

NOTION DE VOÛTE

Comment réalise-t-on une voûte ?

La voûte la plus simple est la coupole : on pose un cercle de pierres, sur ce cercle on en pose un second plus petit et donc légèrement décalé vers l'intérieur, et ainsi de suite, jusqu'à constituer une calotte hémisphérique.

Tous les paysans savent faire une coupole : la coupole, c'est le four à pain. Mais s'il est très simple de faire une petite coupole, les problèmes commencent quand on essaie d'en faire des grandes ; elles supposeraient la connaissance des techniques et des matériaux que maîtrisaient les Byzantins (cela pose notamment le problème des mortiers : on oublie trop vite que le ciment moderne n'a été inventé par Vicat qu'en 1845, et qu'auparavant il fallait se contenter de mortiers à la chaux, qui n'offraient pas les mêmes possibilités). C'est pourquoi les églises à coupoles ne sont pas fréquentes en France, et que dans celles qu'on connaît, qu'il s'agisse d'Angoulême, de Souillac, de Périgueux, de Cahors, du Puy, on s'est contenté d'aligner des coupoles de petites dimensions.

On s'est donc tourné vers une autre formule, qui est la voûte plein cintre.

Le modèle de la voûte plein cintre, c'est le pont. Pour faire un pont on prend des pierres présentant un léger biseau, on les monte l'une sur l'autre en partant de chaque rive du cours d'eau, de manière à réaliser deux quarts de cercle. Au point où ils vont se rejoindre on place une pierre plus grosse, celle qu'on appelle la clé de voûte. La pesanteur attire la clé de voûte vers le bas ; mais celle-ci est bloquée par les pierres voisines, qui l'empêchent de tomber ; réciproquement la clé de voûte maintient l'écartement des deux, et le système tient : chaque quart de cercle est maintenu, d'un côté par la clé de voûte, de l'autre par les berges du cours d'eau.

C'est ce même principe qu'on applique aux voûtes d'église. Mais il y a une différence majeure, celle qui est la source de tous les problèmes : dans une église on ne peut pas compter sur les berges d'une rivière pour empêcher les deux quarts de cercle de culbuter. La clé de voûte risque donc de tomber, en écartant les deux branches de l'arc. Pour éviter cela on est obligé de caler les reins de l'arc en les enchâssant dans des murs très épais ; d'où la problématique de la voûte romane primitive, qui a besoin pour tenir de s'appuyer sur de gros murs dans lesquels on ne peut percer que de petites fenêtres. Encore reste-t-il une fragilité aux points de jonction entre l'arc et le mur. Une autre solution pour annuler la poussée et empêcher les murs de s'écarter est de sceller dans chaque mur, aux reins de la voûte, des crochets qu'on relie avec une forte barre de fer appelée *tirant* ; solution fréquemment adoptée en Italie, mais dont on verra un exemple à Mitry.

À partir de cette situation, on a pu réaliser successivement plusieurs progrès importants.

Le premier, et le plus simple, est l'arc doubleau. La voûte, est constituée de pierres relativement petites, les plus légères possible, et solidement maçonnées, ce qui réalise une sorte de béton à gros cailloux. On va donc créer des arcs de grosses pierres, sur lesquels on va poser la voûte, ce qui a deux effets :

- La voûte repose ainsi sur des renforts, permettant de la faire plus mince, donc moins lourde.

- Le doubleau va canaliser un peu la poussée de la voûte sur les reins des arcs ; entre ceux-ci le mur n'aura donc plus besoin d'être aussi épais. On pourra renforcer ce point de pression en créant deux épaissements du mur : à l'intérieur ce sera un pilier encastré ; à l'extérieur ce sera un contrefort, sorte d'équerre perpendiculaire au mur, qui va éviter son basculement. Le contrefort est un élément essentiel de la stabilisation des voûtes.

Le transept remplit la fonction d'un énorme contrefort. Si les églises sont en forme de croix, c'est pour d'évidentes raisons symboliques, mais c'est aussi parce qu'en faisant se croiser deux nefs à angle droit on crée une situation où elles s'étaient mutuellement. La croisée du transept est le point le plus solide de l'édifice, raison pour laquelle on y trouve souvent le clocher.

Le second progrès est le bas-côté. De chaque côté du vaisseau on construit, une nef plus petite mais dont la masse va permettre d'équilibrer la poussée de la voûte principale. Du coup on peut éviter les murs de la grande nef et les réduire à des piliers, reliés entre eux par des arcs perpendiculaires aux doubleaux, que l'on nomme formerets, ce qui permet la communication entre la nef et les bas-côtés. Bien entendu cela ne fait que reporter le problème sur les murs des bas-côtés, mais les voûtes de ceux-ci sont plus petites, donc moins lourdes et plus faciles à maîtriser. Dans certaines églises on a créé des bas-côtés à étages : il y a d'abord le bas-côté proprement dit, qui était la nef à peu près à mi-hauteur, et sur ce bas-côté on en a monté un second, nommé *tribune*, qui était la partie haute. Bien entendu ces bas-côtés et ces tribunes servent à augmenter la capacité de l'église. Mais leur fonction essentielle est d'assurer la solidité de la voûte.

Le troisième progrès est la voûte d'arêtes. Il s'agit de renforcer la voûte entre les doubleaux par des arcs plein cintre placés en diagonale ; en somme ce sont deux voûtes plein cintre qui se croisent. Ce sont ces deux arcs qui reçoivent l'essentiel de la poussée de la voûte ; du coup cette poussée s'exerce beaucoup moins sur les murs, mais seulement sur les piliers, ce qui permet d'éviter encore plus les murs.

Enfin on réalise un quatrième progrès en renonçant à l'arc plein cintre pour le briser. Plus on brise l'arc et plus la poussée de la voûte sur les piliers sera verticale, et donc plus facile à maîtriser. Notons que ces deux techniques, voûte d'arêtes et berceau brisé, sont inventées par les architectes romans ; pourtant en les associant on crée une ogive. Ce qui caractérise le gothique, ce n'est donc pas l'ogive, qui naît en plein milieu du style roman.

Le gothique naît quand on imagine de verticaliser au maximum la poussée de la voûte en associant deux innovations :

- La première est d'exagérer l'élancement de l'ogive. Cet élancement répond à un impératif technique et non esthétique ; on verra d'ailleurs que dans les siècles suivants le progrès technologique rendra cette nécessité moins impérieuse, et les voûtes gothiques en reviendront progressivement à un berceau brisé.

- La seconde, capitale, est l'arc-boutant. L'arc-boutant est un arc, plus ou moins éloigné du plein cintre, posé en oblique entre les reins de la voûte de la nef et le sommet du contrefort correspondant du bas-côté. Sa fonction est de transformer la composante latérale de la poussée en composante verticale qui vient écraser le contrefort. Du coup non seulement ce dernier n'a plus à lutter contre le poids de la voûte centrale, mais ce poids lui devient au contraire une aide pour équilibrer la voûte du bas-côté.

Tout est prêt alors pour toutes les audaces.