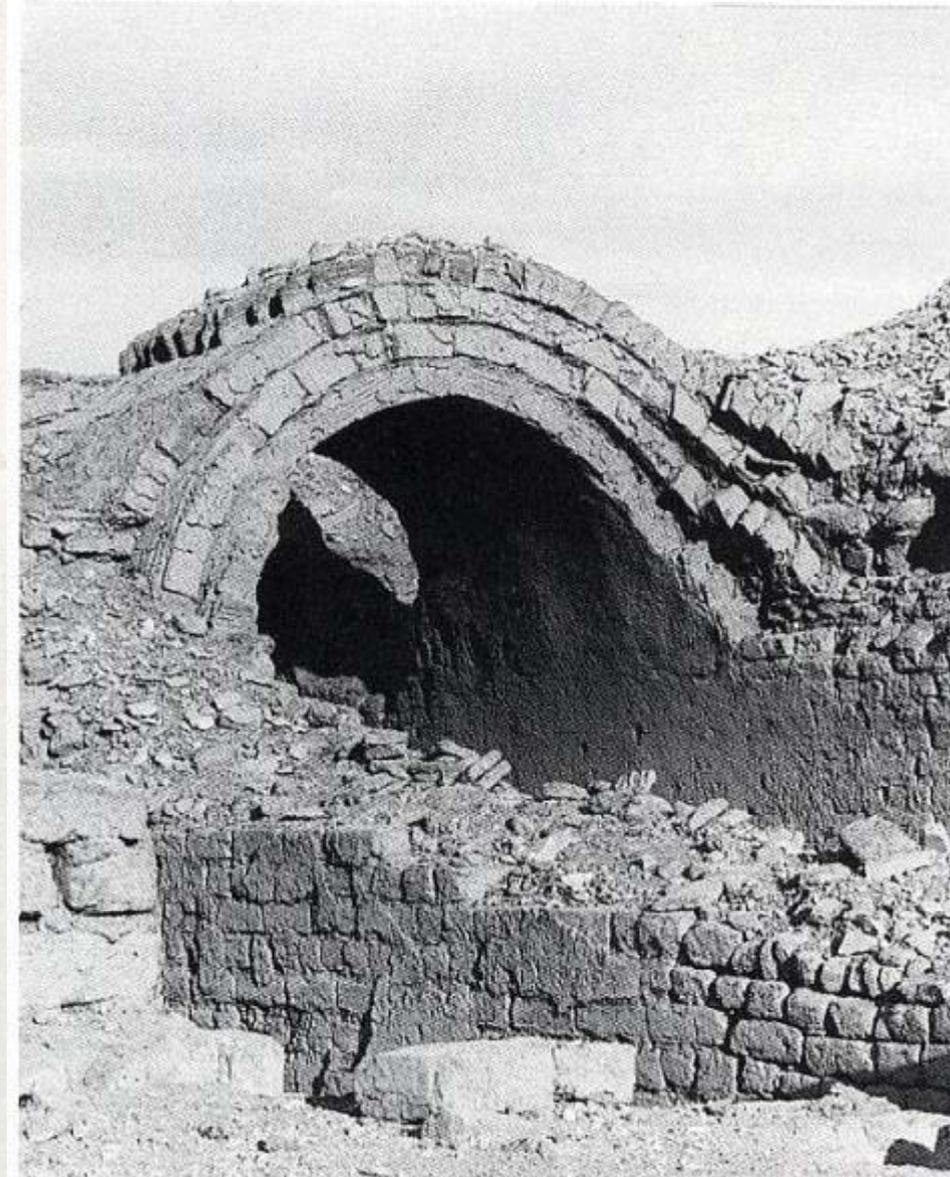


Procédés généraux de construction

Construction en brique

Dans toute la méditerranéen la construction en brique principalement pour les habitations et les fortification continue à se développer . C'est la base de la construction



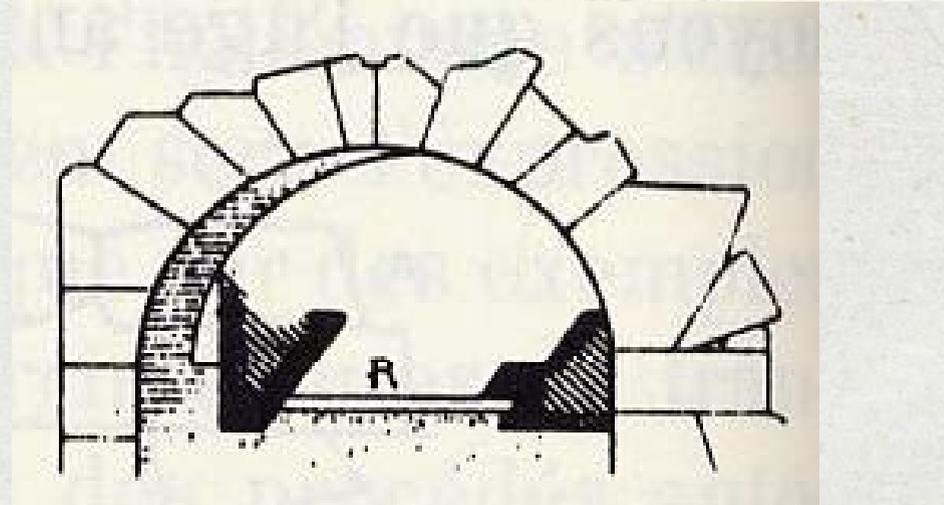
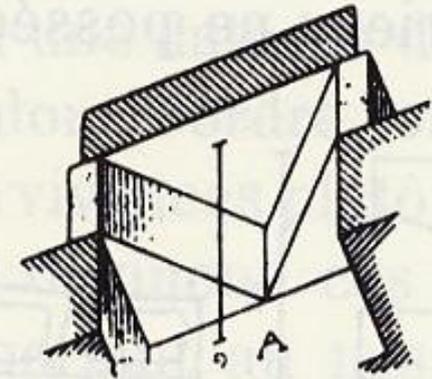
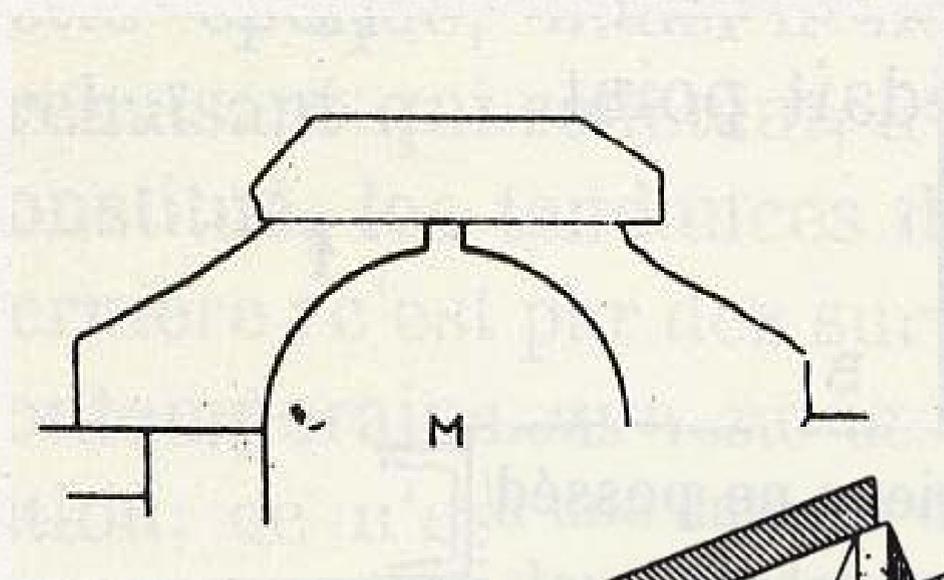
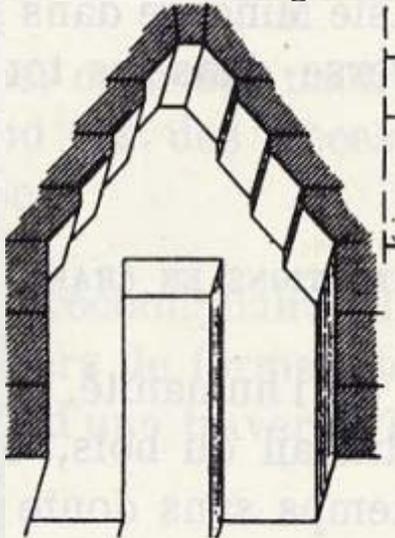
Procédés généraux de construction

Voûtes et encorbellement les grande étapes

Alors que mycène ne connaît que l'encorbellement, la période lydienne développe la voûte en complément de l'encorbellement.

Voûte par **assises équilibrées**

Apparition de la véritable **voûte à poussée** utilisant d'abord des éléments irrégulier de construction



Procédés généraux de construction

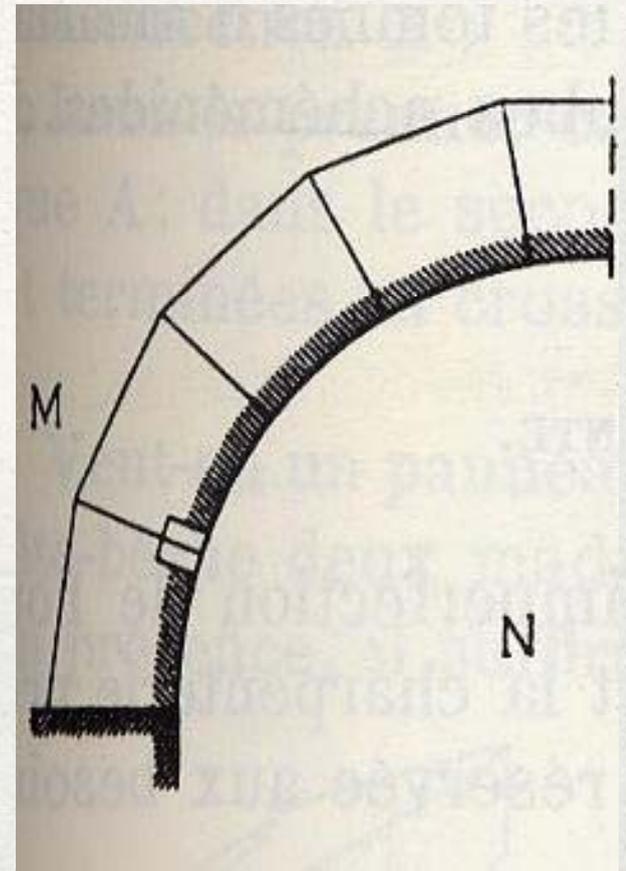
Voûtes et encorbellement les grande étapes

Il semblerait que dans un premier temps le profil soit suffisamment **surhaussé** pour que la construction puisse avoir eu lieu sans **cintre**

Puis apparition de charpente complémentaire de **coffrage**
Les étrusques qui possèdent beaucoup de bois préfèrent le cintre à la complication de l'encorbellement

*

et ce qui paraissait plus aisé pour un culture devient plus compliqué lorsque les techniques évoluent



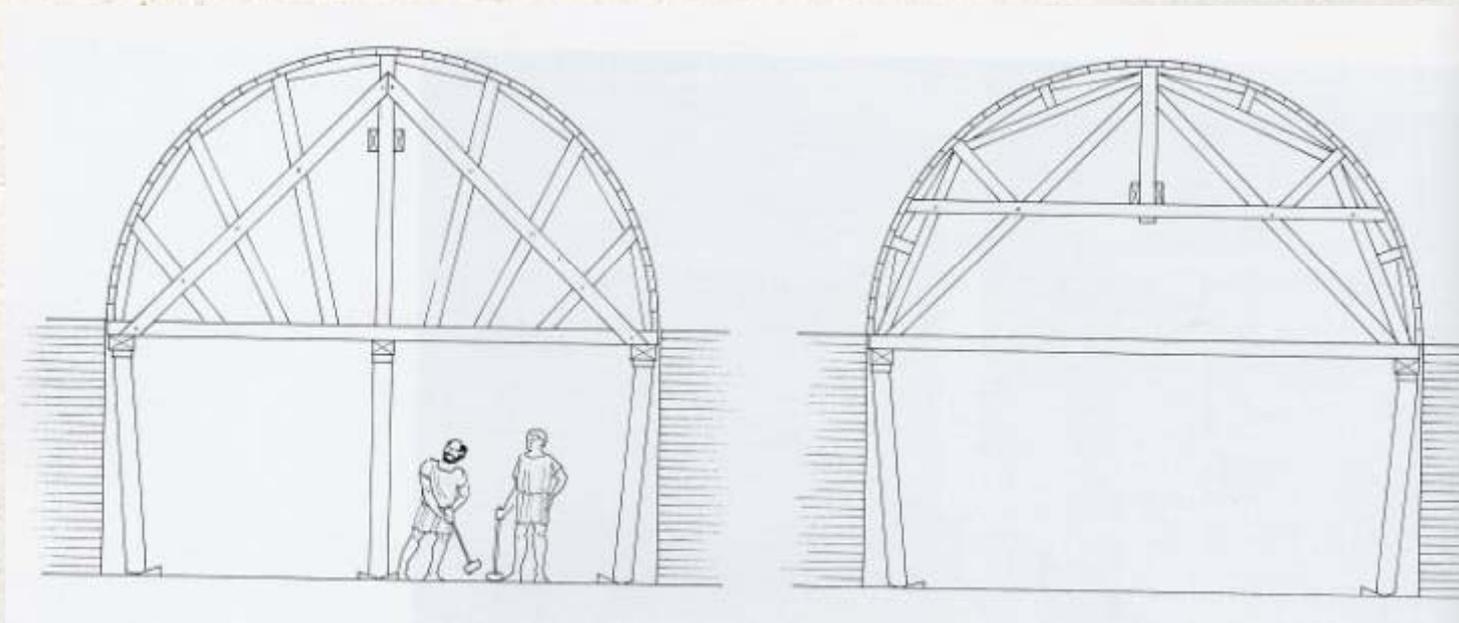
Procédés généraux de construction

PRINCIPE GENERAL

LA VOUTE

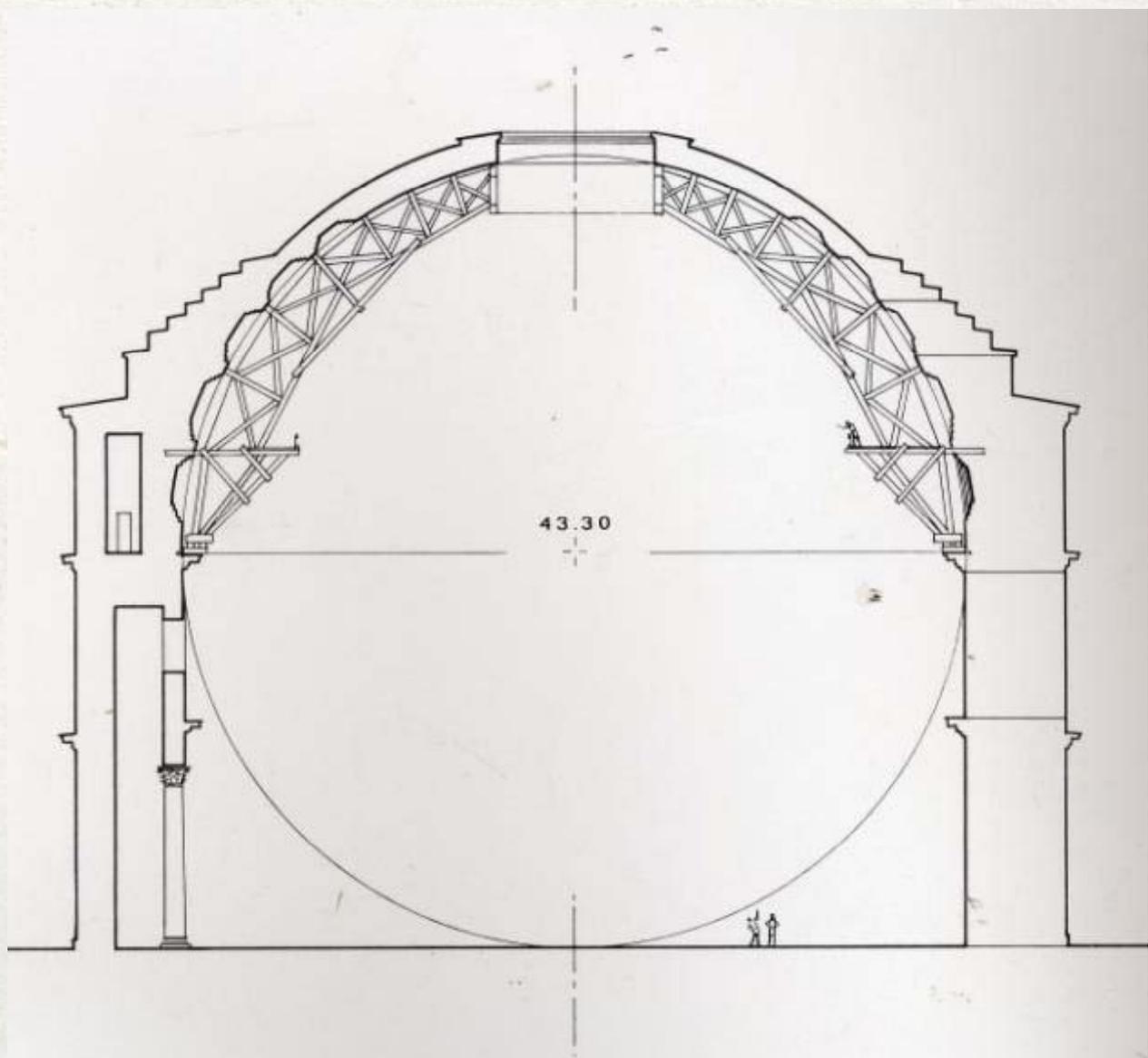
Procédés généraux de construction

VOÛTES EN BOIS



Procédés généraux de construction

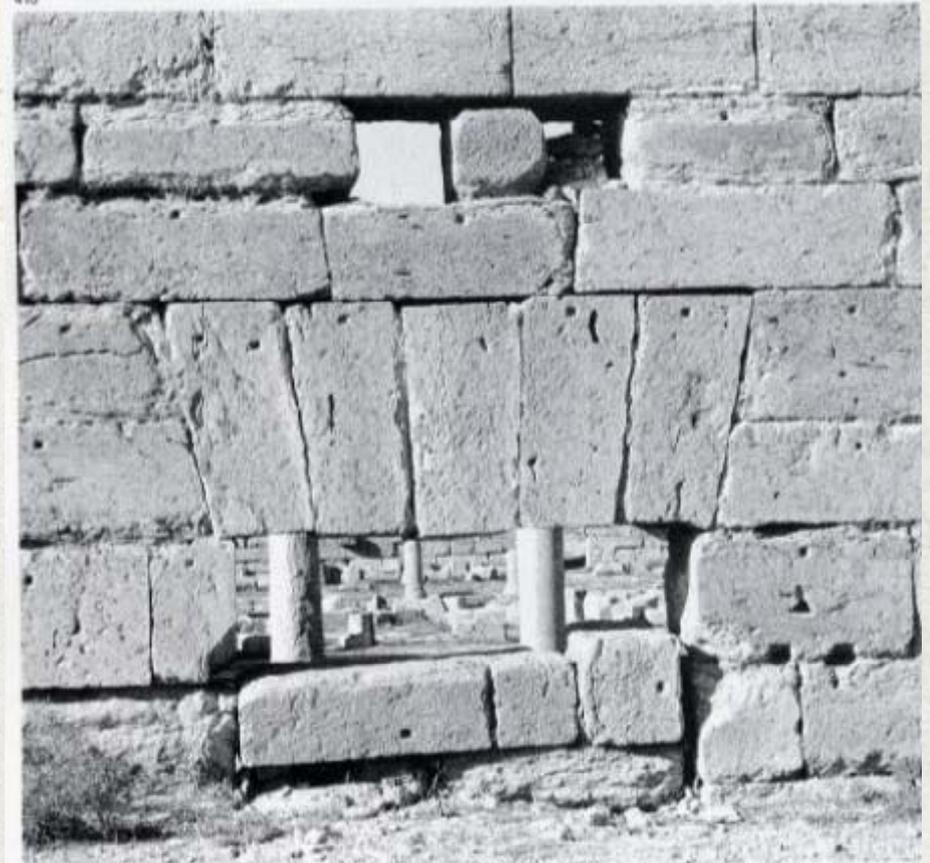
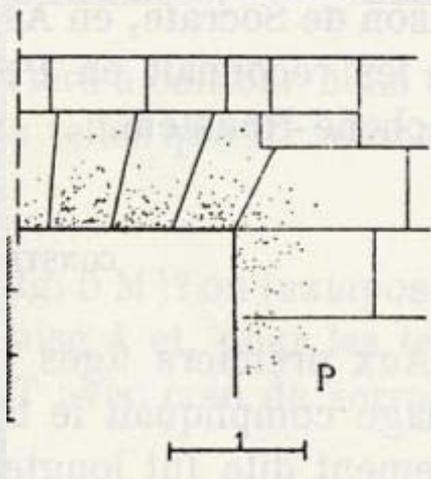
VOÛTES EN BOIS



Procédés généraux de construction

Voûtes et encorbellement les grande étapes

dernière étape : **la plate bande clavée** / passage et variation sur le profil de la voûte . Époque de recherche qui conduit à la platebande clavée : *voûte entièrement plate*



OCABULAIRE

Généralités

L'appareil est la disposition apparente des matériaux employés dans la façade d'un édifice.

Appareil réglé

Les dimensions des pierres sont standardisées pour toute la façade. L'appareil peut être réglé en hauteur (on dit alors qu'il est assisé), il peut l'être également en longueur ou bien les deux à la fois.

Appareil irrégulier

Il est constitué d'éléments de grosseurs et de formes variables.

Appareil mixte

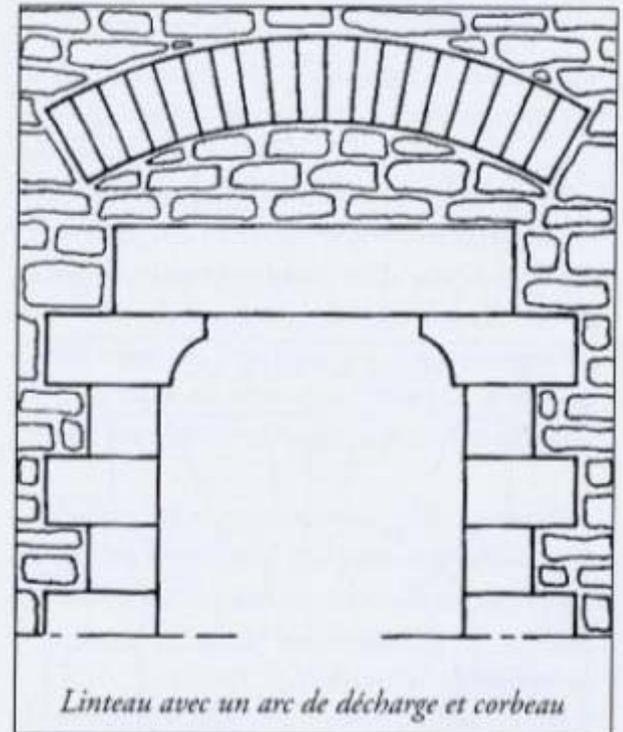
Il est formé de matériaux de natures différentes et ou de dimensions différentes (ex. : pierre de construction et briques).

Suivant les dimensions des pierres utilisées on distingue, le grand appareil (hauteur des pierres supérieure à 40 cm), le moyen appareil (hauteur des pierres comprise entre 20 et 40 cm) et le petit appareil (hauteur inférieure à 20 cm).

Les linteaux et les plates-bandes

Le linteau

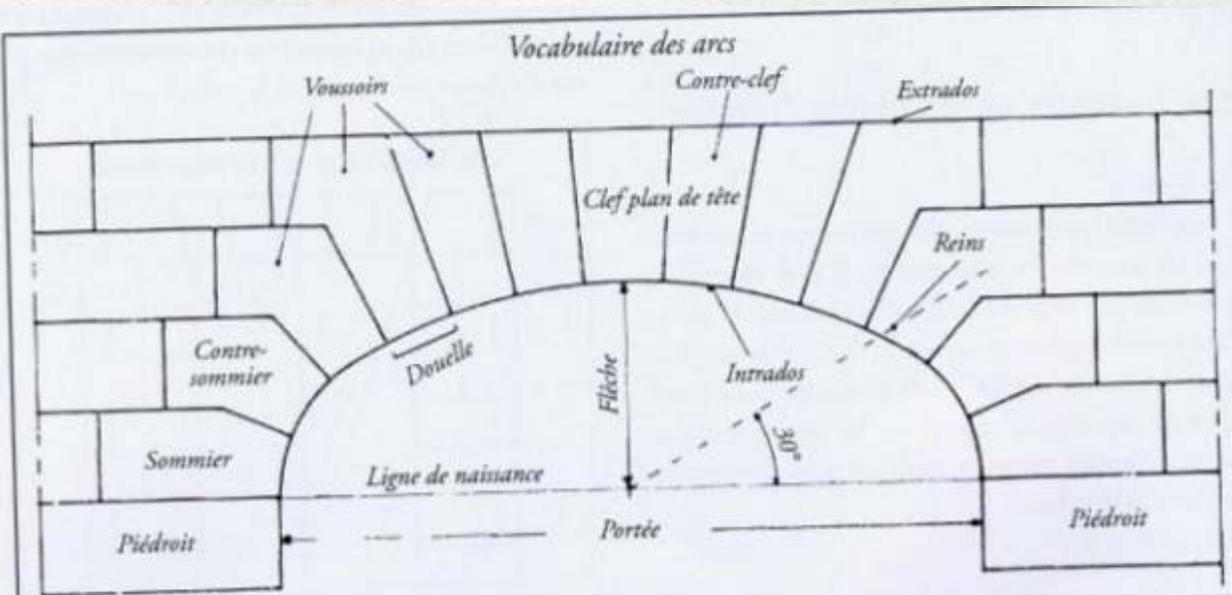
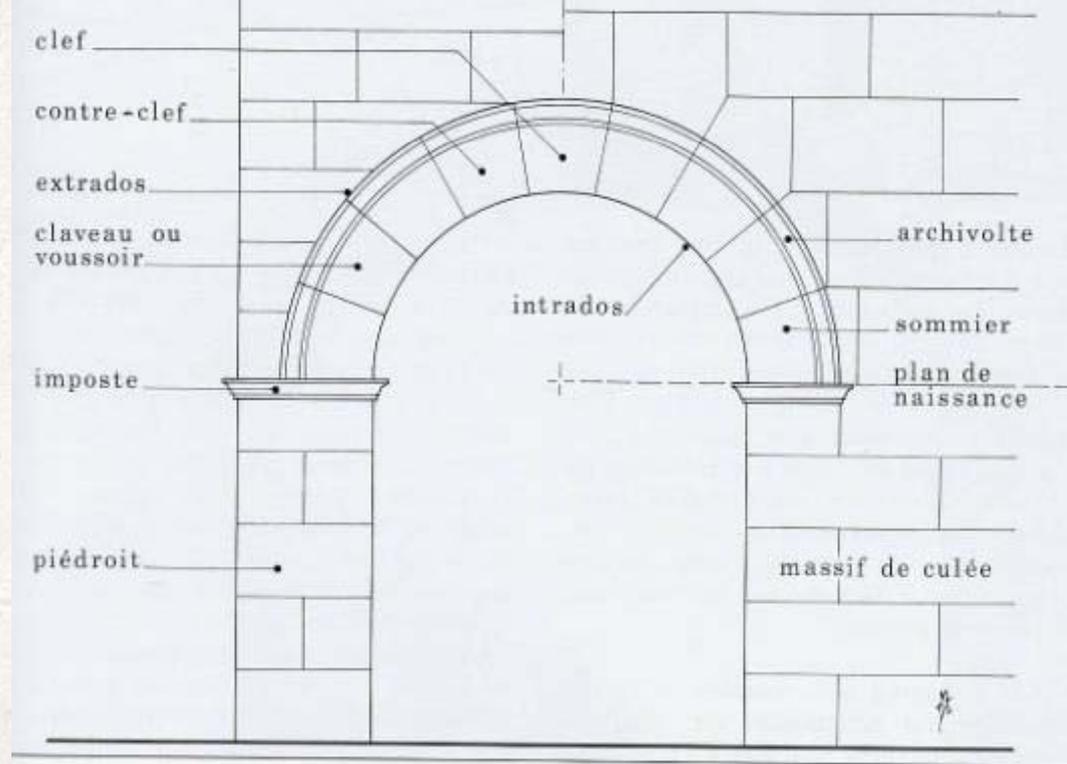
C'est un élément monolithe qui recouvre une baie afin de soutenir la maçonnerie. Il doit être taillé dans une pierre possédant suffisamment de résistance pour supporter la charge. Toutefois on peut le soulager, soit par un arc de décharge qui a pour effet de reporter la charge sur les côtés, soit par deux corbeaux posés en tableaux qui diminuent la portée de la baie.



Les arcs

On appelle arcs tout assemblage de pierres destiné à couvrir une baie au moyen d'une courbe. La forme de l'arc détermine bien souvent l'époque architecturale de la baie.

En principe l'arc est divisé en un nombre impair de voussoirs. Les douelles sont de grandeur égale et proportionnées à l'arc. Les joints rayonnent par rapport aux points de centre de la courbe.

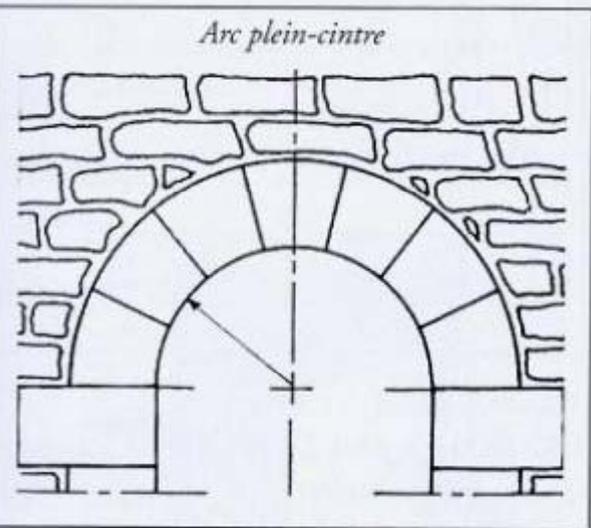


Procédés
généraux de
construction
- VOCABULAIRE

VOCABULAIRE

L'arc plein-cintre

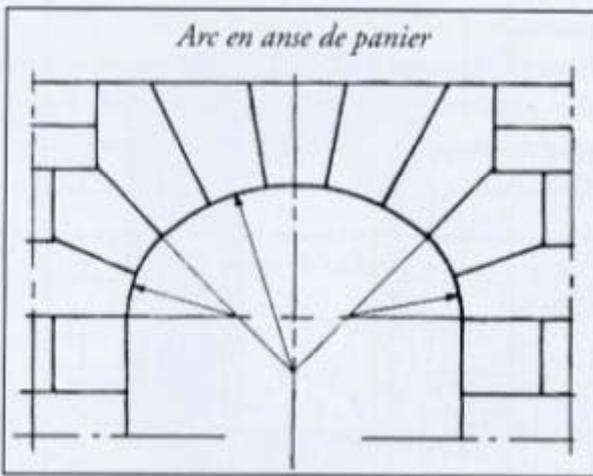
Il décrit une courbe en demi-cercle, la flèche est égale à la moitié de la portée. Le centre se trouve à l'intersection de l'axe et de la ligne de naissance, d'où rayonnent les joints des voussoirs. C'est le plus simple de tous les arcs par sa forme régulière, il est possible de le construire d'une série de voussoirs identiques.



• *L'arc en anse de panier*

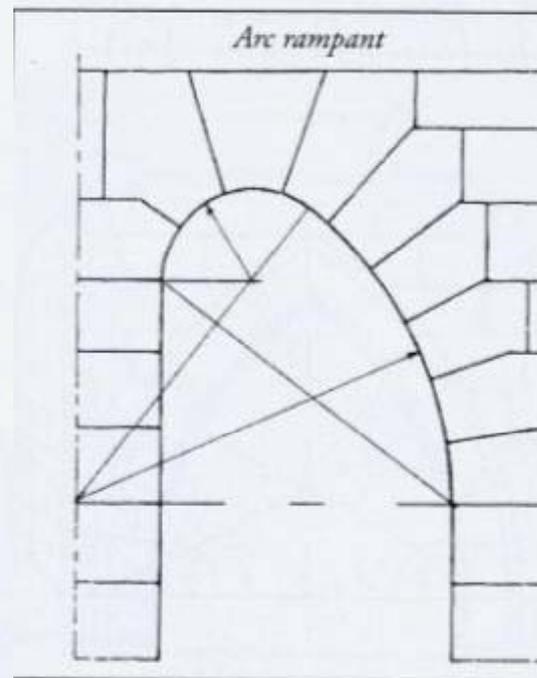
Il décrit une courbe à plusieurs centres, formée d'arcs de cercle se raccordant parfaitement entre eux et avec les piédroits.

Le nombre des arcs de cercles peut être de 3, 5, 7, 9 ou plus, cela varie en fonction de la flèche et de la portée.



L'arc rampant

Employé pour remplacer les murs d'échiffre sur les escaliers, pour supporter une galerie rampante. L'arc rampant est une courbe dont la ligne de naissance se nomme ligne de rampe et se trouve inclinée au lieu d'être horizontale. L'arc rampant est tangent aux deux verticales des jambages.

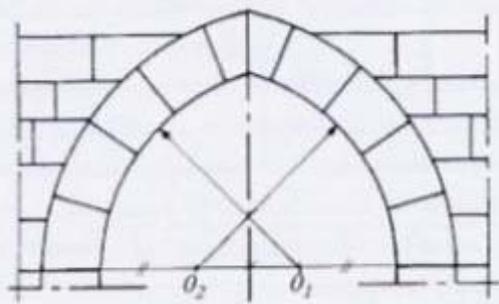


Arc en ogive

L'ogive est formée de deux arcs égaux qui se coupent au sommet suivant un angle quelconque. Suivant l'emplacement des points de centre sur la ligne de naissance on distingue différentes sortes d'ogive ; si les points de centre se trouvent à l'extérieur des naissances l'ogive est dite en lancette.

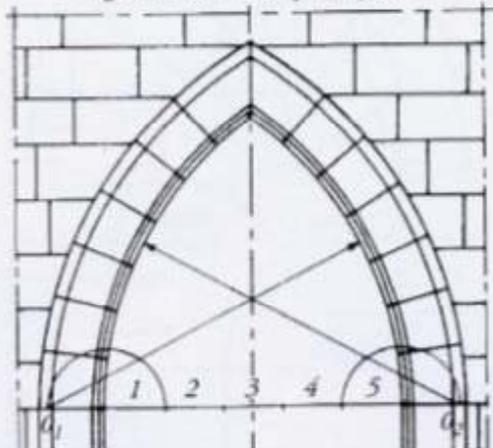
L'ogive caractérise surtout l'architecture ogivale dite gothique qui prit naissance en Île-de-France et se développa en Europe occidentale du XII^e au XVI^e siècle.

Arcs en ogive



Ogive en tiers point

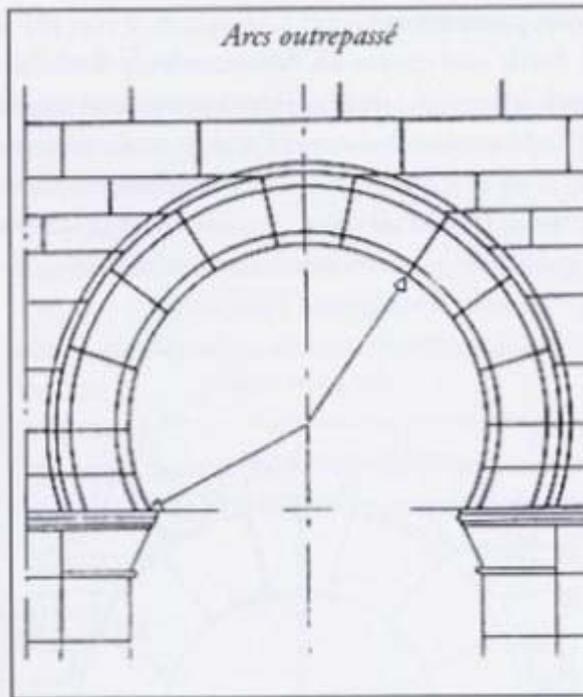
Ogive en lancette en quinte point



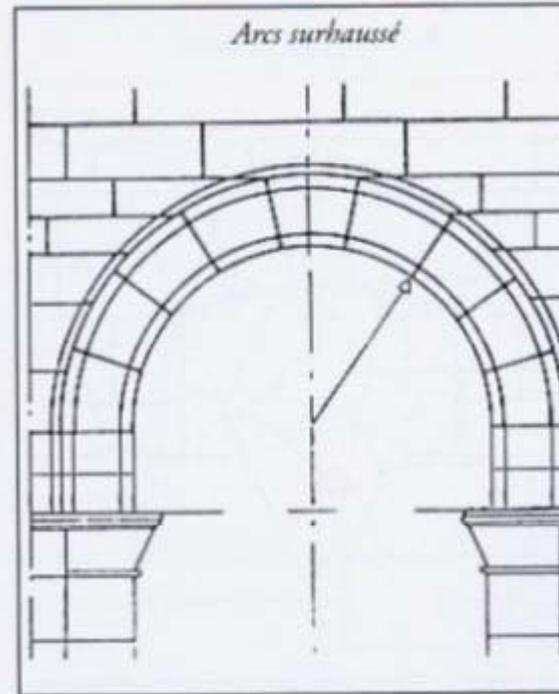
L'arc plein-cintre surbaissé

Le centre du plein-cintre est au-dessus de la ligne de naissance.

Arcs outrepassé



Arcs surbaissé

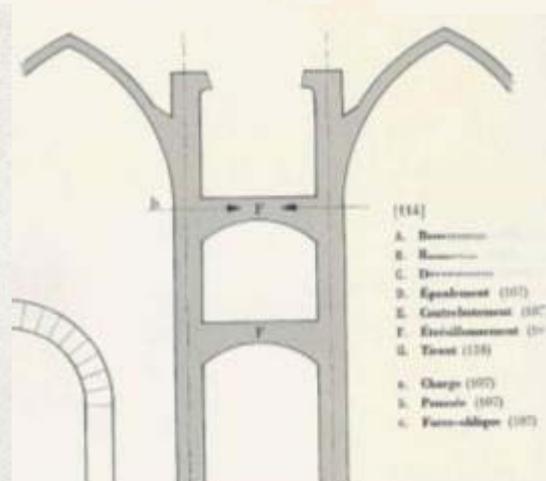
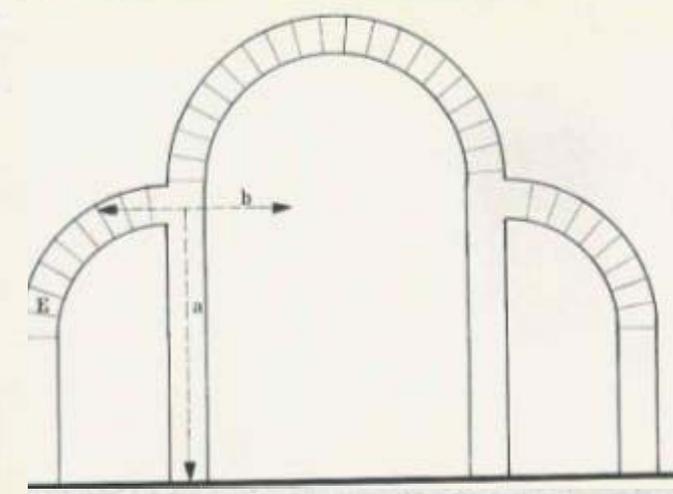
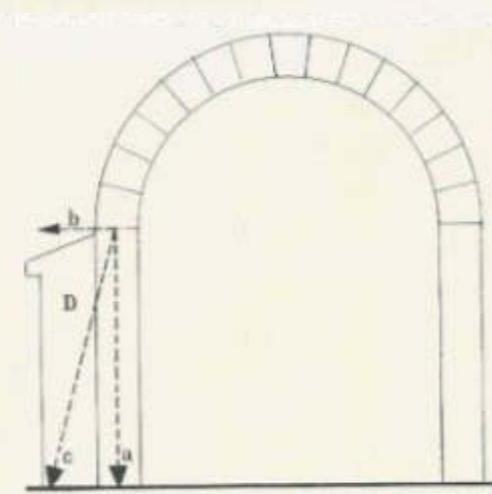
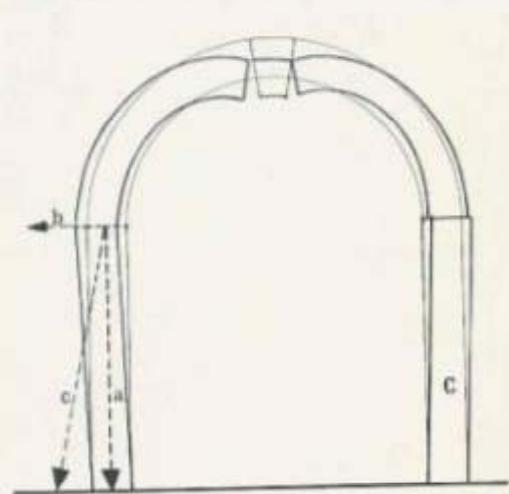
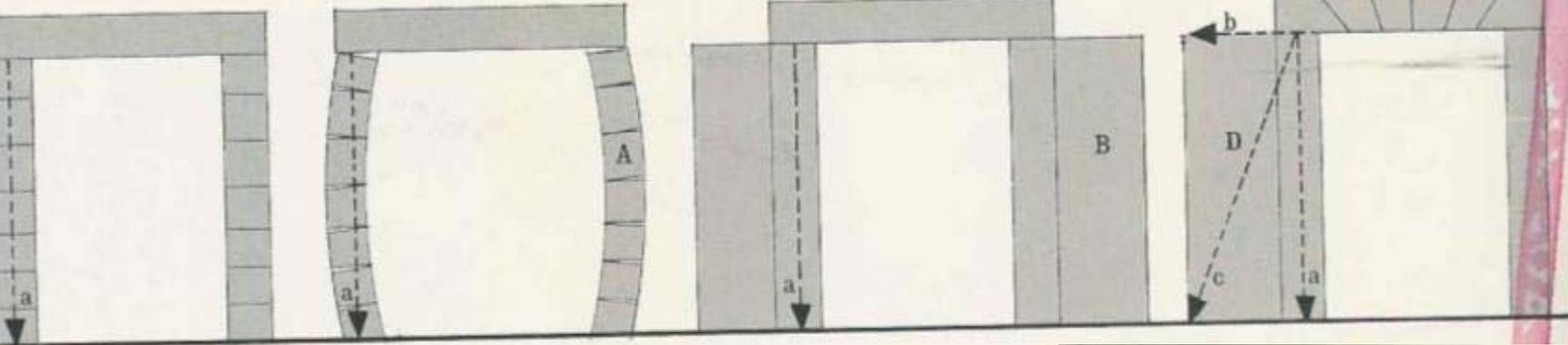


L'arc outrepassé

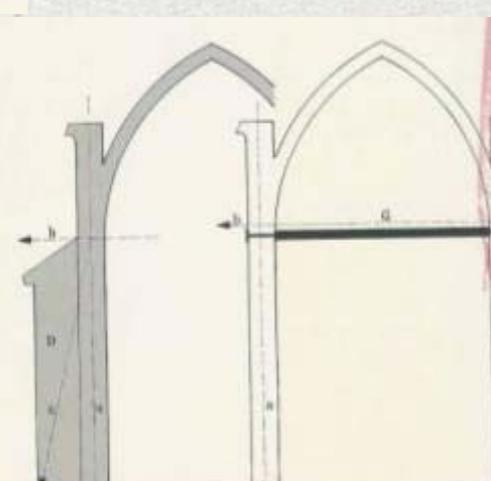
L'arc de cercle dont il est formé est plus grand qu'une demi-circonférence ; le point de centre se situe au-dessus de la ligne de naissance.

Procédés généraux de

construction - VOCABULAIRE



- (114)
- A. Doucime
 - B. Doucime
 - C. Doucime
 - D. Equilibrant (107)
 - E. Contre-fort (107)
 - F. Enroulement (107)
 - G. Tiroir (107)
- a. Charge (107)
 - b. Fosse (107)
 - c. Fosse-oblique (107)





*LA VOUTE
ROMAINE*



A VOÛTE ROMAINE

Origine de la voûte romaine

Étrusque , Égypte et grec

les Romains avaient l'habitude de prendre les techniques aux peuples qu'ils conquéraient .

Ceci porterait à croire que les Étrusques sont à l'origine de la voûte. Or les romains eux-mêmes se donnaient les Grecs comme référence dans ce domaine.

C'est ce que dit Sénèque qui fait des Grecs les inventeurs de la voûte clavée. La technique de voûtement des Grecs a devancé celle des Romains. C'est donc dans les colonies de la grande grece et de la Sicile que l'on doit rechercher des modèles.

Les premières voûtes datent de la fin du IIIe siècle avant Jésus-Christ de largeur de l'ordre de 3 m. Les premières voûtes sont composées de claveaux qui sont directement pris dans l'appareillage. Assez rapidement pour voir leur rôle important joué par la clé: décoration pièce maîtresse (cf photo)

En fait de, on peut estimer que la technique de clavage est arrivée dans l'Italie à la fois des Grecs et des étrusques .



A VOÛTE ROMAINE

Développement de la voûte romaine

Mais ce sont réellement les romains qui ont adoptés cette technique et l'ont généralisé à tous les franchissements à partir de la seconde moitié du 2eme siècle : porte , linteau mais aussi tous les ouvrages de génie civil : canalisation (égout) , pont ,aqueduc...

Développement de la voûte maçonnée

Quelques exemples:

- 200 a jc porte à Pompéi : 4,2m
- 120 arc de triomphe
- 109 Pont à Rome 17,5m
- 80 Cloaca maxima
- 70 amphithéâtre de Pompéi
- 62 pont en grand appareil en tuf et travertin de 24,5m de portée sur le Tibre

Evolution statique de la voûte



A VOÛTE ROMAINE

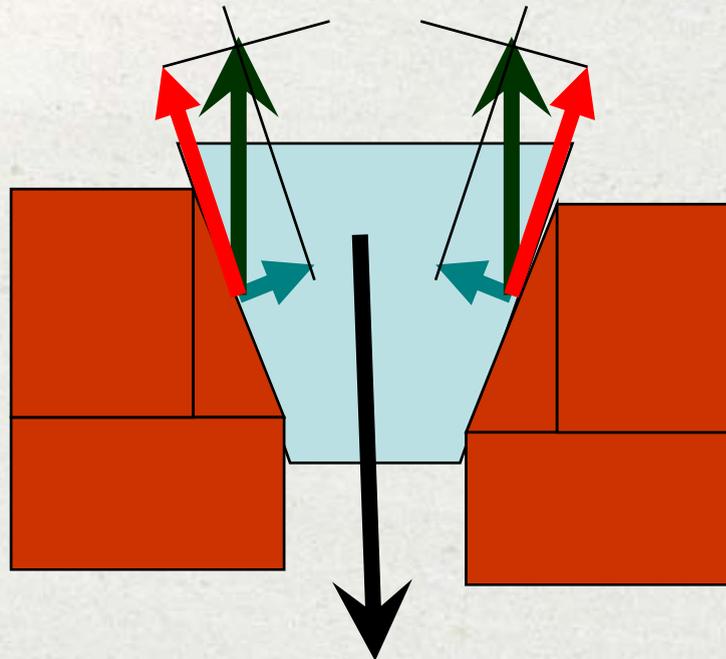
A l'étape **d'encorbellement** le basculement et donc le poids est l'ennemi de la stabilité de montage.

Pour la **voûte clavée** le poids est l'élément de stabilité .

C'est la pesanteur et le frottement qui assure la solidarisation des **claveaux**

Au départ chaque claveau à une forme de *coin* .

Soumis à la chute chaque claveau à tendance à écarter les deux claveaux suivants pour poursuivre sa chute. Il exerce donc une poussée horizontale. L'ensemble des forces horizontales est collectée sur **le massif de culée** .





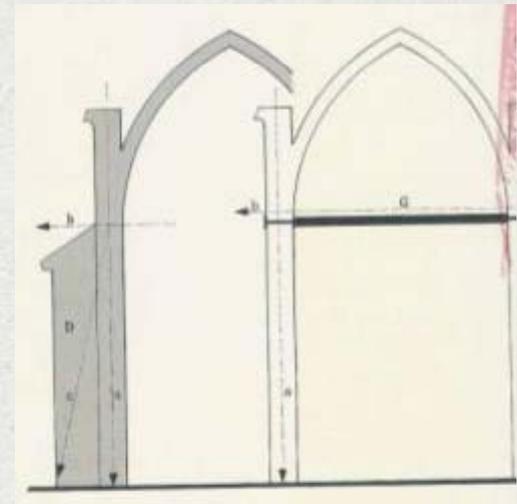
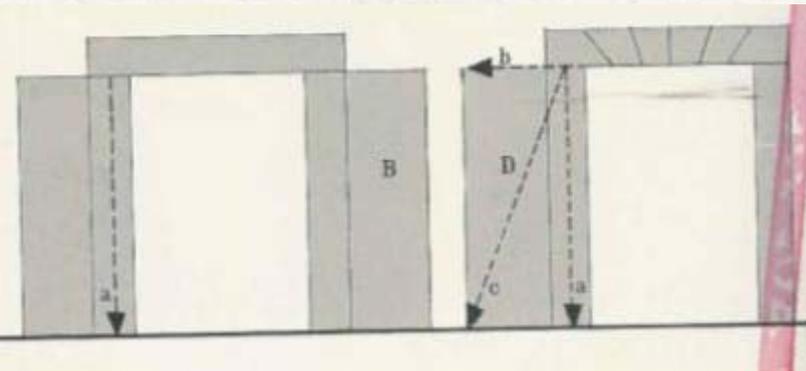
A VOÛTE
ROMAINE

Méconnaissance du massif de culée.

Le massif de culée est pendant longtemps assez mal maîtrisé .

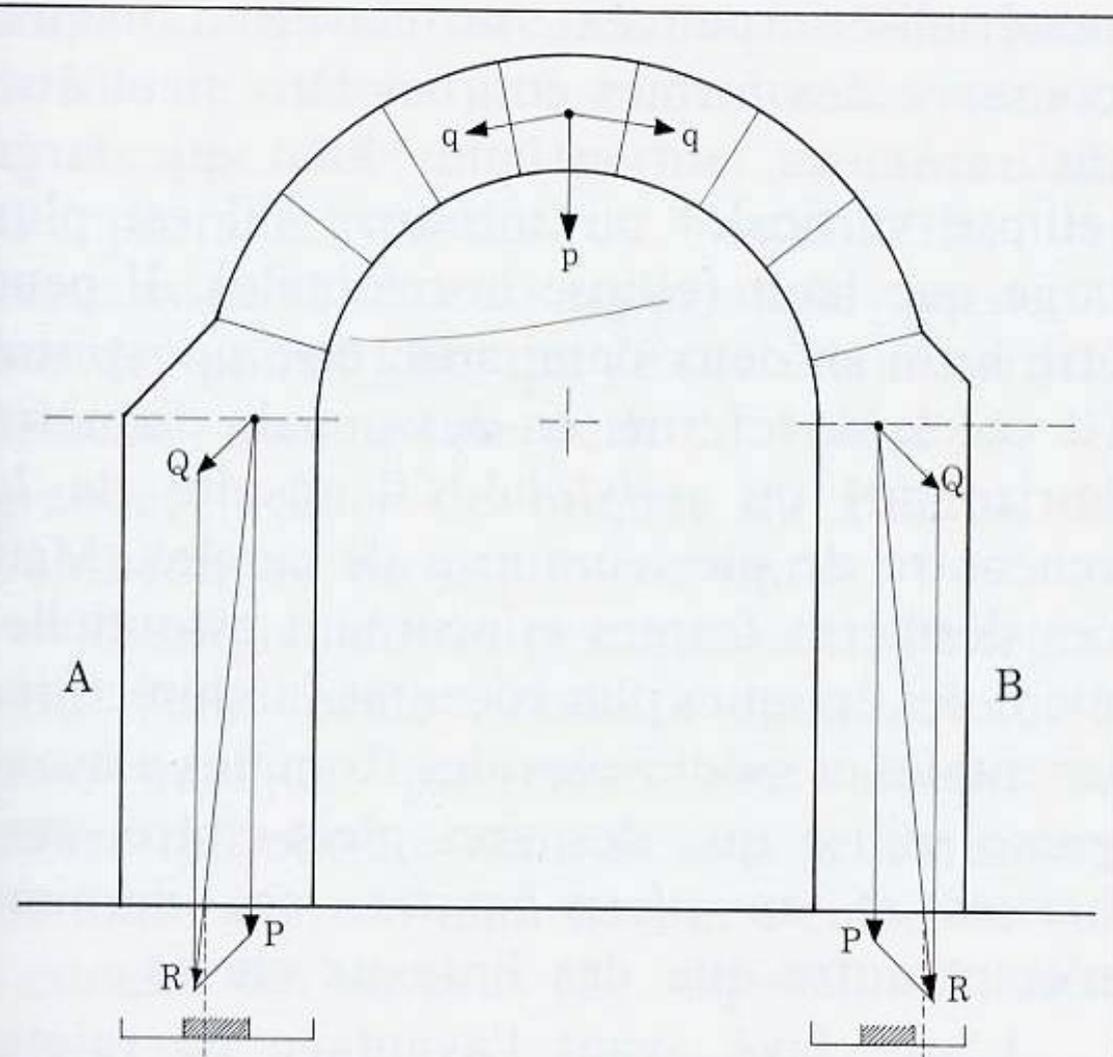
Les premières voûtes sont toujours dans des remparts ou des murs ou les masses de stabilisation sont relativement importantes sans dimensionnement .appui sur le sol des ponts

Ce sont les architectes gothiques qui maîtriseront les massifs de culée leur permettant de prendre certaine liberté par rapport au système . (évolution supplémentaire dont l'origine est à déterminer)





Principe de transfert des charges des claveaux au sol

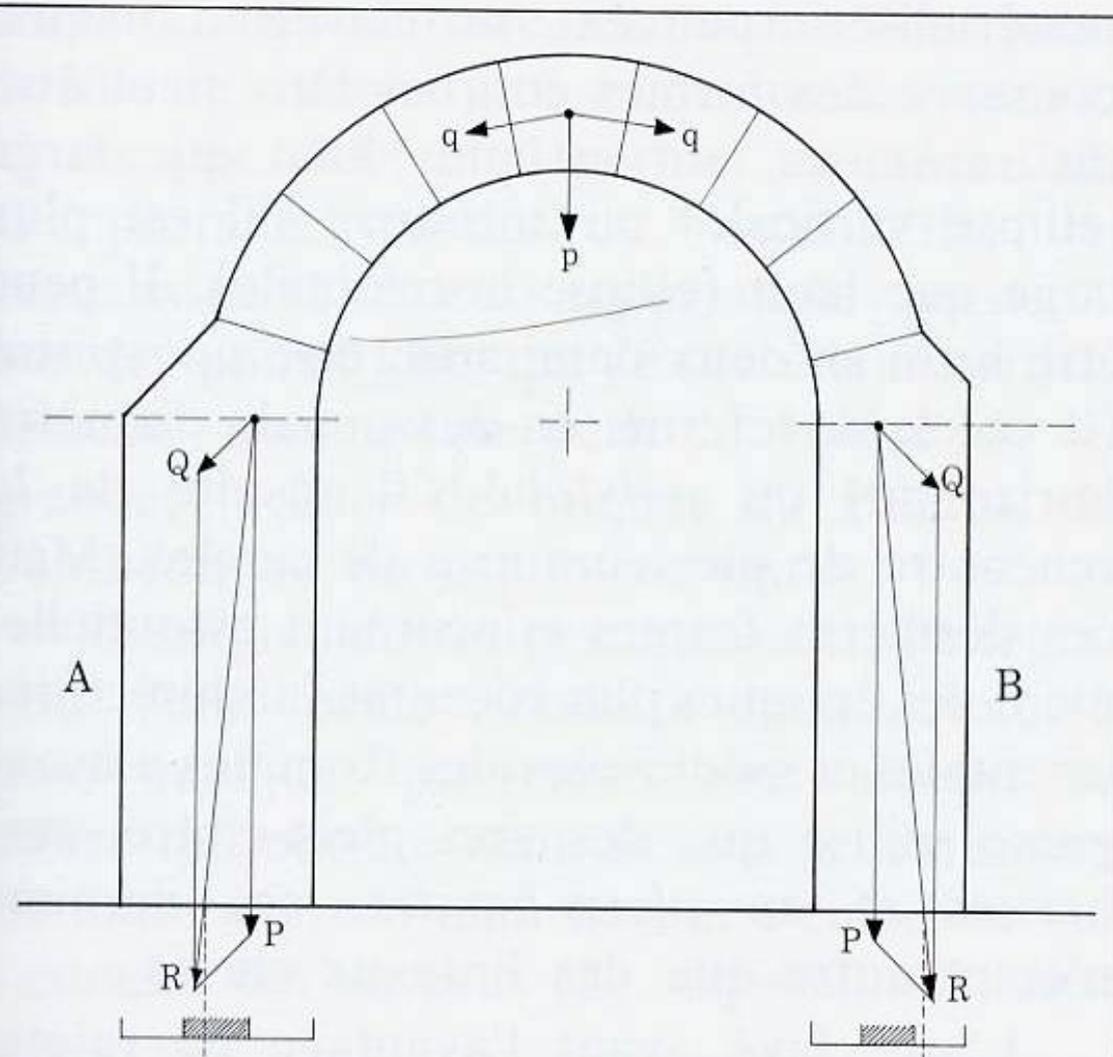


Équilibre sur le massif de culée

1. Au niveau de ses appuis , l'arc engendre une poussé Q
2. Le massif de culée représente une force P
3. La résultante de $P+Q$ est R
4. Pour que le massif soit en équilibre , il faut que R se situe dans le tiers central (cf explication de la résultante dans le tiers central)

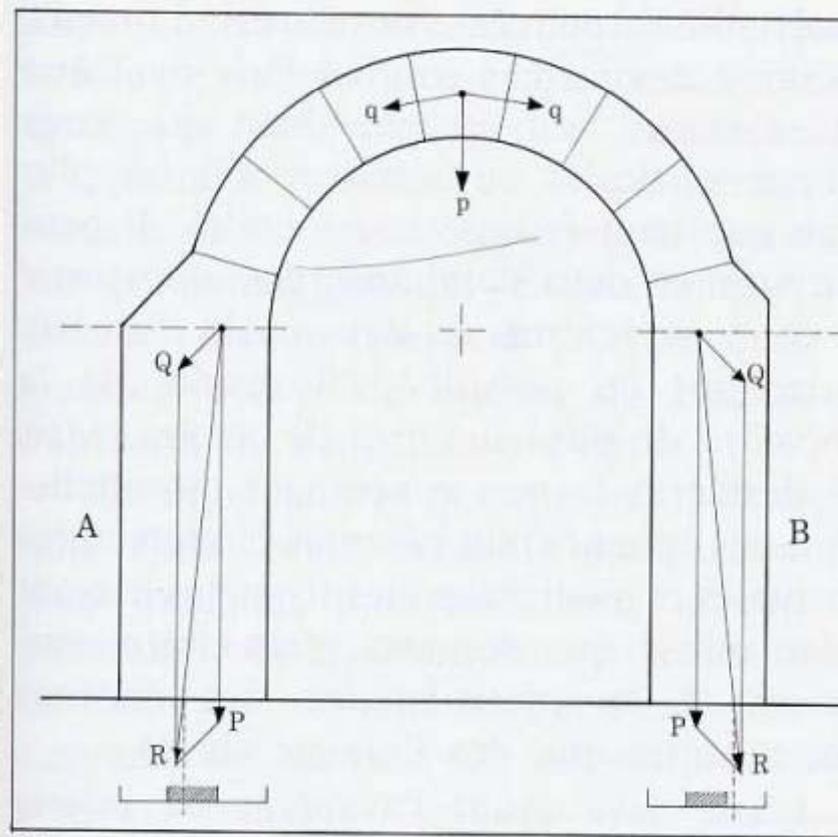
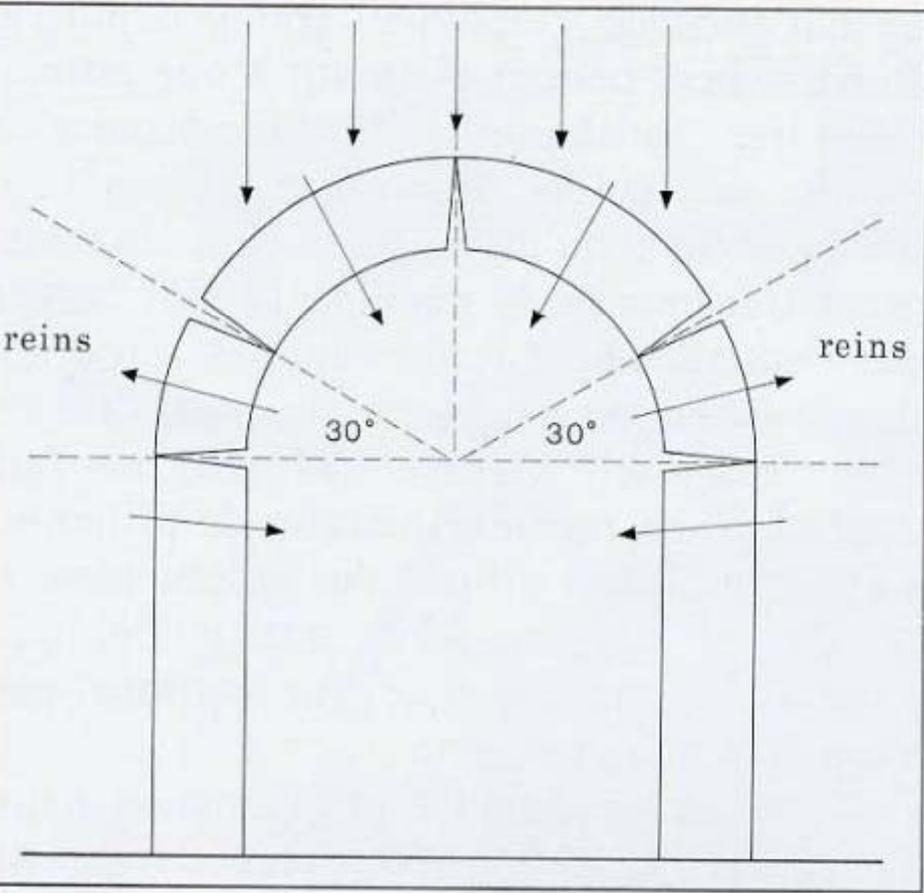


Principe de transfert des charges des claveaux au sol



Équilibre d'un voussoir

1. Coincé sur les 2 voussoir voisins
force P est bloquée par la réaction
des 2 voussoirs voisins
Perpendiculairement au plan de
joint. Donc P peut être ramené à C
2. Hors coefficient de frottement
3. Prise en compte
4. Appareillage évolué augmentant le
coefficient de frottement





A VOÛTE ROMAINE

La voûte: élément déterminant de l'architecture romaine.

L'apparition du report de charges est décisive.

Le mur est toujours monolithe mais percé .

Création de lumière , porte , franchissement .

Le développement par les romains réside dans le gain de place et de matériau par rapport au franchissement en encorbellement . Voûte plus aplatie

A partir de ce choix , les principes de multiplication à l'infini du principe initial va permettre de créer une multitude de combinaison qui sera une des caractéristiques de l'architecture romaine qui va investir la voûte .

La voûte sera d'abord clavée puis (à l'image du mur) concrète

Evolution statique

Quel sont les éléments de calcul que possédait les romains ?

A la renaissance les voûtes étaient calculées par procédés graphique (statique graphique)



*A VOUTE
ROMAINE*



A VOUTE ROMAINE

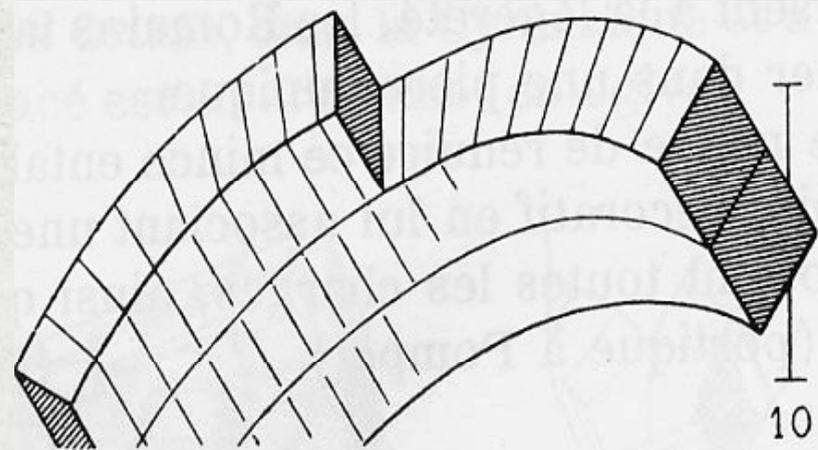
Construction en cintre

Cintre le cintre est constitué d'au moins 2 demi cylindres qui reposent sur le mur ou directement sur le sol par l'intermédiaire de poteaux. Souvent les romains ménagent une saillie pour appuyer les cintres en partie supérieure des poteaux ou massifs de culée;

Exemple PONT DU GARD ou les arceaux temple de dianes à nimes

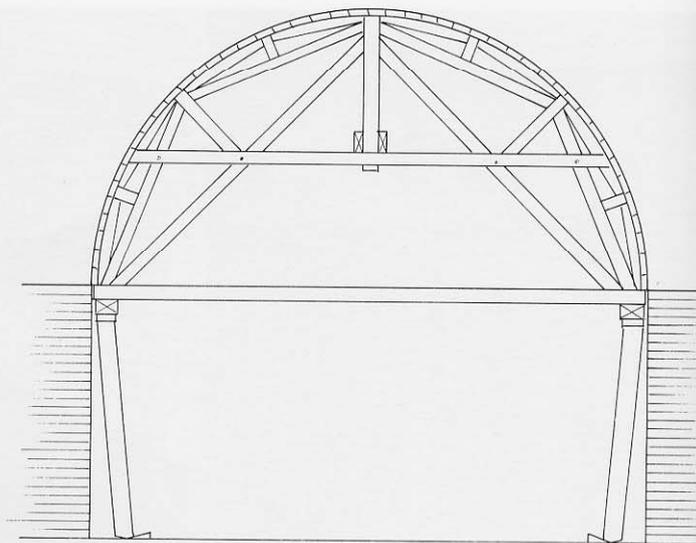
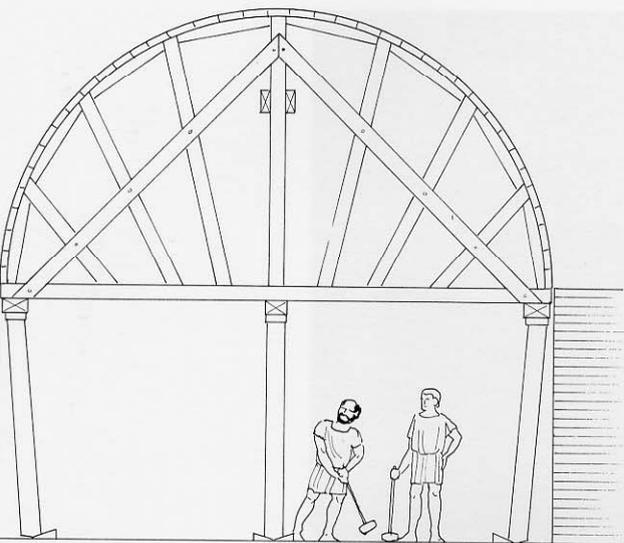
Montage par tranches parallèles

Un seul cintre déplacé permettant l'épaisseur de la voute . On ne possède aucune image de ces cintres romains (simple déduction)



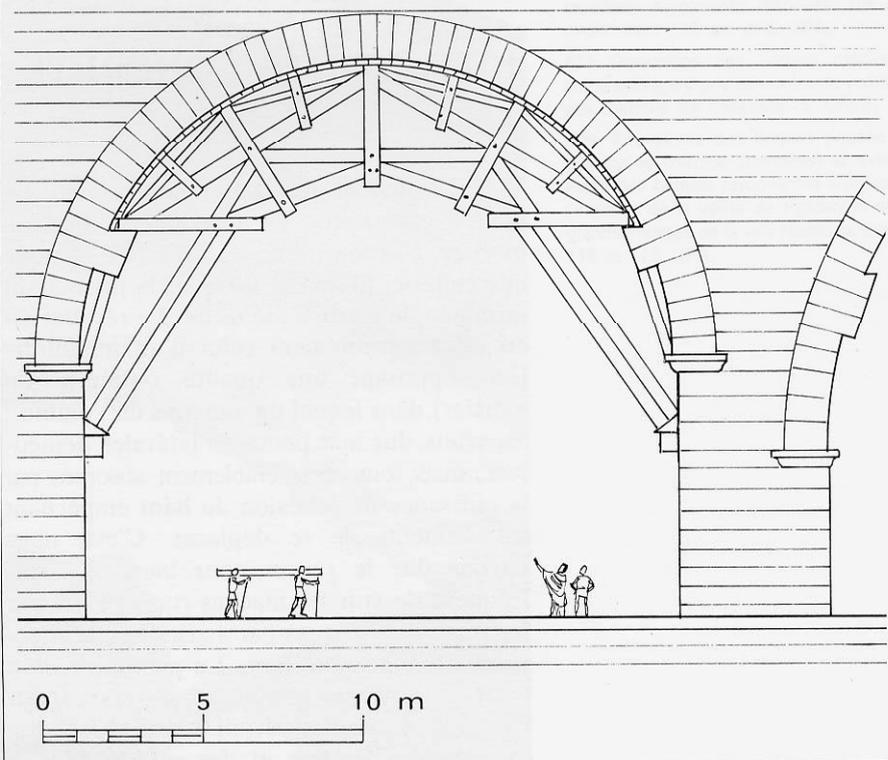
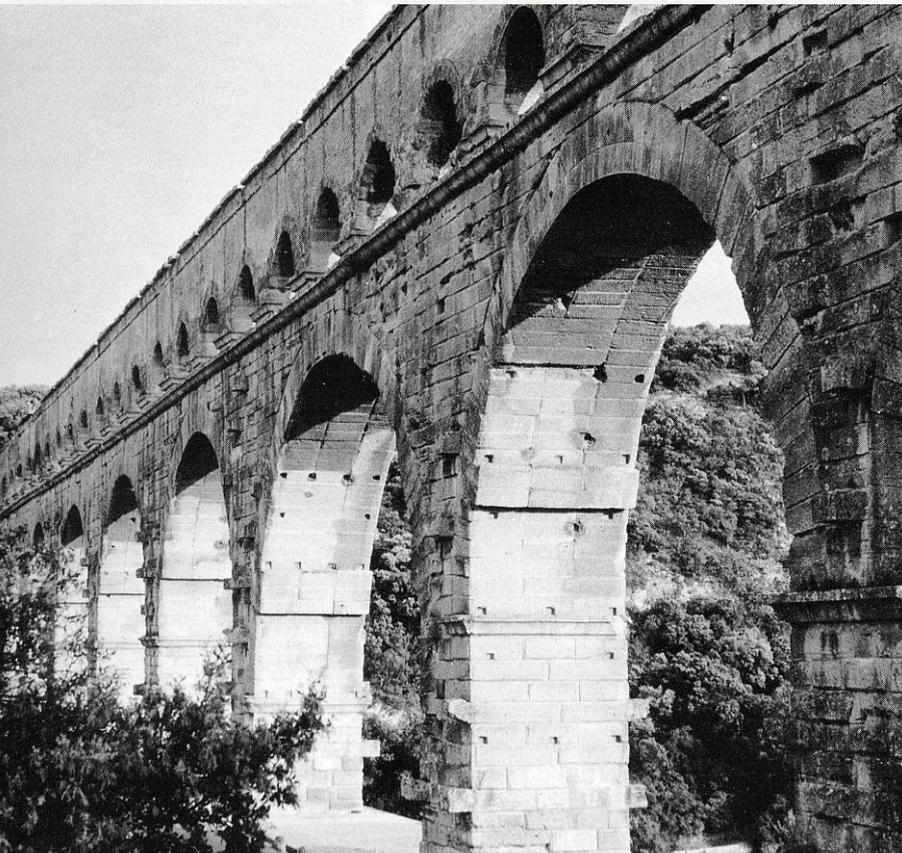


**LA VOUTE
ROMAINE**
*ENTRES et
appuis*





*LA VOUTE
ROMAINE
INTERRES*





A VOÛTE ROMAINE

La voûte : séquence de mutation évolution technique

Les romains vont tout faire pour minimiser la présence et la construction du cintre: pièce de bois perdue par nature (incompréhensible dans la logique romaine)

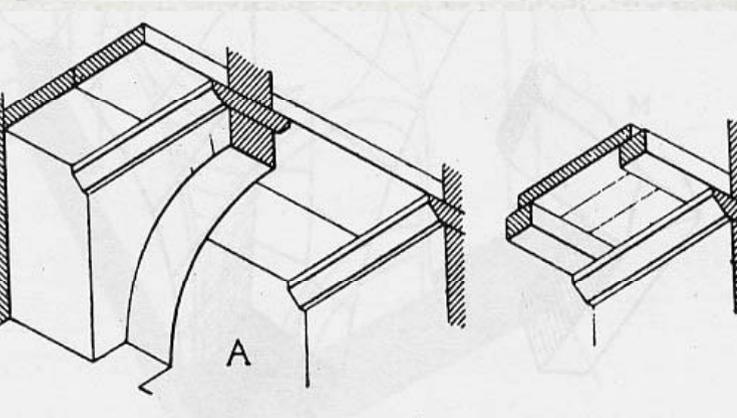
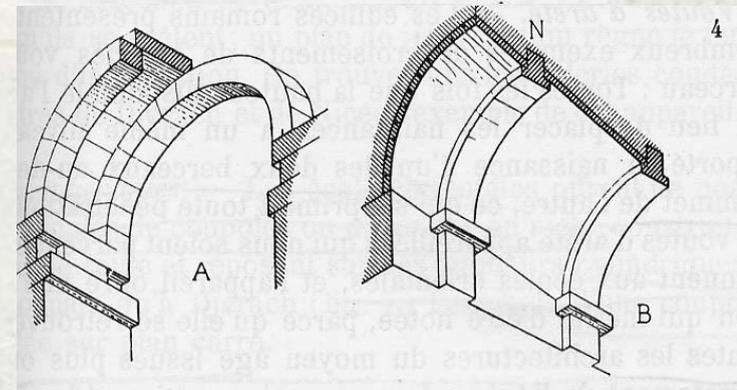
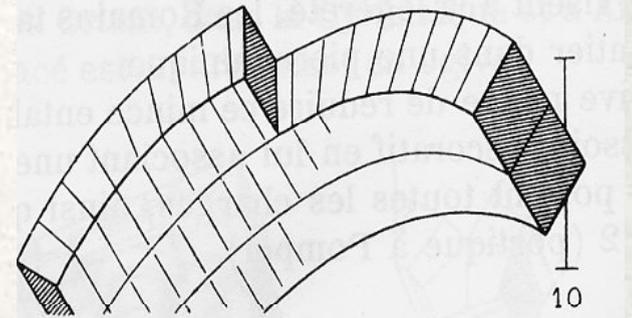
Quelques étapes

1. Arceau juxtaposés permettant de réutiliser le cintre sans liaison mutuelle
2. Puis arceaux + remplissage puisque dissociation
3. Apparition de la notion de nervure dalle de remplissage
4. D'abord par dalle puis par coulage sur coffrage
5. Apparition de l'arc doubleau
6. Modification de la courbe
7. Remplissage courbe devient plat et création de plancher



A VOÛTE
ROMAINE

La voûte : séquence de mutation évolution technique



Quelques étapes

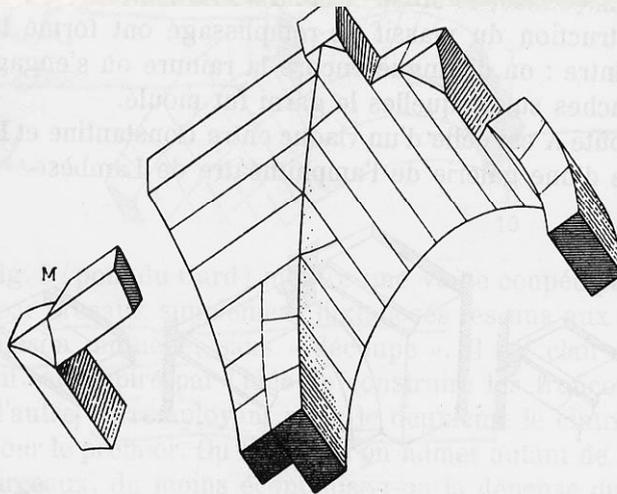
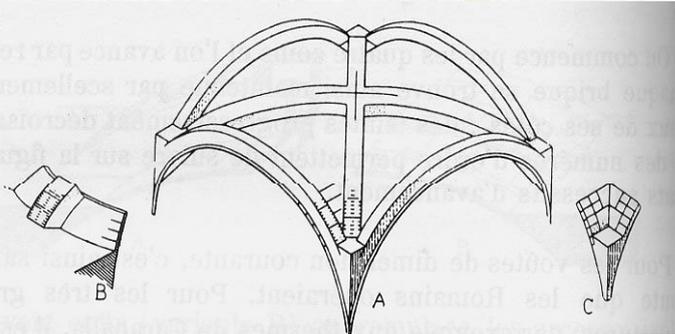
- Arceau juxtaposés permettant de réutiliser le cintre sans liaison mutuelle
- Puis arceaux + remplissage puisque dissociation
- Apparition de la notion de nervure dalle de remplissage
- D'abord par dalle puis par coulage sur coffrage
- Apparition de l'arc doubleau
- Modification de la courbe
- Remplissage courbe devient plat et création de plancher



La voûte : séquence de mutation évolution technique

A VOUTE ROMAINE

12

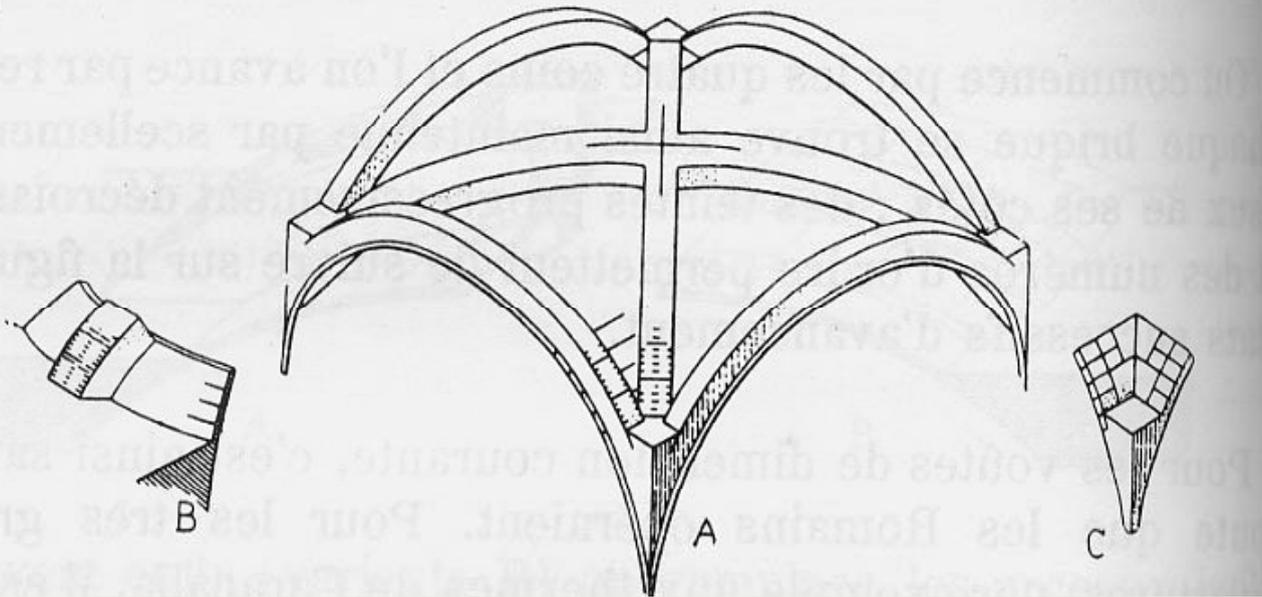




La voûte : nervures

A VOUTE
ROMAINE

12





*LA VOUTE
ROMAINE*

LA VOUTE D'ARETE

Croisement de galerie voûtées en berceau mais réalisées la plupart du temps l'un au dessus de l'autre

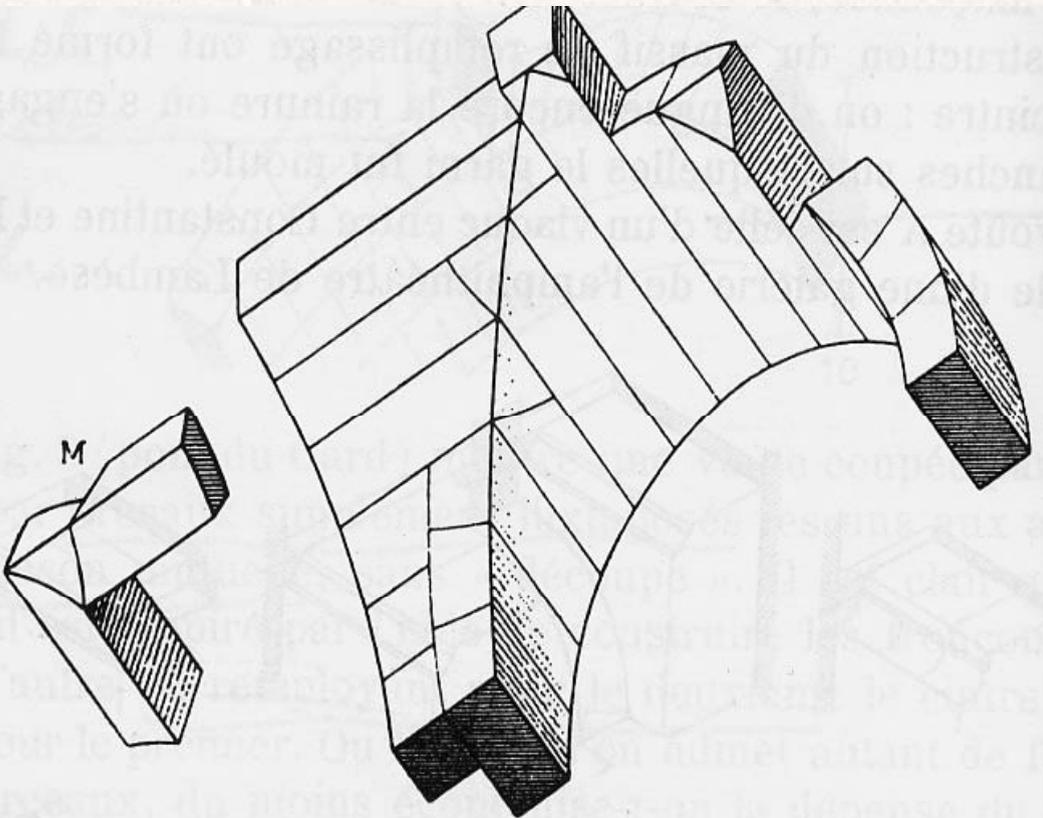
L'intersection cependant existe principalement issue de l'école orientale et donne lieu à une évolution d'appareil

Liaison en besace

Liaison en crossette

VOUTE SPHERIQUE

Coupoles ou voûtes en niches construite sur un plan circulaire ou un plan carré le raccord entre la voûte et le plan carré s'appelle un pendentif





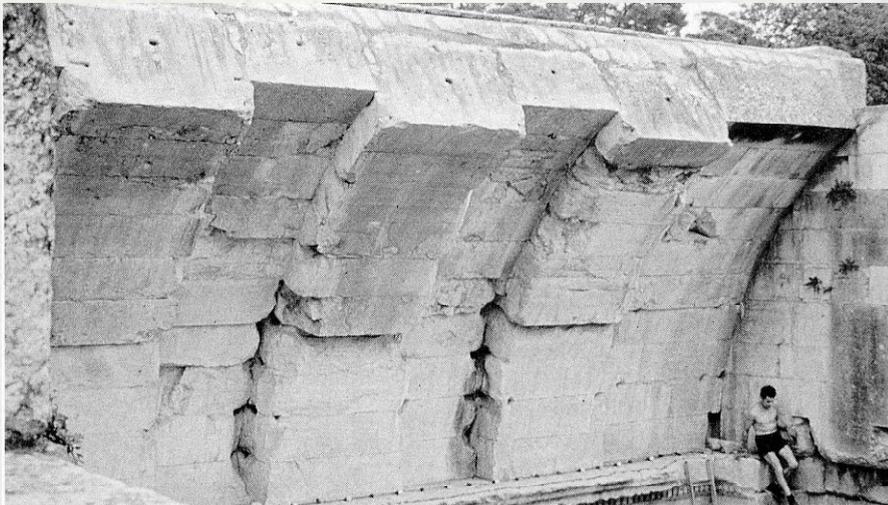
*A VOUTE
ROMAINE*





*A VOUTE
ROMAINE*

*la voûte
concrete*





A VOÛTE ROMAINE

VOÛTE CONCRÈTE

La voûte n'est que la continuation du pied droit qui la porte. Dans la voûte concrète les plans de cailloux et de mortier sont horizontaux

Il n'y a pas de lit rayonnant comme un bloc évidé après coup

Mais nécessité d'un moule rigide . Le moindre affaissement du cintre pendant la prise pouvait amener à la rupture pendant l'opération de décintrement

Une parfaite invariabilité du cintre est la condition de la voûte concrète

C'est pourquoi peu à peu on fractionne porteur et remplissage. Hiérarchisation – ordonnance ; structure primaire et secondaire si présente chez les romains

Objectif romain

Minimiser la dépense charpente et conserver la rigidité :

Le cintre ne portera que la partie résistante de la voûte : la structure est fractionnée

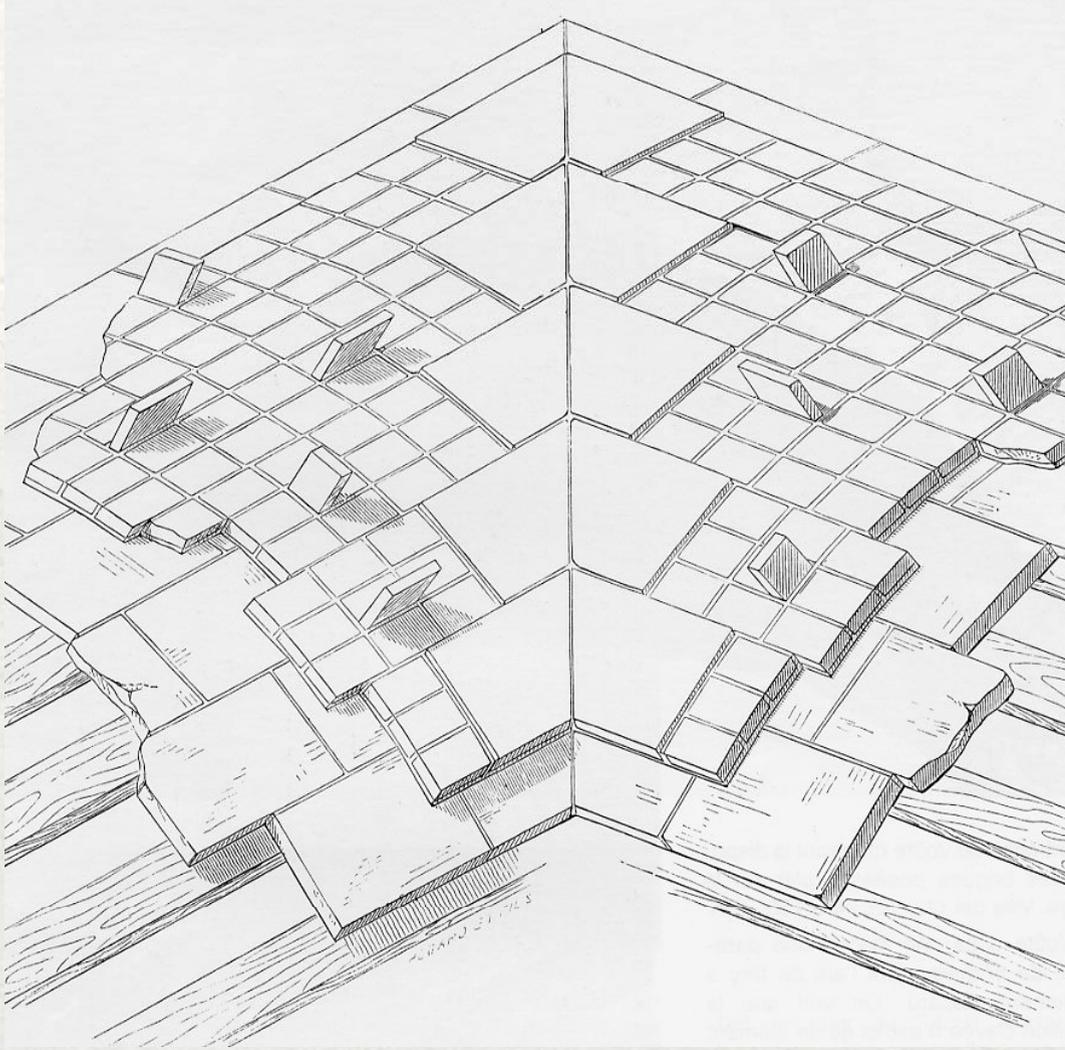
La plupart du temps les romains auront recours à la brique cuite

Création de nervures sur coffrage ou plus généralement d'un plancher à deux niveaux de briques hourdés au plâtre. (cf eliado Diesté voûte de brique)



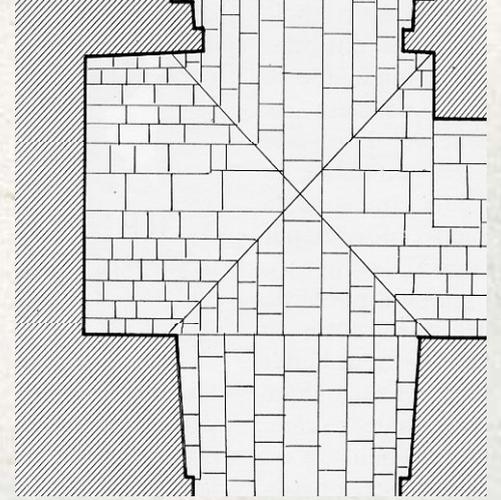
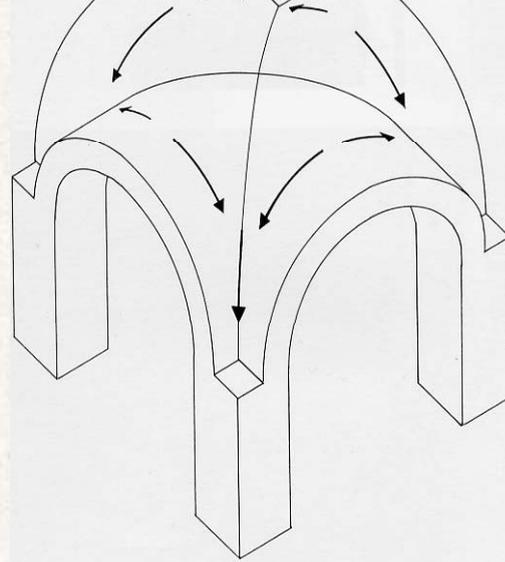
A VOUTE
ROMAINE

la voûte
concrete

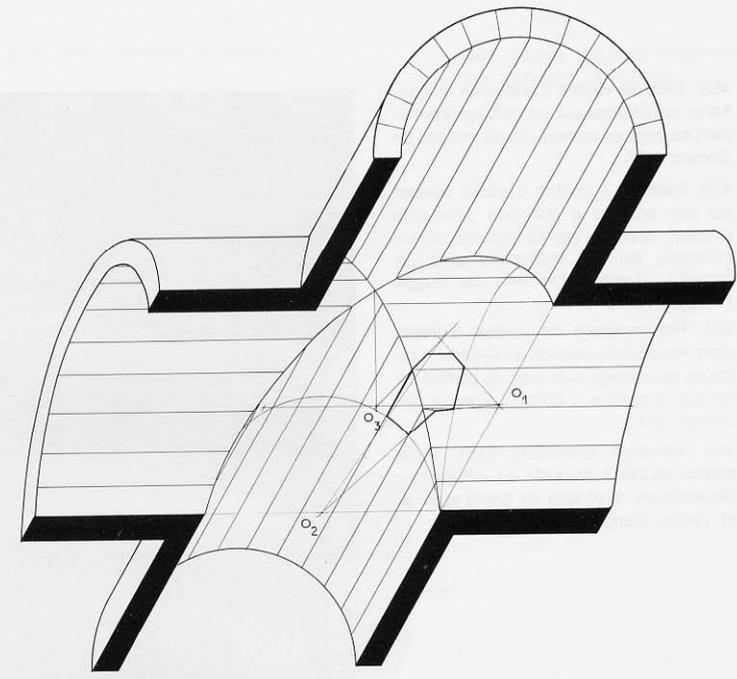
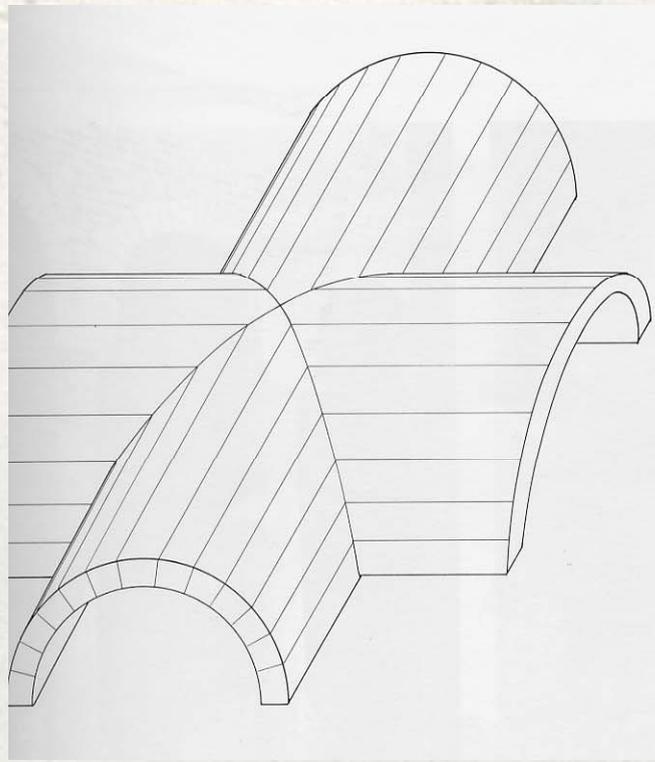




*A VOUTE
ROMAINE*



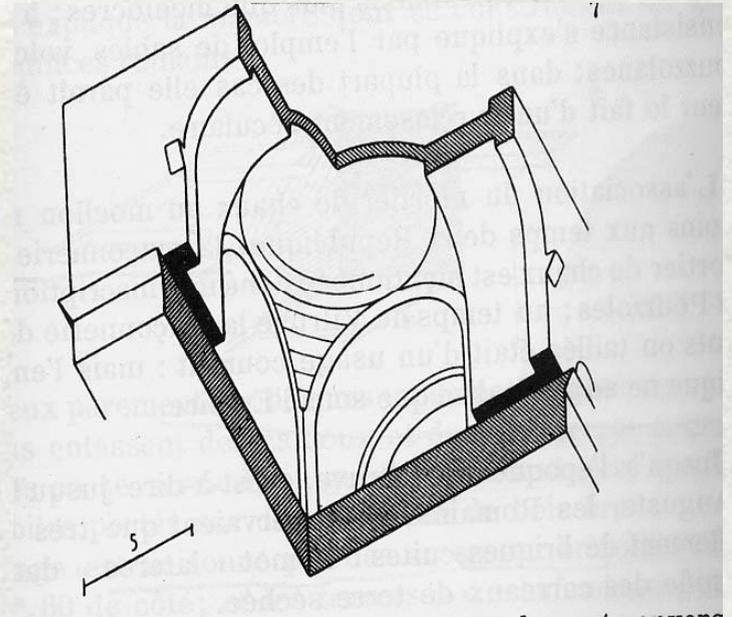
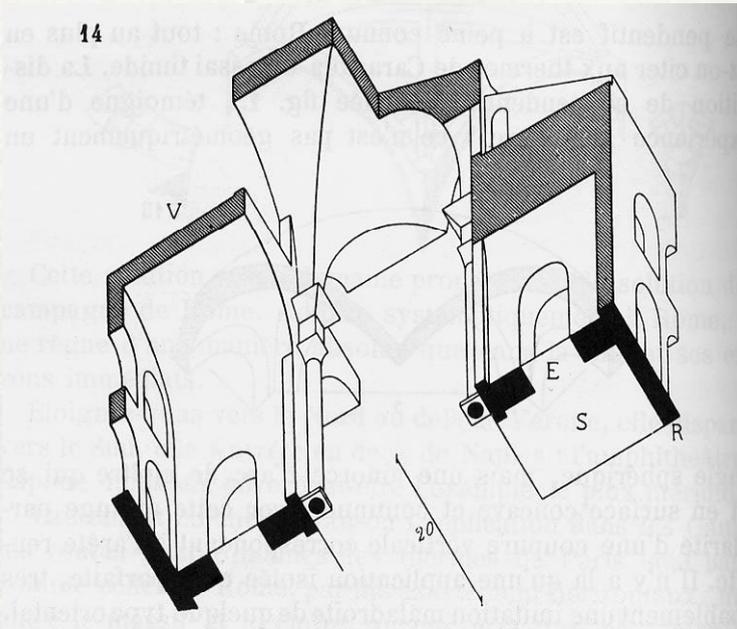
*VOUTE
D'ARETE*





La voûte : butée

A VOUTE
ROMAINE

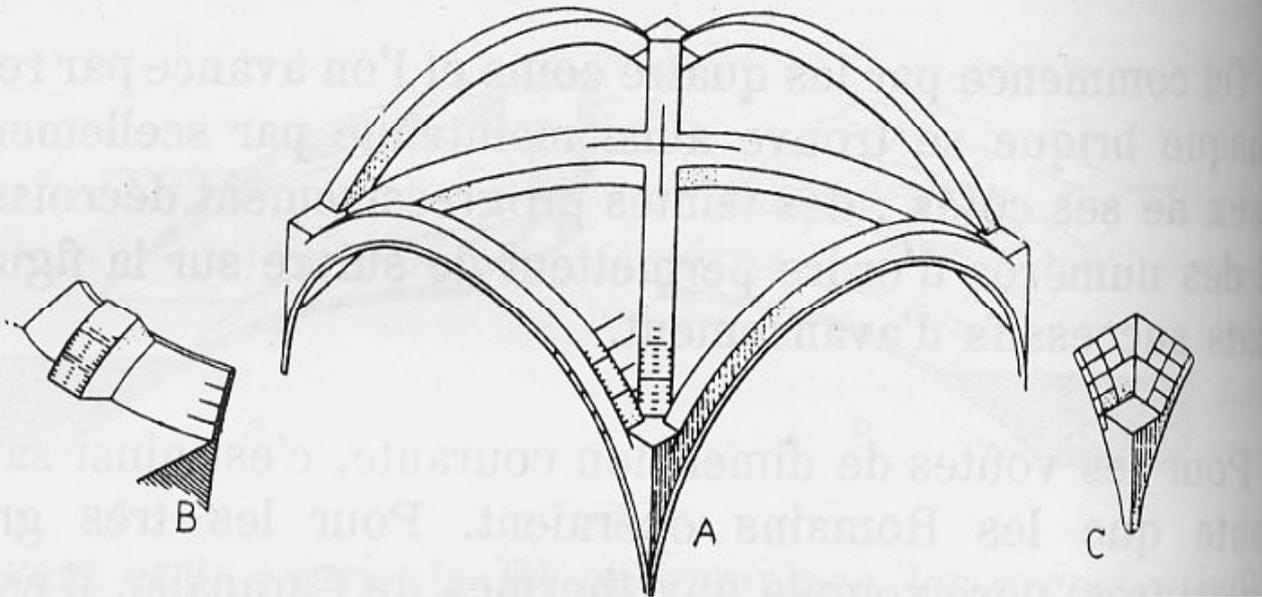




La voûte : nervures

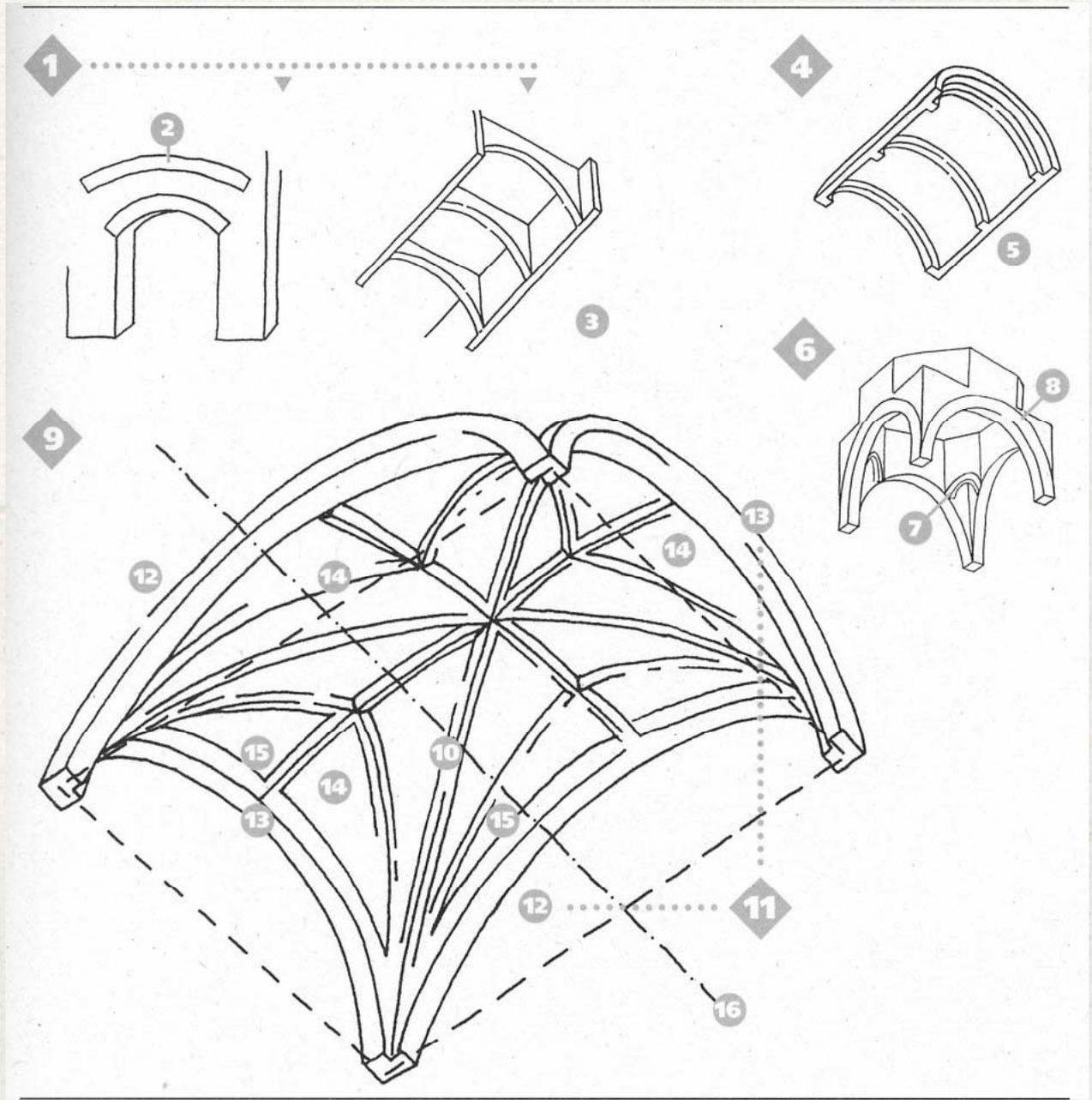
A VOUTE
ROMAINE

12





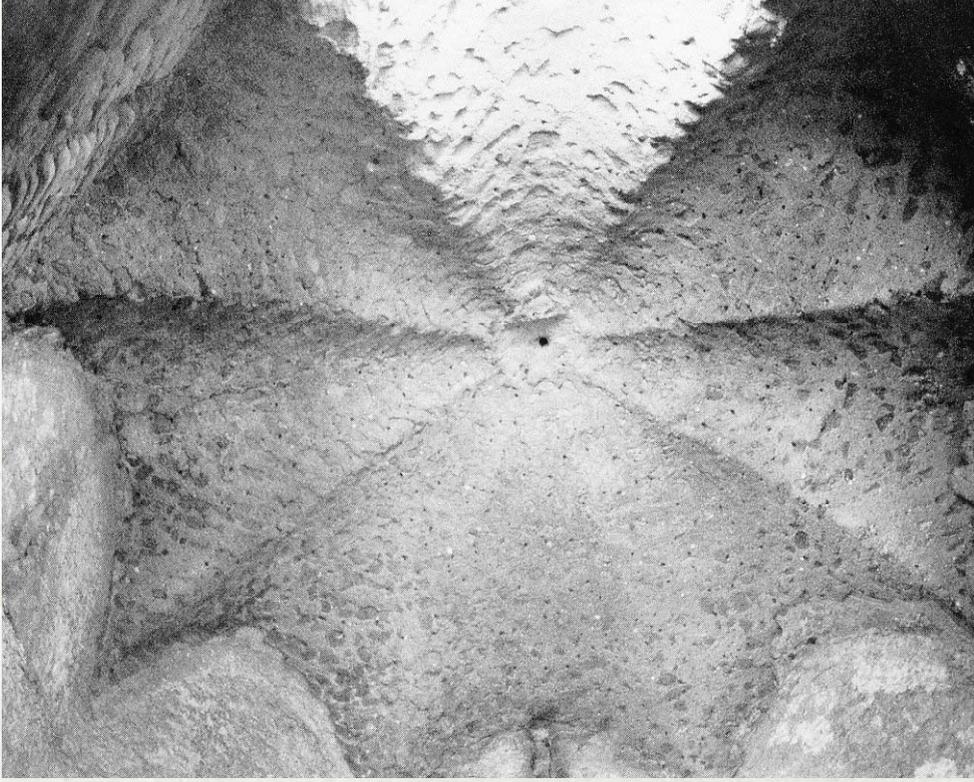
A VOUTE
ROMAINE





A VOUTE
ROMAINE

upole





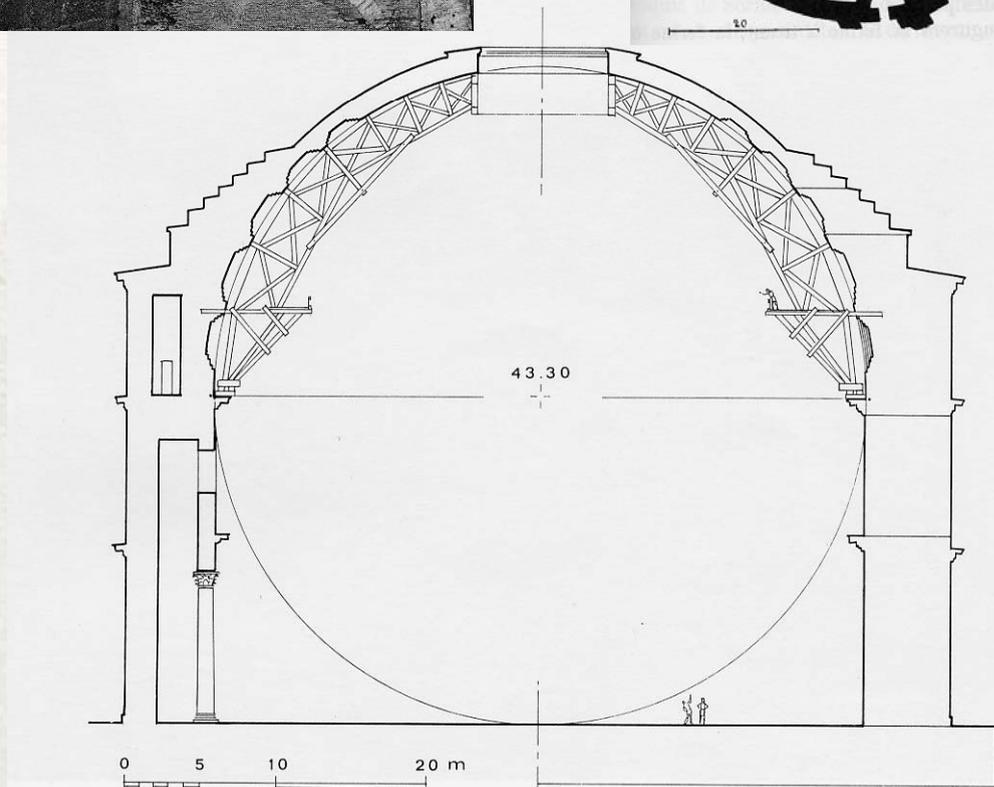
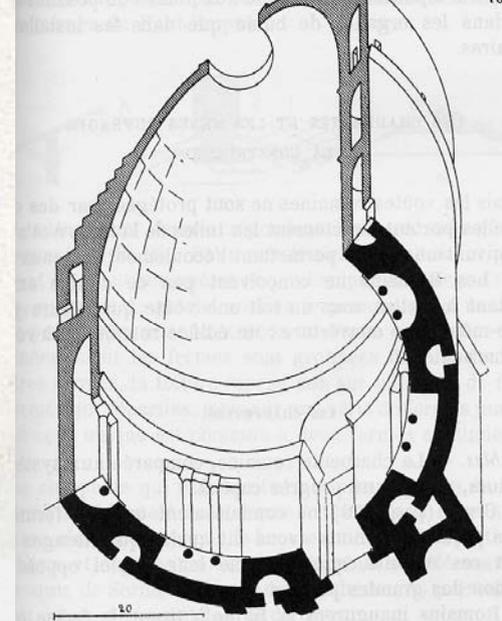
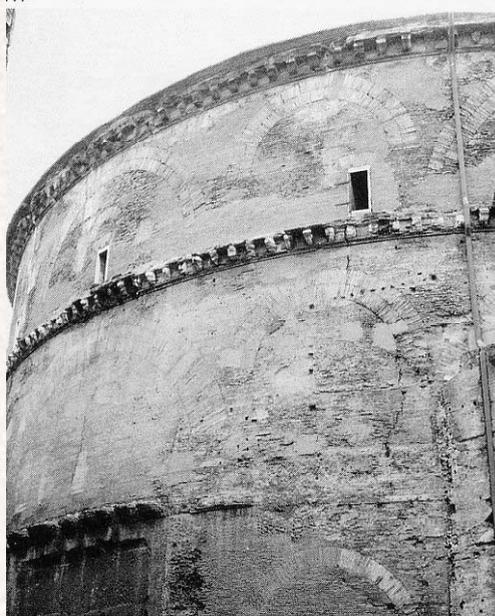
A VOUTE
ROMAINE
PORTÉE DES
COUPOLES

époque	monument	diamètre intérieur
Julio-claudienne	Salle des thermes dit « Temple de Mercure » à Baies (fig. 446-447)	21,50 m
vers 65	Salle octogonale de la <i>Domus Aurea</i> (fig. 448)	13,00 m
entre 81 et 96	Nymphée de l' <i>Albanum</i> de Domitien à Albe	16,10 m
109	Rotondes des thermes de Trajan	20,00 m
118-125	Panthéon (fig. 443-444-445)	43,30 m
Hadrien	Salle de thermes à Baies dite « temple de Vénus » (fig. 449)	26,30 m
Hadrien	1/2 coupole du Serapeum de la villa Hadriana	16,75 m
II ^e s.	« Temple d'Apollon » au lac d'Averne (fig. 451)	35,50 m
2 ^e moitié II ^e s.	Salle de thermes à Baies dite « temple de Diane » (fig. 450)	29,50 m
Alexandre Sevère	Temple rond d'Ostie	18,00 m
309	Mausolée de Romulus fils de Maxence	24,50 m
vers 305	Mausolée dit « de Gordion » (Tor de' Schiavi)	13,20 m
début IV ^e s.	Pseudo « Temple de <i>Minerva Medica</i> » (fig. 438-452)	24,50 m
326-330	Mausolée de Ste-Hélène (Tor Pignattara)	20,20 m
532-537	Ste-Sophie de Constantinople	32,60 m
1420-1434	Cathédrale de Florence	42,20 m
1551-1558	Mosquée Souleymaniye à Istanbul	26,00 m
Achèvement 1564	Saint-Pierre de Rome	42,00 m
1570-1575	Mosquée de Selimiye à Edirne	30,00 m
1636-1659	Gol Gombaz, tombeau de Mahmud à Bijapur (Inde)	38,00 m
1680-1691	Invalides	27,60 m
1675-1710	Cathédrale St-Paul de Londres	30,80 m
1755-1792	Panthéon de Paris	21,00 m
1817-1826	St-François de Paule à Naples	34,00 m



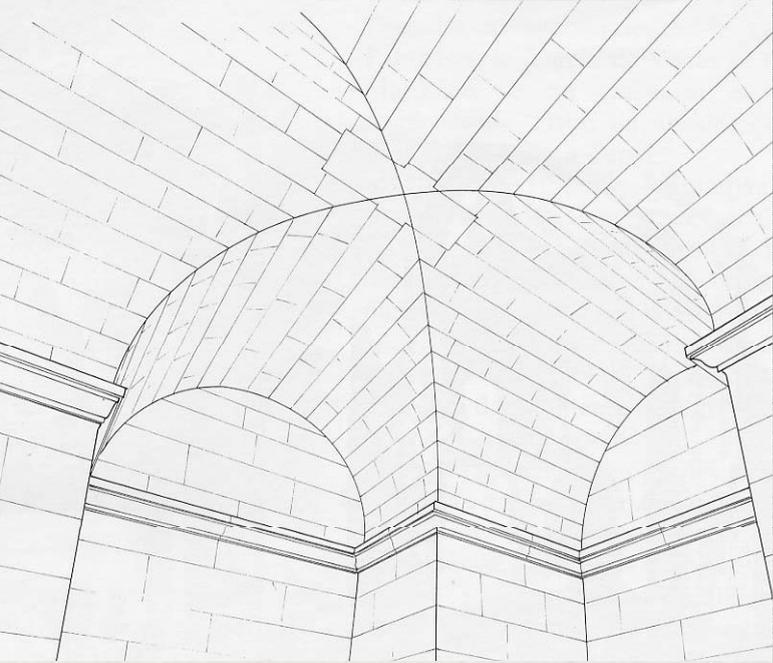
*A VOUTE
ROMAINE*

LE PANTHEON



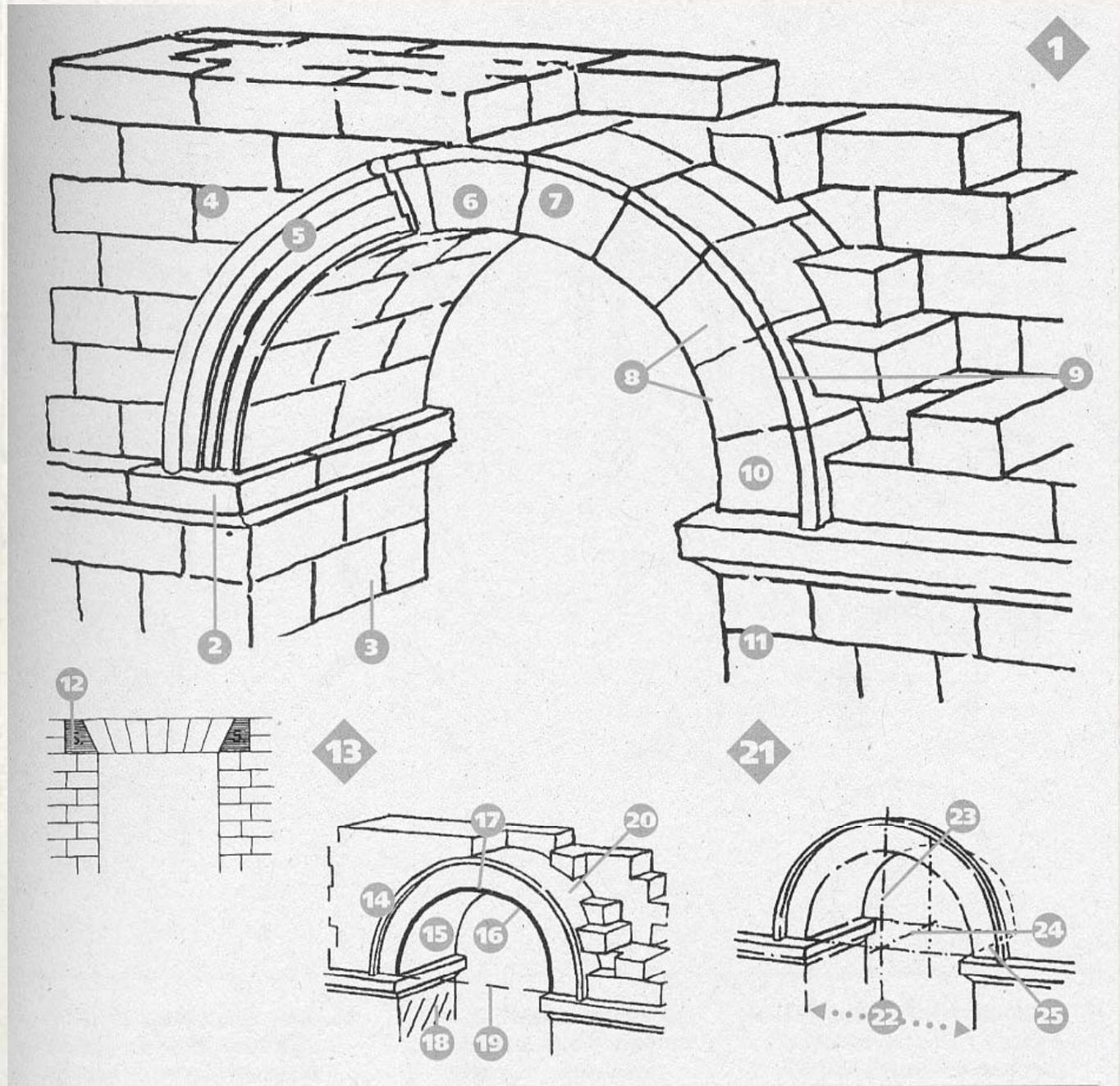


*A VOUTE
ROMAINE*



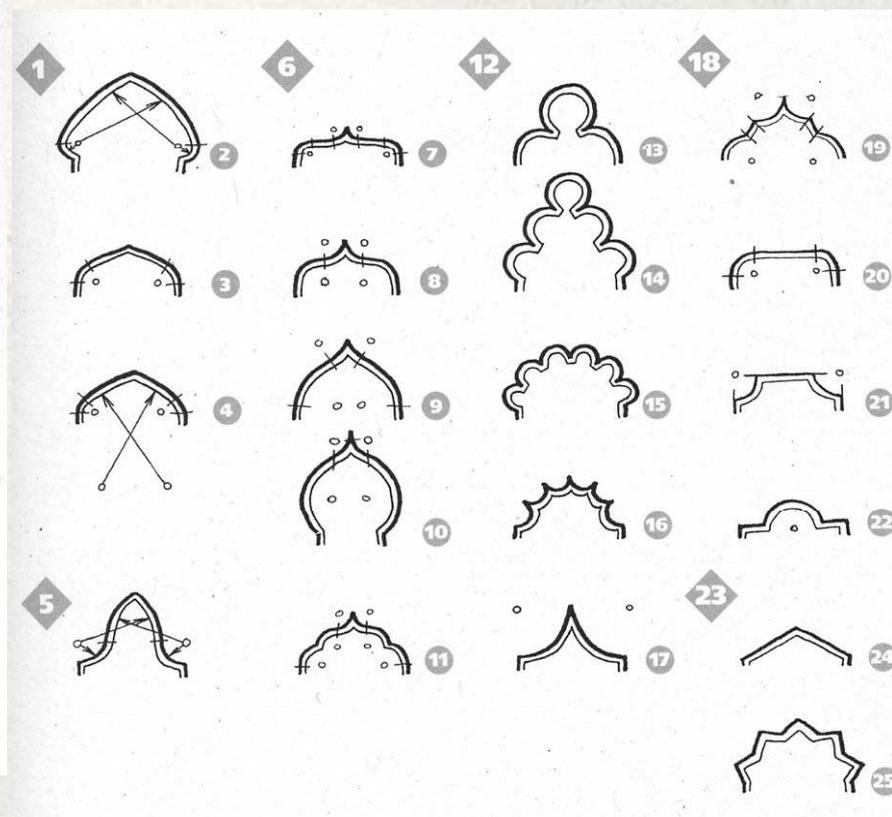
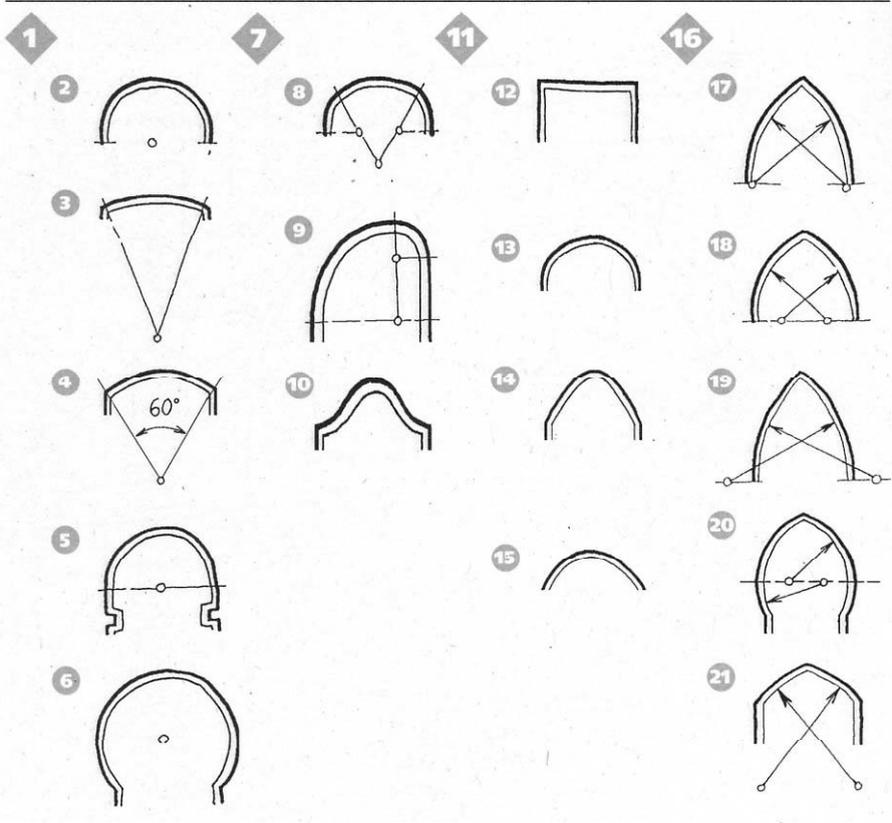


A VOUTE
ROMAINE



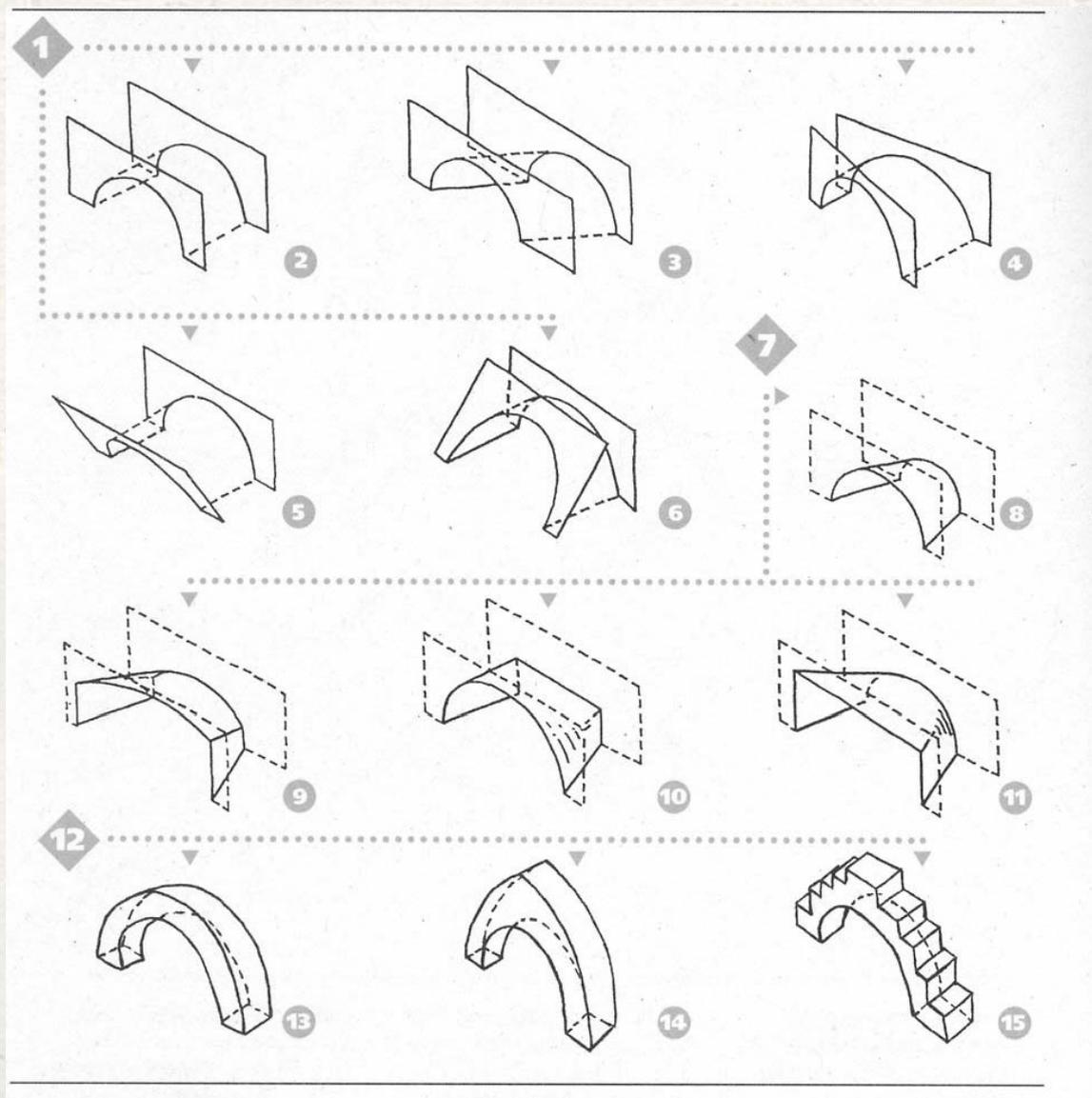


4



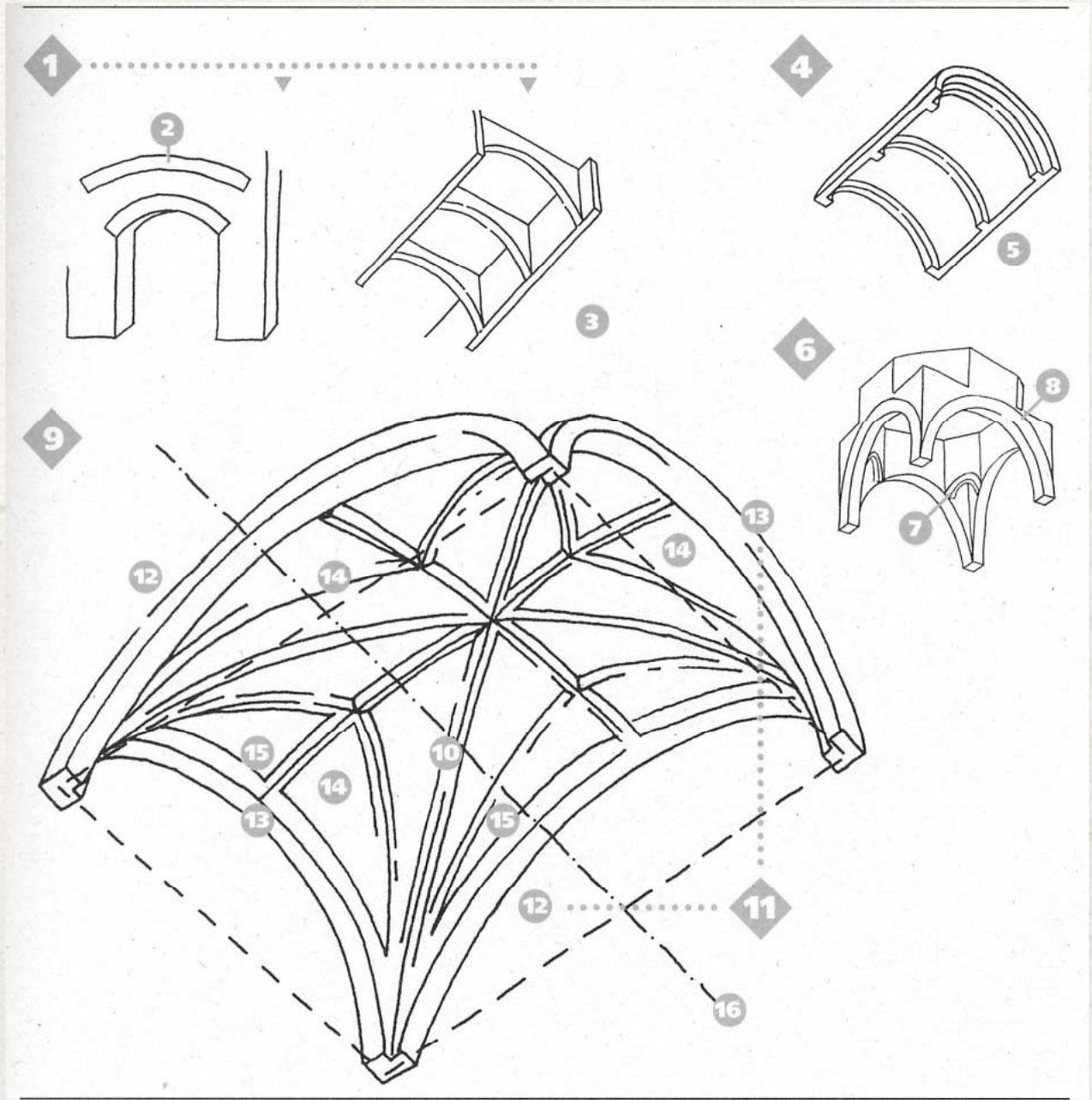


*A VOUTE
ROMAINE*



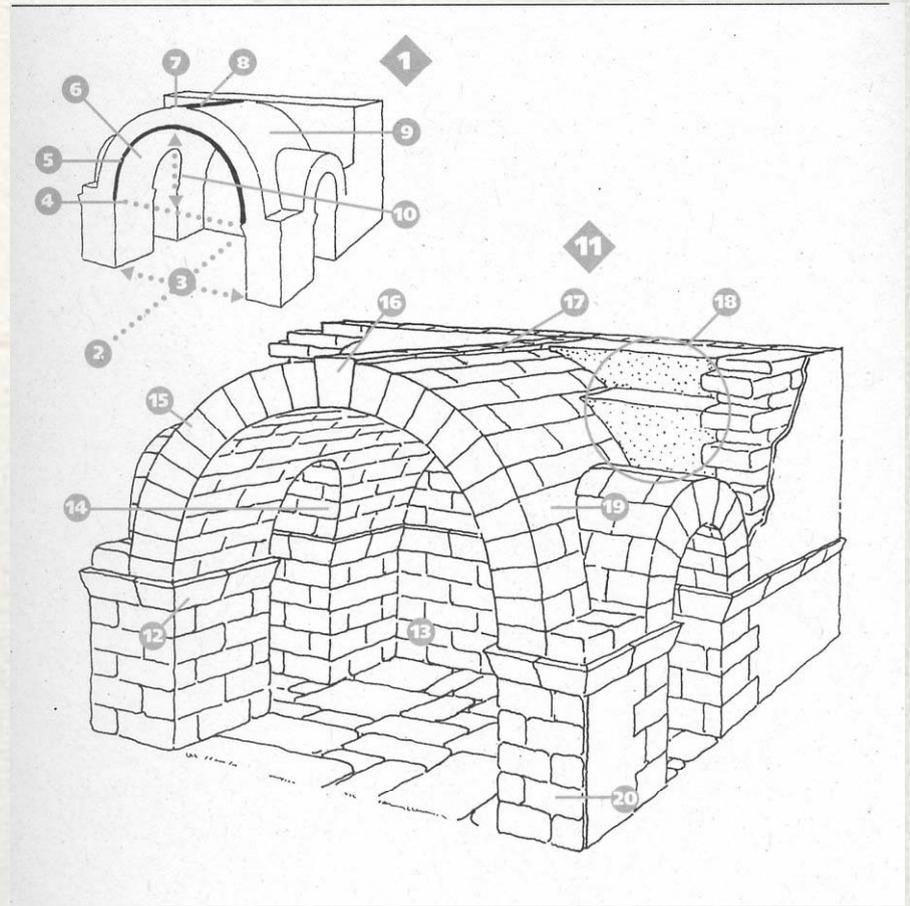


A VOUTE
ROMAINE



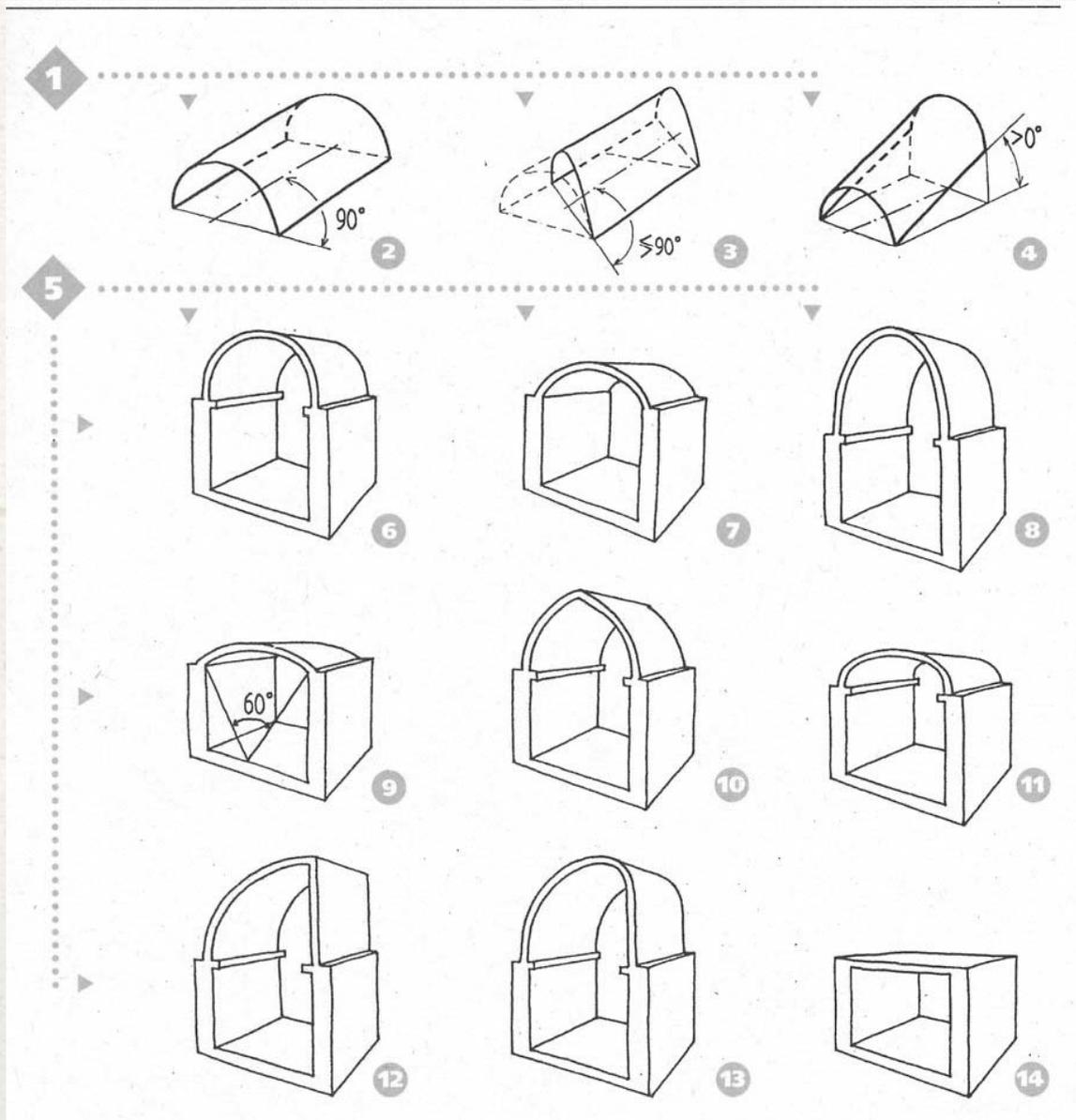


A VOUTE
ROMAINE



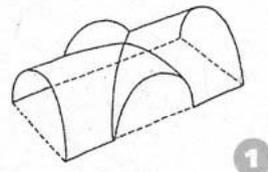


A VOUTE
ROMAINE

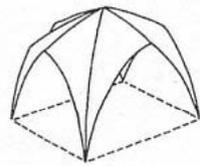




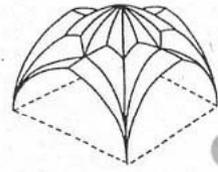
A VOUTE
ROMAINE



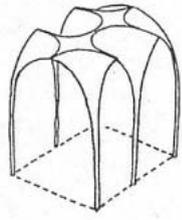
1



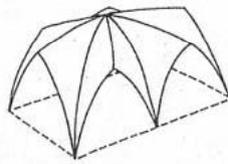
2



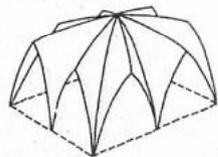
3



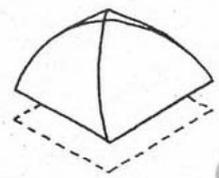
4



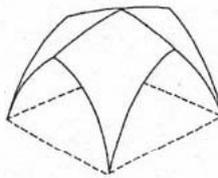
5



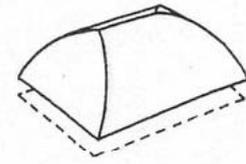
6



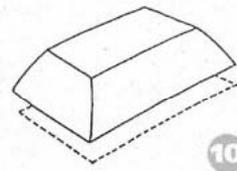
7



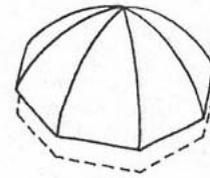
8



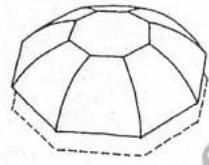
9



10

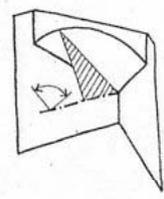


11

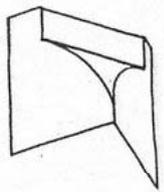


12

13



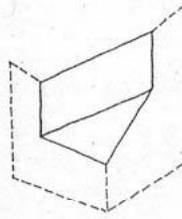
14



15

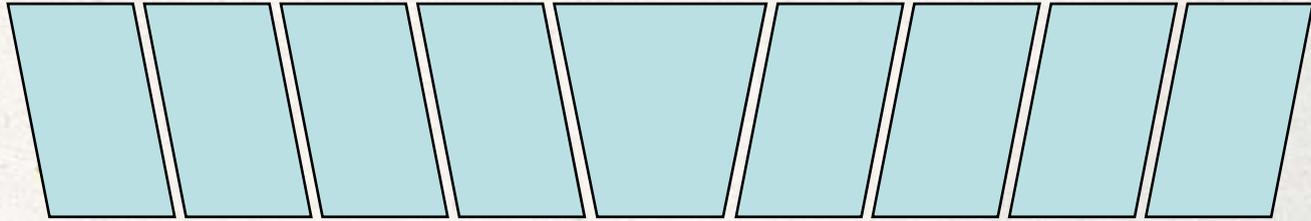


16

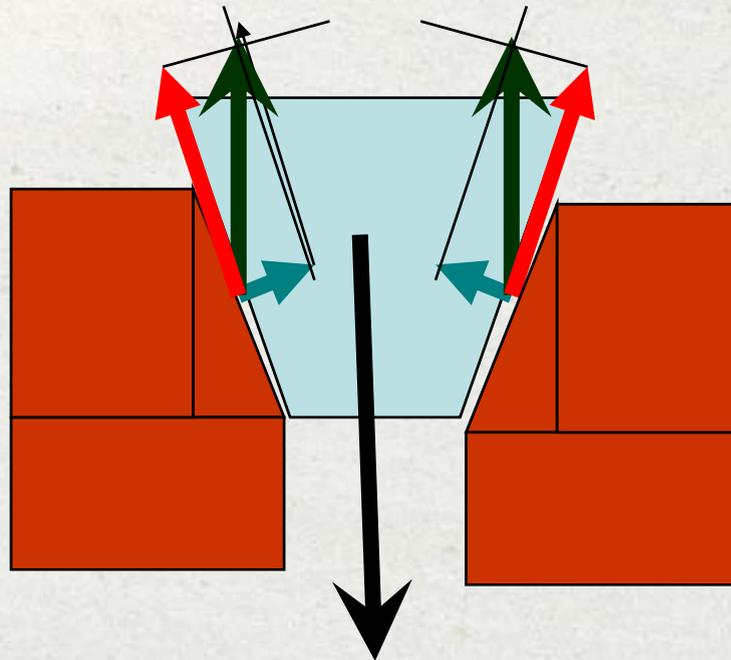


17

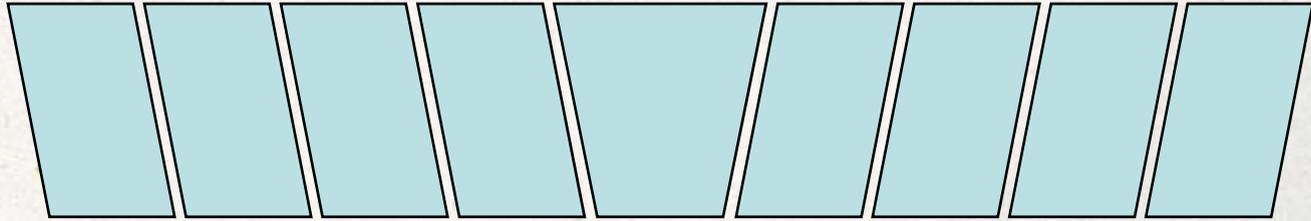
Principe de fonctionnement de la voûte



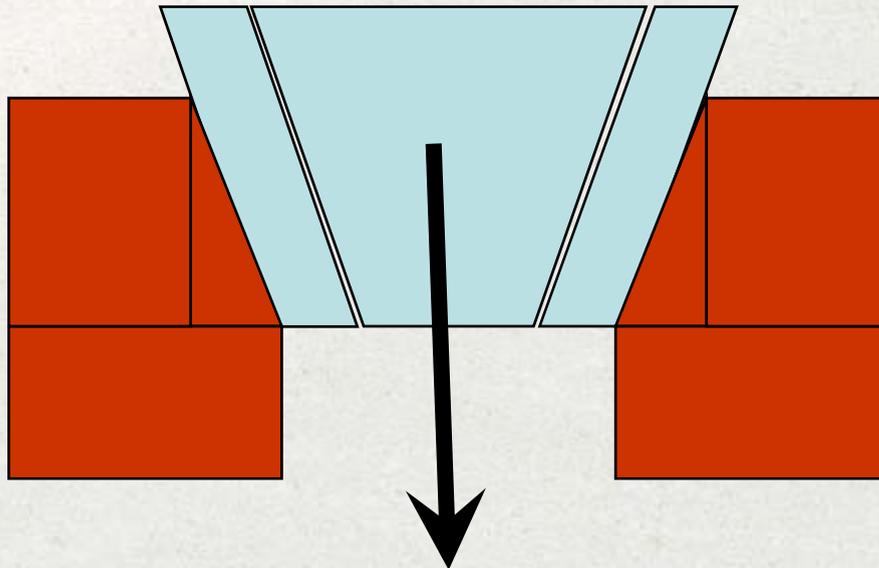
Équilibre de la
clef



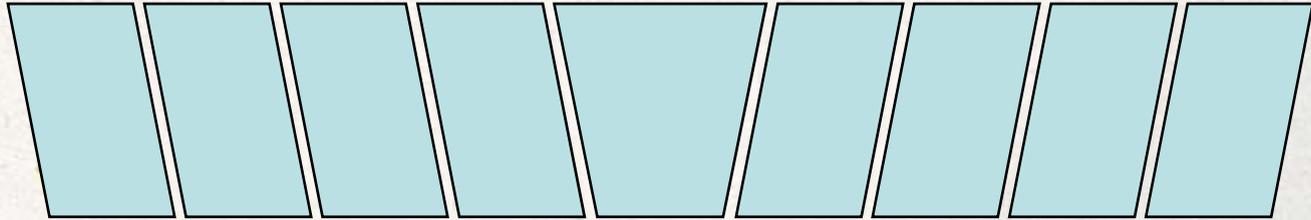
Principe de fonctionnement de la voute



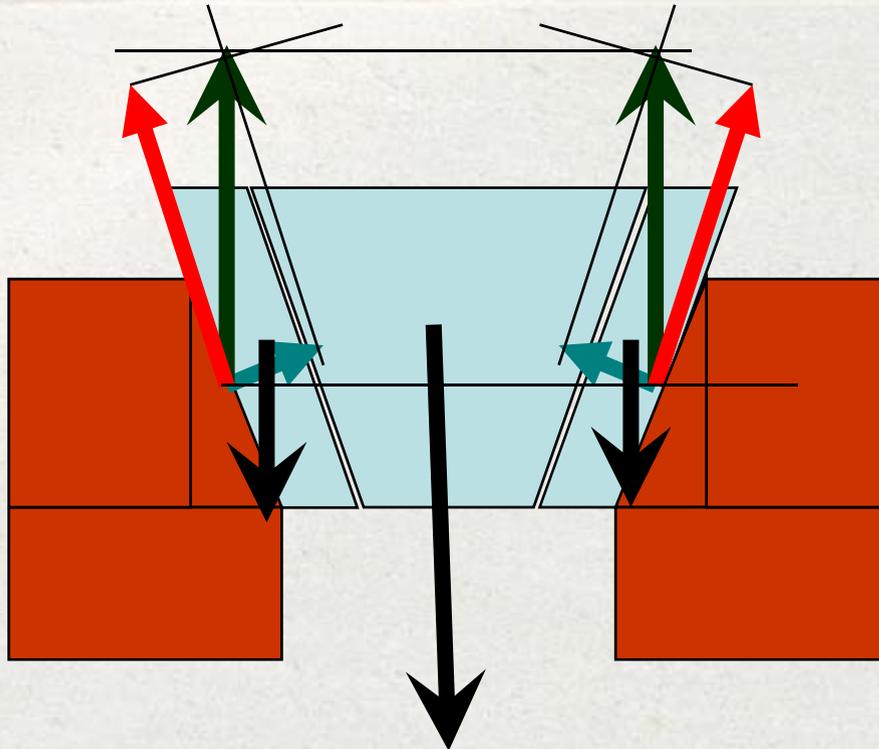
Équilibre des voussoirs



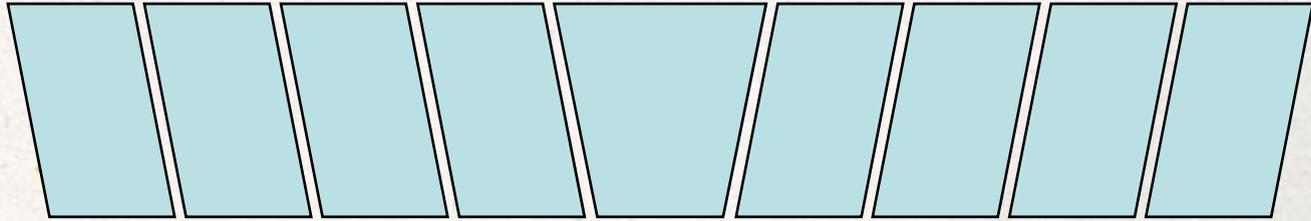
Principe de fonctionnement de la voute



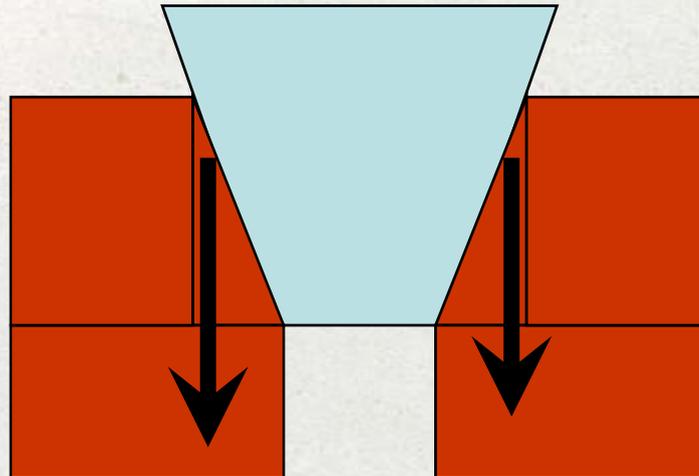
Équilibre des voussoirs



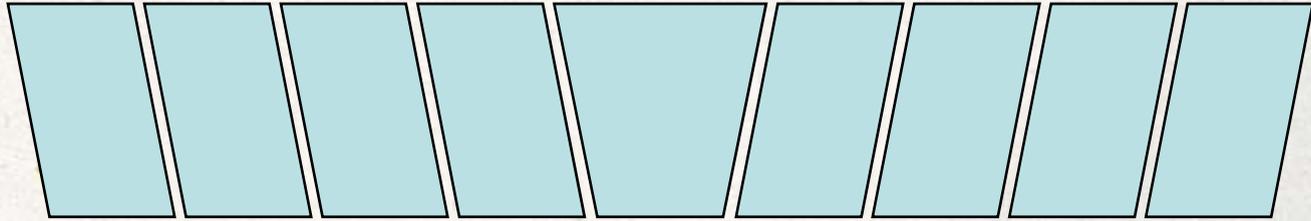
Principe de fonctionnement de la voute



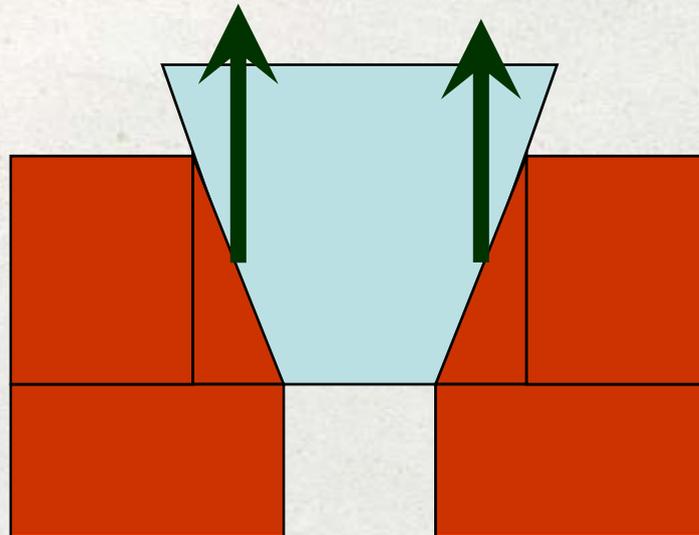
Action du voussoir



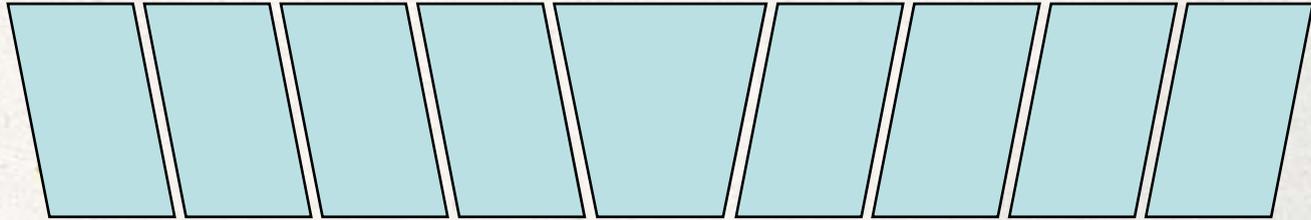
Principe de fonctionnement de la voute



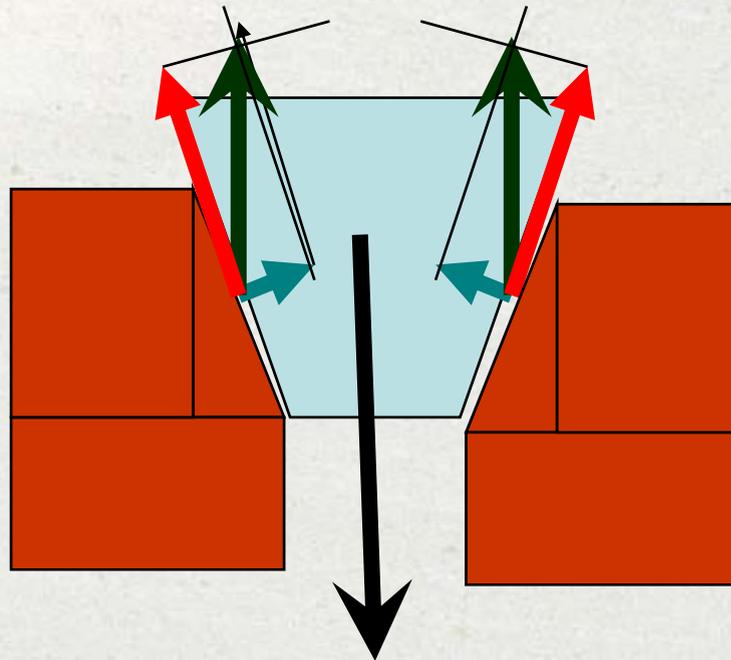
Reaction des appuis



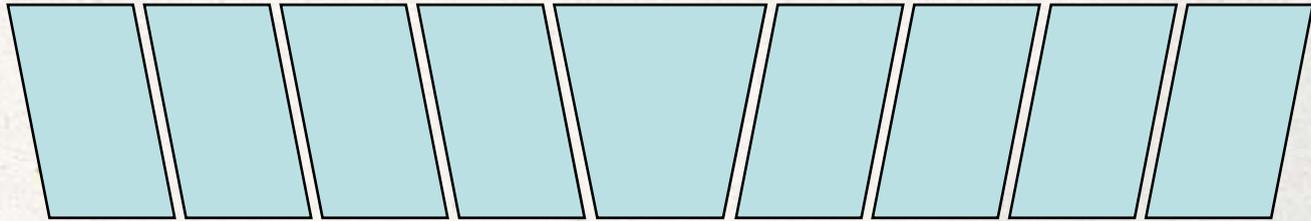
Principe de fonctionnement de la voute



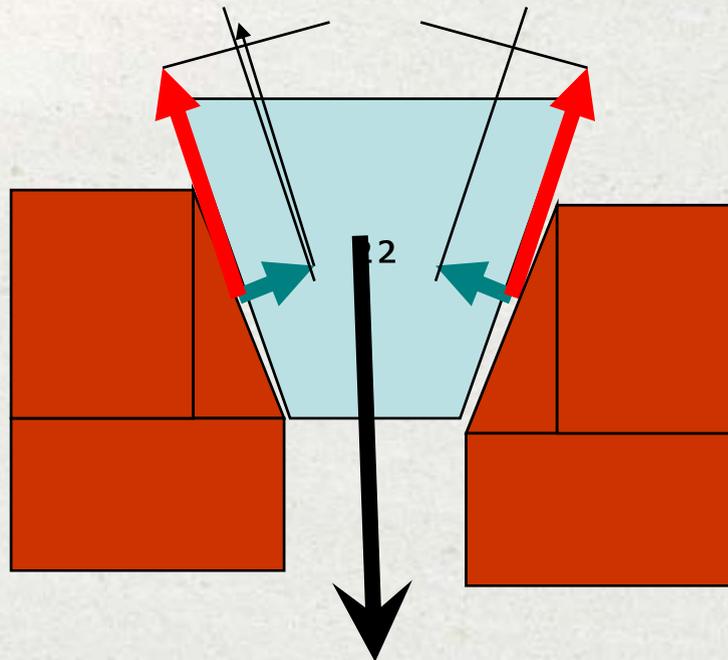
Équilibre de la
clef

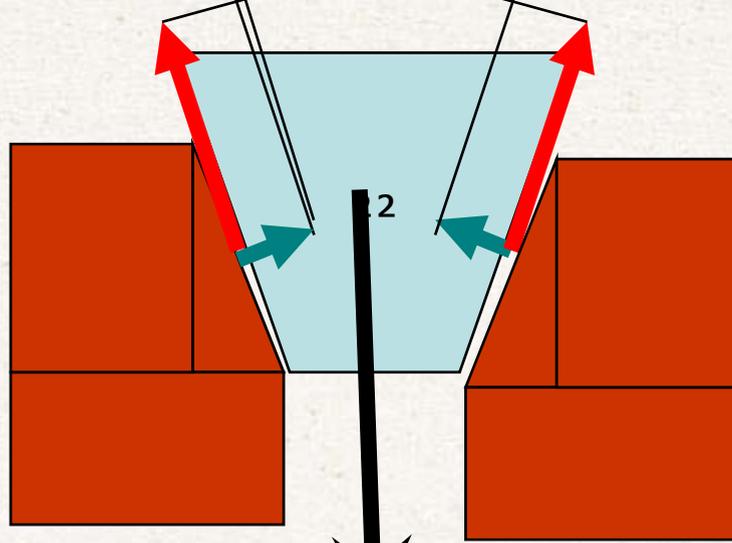


Principe de fonctionnement de la voute

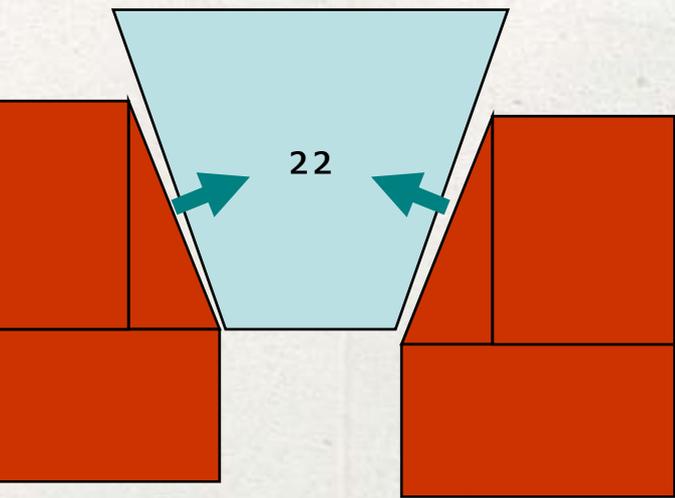


Decomposition de
la réaction

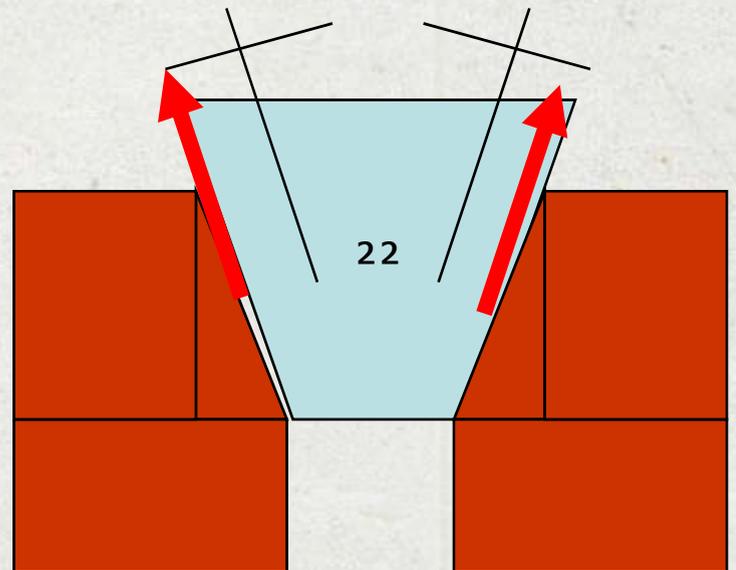




Réaction des appuis

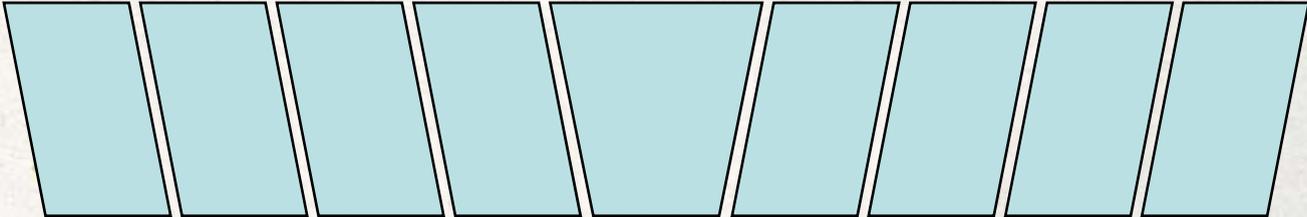


compression

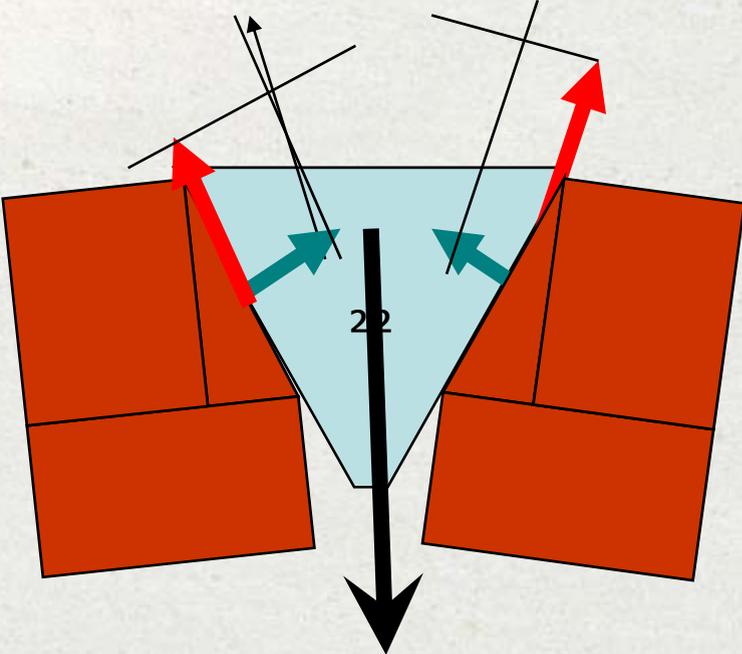


frottement

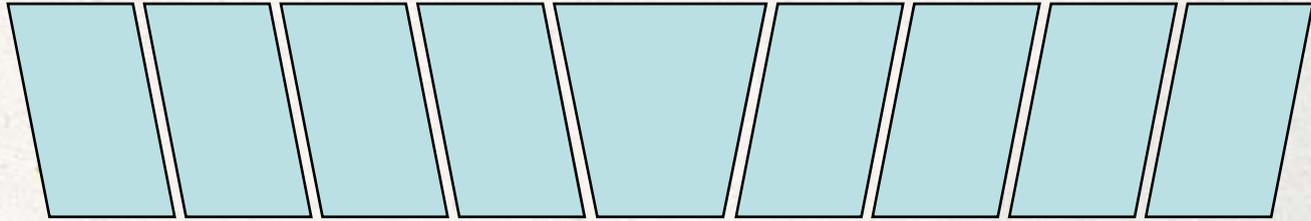
Principe de fonctionnement de la voute



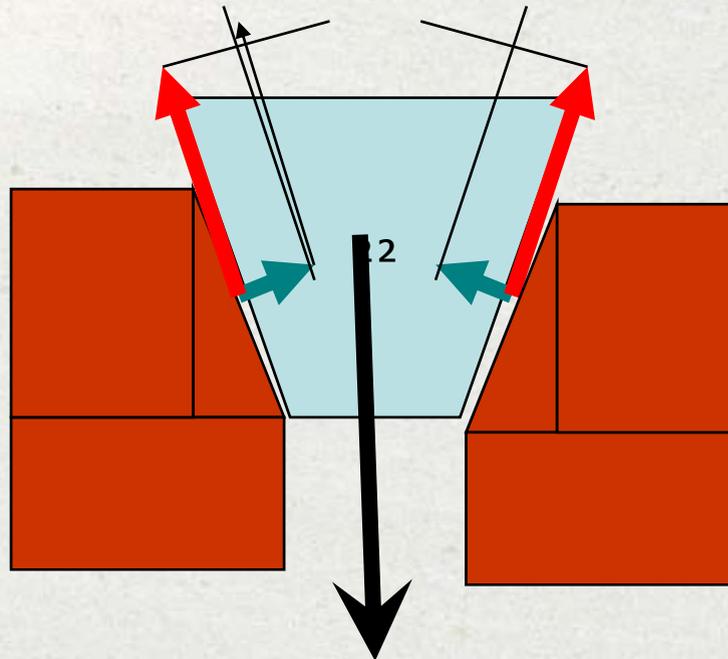
Importance de l'angle



Principe de fonctionnement de la voute



Decomposition de
la réaction



Influence de la pente

