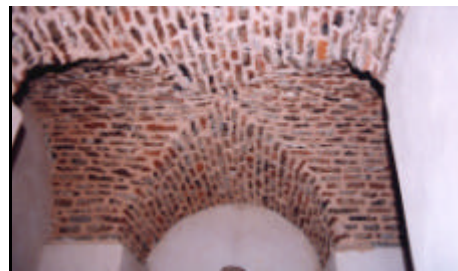
#### Physique (portée...)

La voûte d'arêtes permet de franchir des portées qui s'échelonnent de 1,5 à 7 m pour des épaisseurs qui varient entre 25 et 40 cm. Il est cependant possible d'augmenter la portée en multipliant le nombre de voûtes, en utilisant des grands pilastres ou en augmentant la hauteur de la voûte.

#### 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, 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 couvert d'un enduit. De l'extérieur, la finition des voûtes dépend de leur destination : elle peuvent être laissées à nu, dans le cas des voûtes en pierres de taille ou en briques à l'appareillage soigné, destinées à décorer des tombes ou des madrasa. Elles peuvent être protégées quand la superstructure ne fait pas fonction de couverture, soit en recevant un enduit qui laisse la forme apparente à l'extérieur, soit en remblayant complètement la voûte qui sera ainsi transformée en terrasse plate.

### Pathologie de vieillissement

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

Comme pour les maçonneries de pierres ou de briques, le problème majeur des voûtes est l'infiltration de l'eau par les micro fissures de surface du fait des dilatations aux cycles répétés de chaleur et de froid, les remontées capillaires, la stagnation de l'eau due à un drainage insuffisant à la clef et aux reins. L'eau imbibé et attaque les matériaux, dissout et fragilise les mortiers. 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 :

Aucune pathologie de vieillissement liée spécifiquement à la technique de construction de la voûte n'a été signalée, sauf peut être son poids assez important. Cependant, les poussées latérales peuvent être très fortes sur les murs porteurs jusqu'à causer leur effondrement. Plus la flèche est basse plus les poussées latérales sont fortes, plus la flèche est haute plus les poussées sont faibles, voire nulles. Une méthode particulière de dimensionnement est appliquée en zone sismique et définit un rapport au-delà duquel la voûte risque d'entrer en résonance et de se briser.

## OUVRAGES ASSOCIÉS

### Percements

De manière générale, on ne procède pas de percements dans la voûte croisée à l'exception de certaines régions (palestine et Israël) où des percements réalisés en pierres ont été prévus pour assurer une bonne ventilation de la construction.

### 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



Couverture d'une voûte :



Pathologie de vieillissement



Liaison Ossature – Structure Verticale

## 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, aidé de deux ou quatre manœuvres qui lui tendent les matériaux, est chargé de le monter.
- Réaliser ce plancher nécessite deux phases : celle de la préparation où il faut élaborer les 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 dosé à deux mesures d'agrégats 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 d'arêtes en continuité des murs, par tranches tronconiques. Il s'agit de souder les briques, les unes contre les autres, 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 3 cm) 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.
- Arrêter au préalable des données fixes : le plan (carré ou barlong) et la flèche. Décrire à l'aide de simples fils directeurs, fixés au centre du carré de base toutes les courbes, permettant de mettre en place les tranches successives. Régler la longueur des fils d'après la hauteur disponible.
- Exécuter les tranches sur les quatre côtés de la base dans l'ordre arrêté suivant le sens de rotation. Continuer ainsi de suite les tranches en chevauchant le long des quatre arêtes.
- Une fois la voûte d'arêtes montée, viens ensuite un agglomérat de terre, de débris de briques et de tuiles ainsi que des galets de petits calibres auxquels il faut ajouter une quantité de chaux afin d'absorber toute trace d'humidité. Tasser le remplissage sur une hauteur d'environ 25 à 30 cm par rapport à la clé de voûte, en se servant d'une massue de bois, munie d'un 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.

## 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 (sauf en Tunisie où son usage est contemporain). Elle est toutefois pratiquée dans quelques travaux de restauration, pour certains édifices.

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

En ce qui concerne la modification et la disparition de la technique, le facteur le plus déterminant est sans conteste la mise en œuvre longue et coûteuse. D'autres facteurs entrent en jeu comme la nécessité d'un grand travail de maintenance, l'émergence de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies au moment où on constate l'épuisement des ressources et la régression du savoir-faire relatifs à la technique traditionnelle.

### Evolution / Transformation

---

#### Les matériaux

A l'exception de la Tunisie, la voûte d'arêtes 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.

#### Les aspects techniques

Le plancher en corps creux est la méthode de couverture qui remplace la voûte d'arêtes. Cette dernière est maçonnée en continuité des murs porteurs contrairement aux nouveaux planchers où les poutrelles en béton armé ne sont pas encastées 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 d'arêtes traditionnelles en pierres ou en briques.
- 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