

CHAPITRE VII

LES VOUTES EN GÉNÉRAL

SOMMAIRE. — Équilibre des voûtes. — Leurs actions. — Les piedroits, leur force. — Plans d'édifices voûtés. — Plans italiens d'édifices voûtés avec tirants en fer. — Dangers des voûtes. — Modes de construction : voûtes stéréotomiques en pierre appareillée; voûtes en petits matériaux; voûtes du moyen âge sur arcs indépendants. — Poussées et résistances. — Construction en repos, construction en mouvement. — Considérations de hauteur, d'élévation des étages, etc.

Des planchers, nous allons passer aux voûtes. Le sujet est encore plus vaste, et je n'arriverai jamais à vous en dire tout ce qui devrait vous en être dit.

Si, en effet, je me proposais de vous exposer tout ce que comporte ce sujet, les voûtes, des volumes n'y suffiraient pas. C'est à l'occasion des voûtes que le génie des architectes, aux prises avec les difficultés les plus redoutables, a obtenu les plus splendides résultats. Il n'est personne qui ne connaisse quelques exemples de ces ouvrages que l'habitude seule nous empêche de considérer comme des prodiges : voûtes de palais, de ponts ou de cathédrales, coupoles assises sur d'autres voûtes, etc., etc. Rien n'est plus noble, rien n'est plus beau, mais rien n'exige plus de savoir.

Je vous ai montré ce qu'est l'arc, et la voûte élémentaire qui

n'est qu'un arc plus profond. Vous avez vu ce qu'est la poussée d'un arc, comment cette poussée doit être neutralisée; mais la résistance, facile à assurer dans un mur percé de baies, devient bien plus aléatoire lorsqu'une voûte agit non plus dans le sens de la longueur d'un mur, mais dans le sens transversal, et travaille par suite au renversement (fig. 428). Si, de plus, les voûtes sont élevées, agissent au sommet des murs comme sur un puissant bras de levier, ce ne sera que par l'ingéniosité des dispositions,

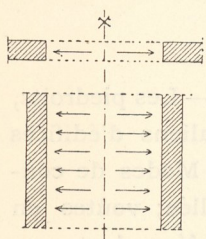


Fig. 428. — Action d'un arc et d'une voûte.

la combinaison des contrebutements, qu'on obtiendra la stabilité.

Lorsqu'il s'agit de voûtes, le constructeur ignorant est placé entre deux écueils : trop hardi, ou plutôt téméraire, il s'exposera à l'éroulement — les exemples sont nombreux — de voûtes effondrées ou renversant leurs points d'appui pendant la construction même; — trop timide, il cherchera la sécurité dans des épaisseurs exagérées des piliers et des murs, dans des contreforts inutiles, et grèvera son édifice de superfétations coûteuses et encombrantes, si même l'excès des précautions ne vient pas à son tour compromettre la solidité même, comme parfois en étayant trop énergiquement un mur caduc, on le jette en dedans pour l'empêcher de tomber au dehors.

En somme, toute voûte est un ouvrage en équilibre conditionnel; son action permanente serait destructive de l'édifice si des résistances également permanentes ne suffisaient pas à la neutraliser. Or, ces résistances peuvent être de deux sortes : externes, par les surépaisseurs des murs ou piliers, les contreforts, les arc-boutants; internes, par des tirants qui résistent par extension à l'écartement des murs. Sans entrer ici dans la théorie de la stabilité des voûtes, que vous verrez en étudiant la construc-

tion, je puis indiquer que la condition première de cette stabilité est que la *résultante* statique des efforts de la voûte, courbe R-R qui se détermine par une épure minutieuse, soit toujours contenue à l'intérieur de la section de la voûte et de son piédroit (fig. 429). Or, cette courbe a son point le plus voisin de l'intrados à la clef, s'en écarte sensiblement vers l'angle de 30° avec l'horizontale, et se continue en oblique dans la hauteur du piédroit. On considère la solidité comme douteuse si le pied de cette oblique sort du tiers central de la largeur en section du mur divisé en trois parties.

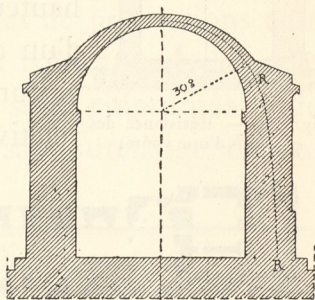


Fig. 429. — Poussée des voûtes.

La courbe dont il s'agit est une résultante finale des diverses actions, c'est-à-dire des poussées et des pesanteurs résistantes; la poussée elle-même n'est qu'un mode de pesanteur. Ainsi, plus la voûte sera légère, moins elle poussera; plus les piédroits seront pesants, mieux ils résisteront. La légèreté des voûtes résultera de leur section, qui ne doit pas présenter d'épaisseurs inutiles ou mal réparties; des matériaux qui seront de la pierre légère, des briques plutôt creuses que pleines, ou, comme faisaient les Romains, de la pierre ponce dont la densité est minime; enfin des évidements, qui permettent de laisser à la voûte l'épaisseur nécessaire dans ses parties essentielles, et de constituer des surfaces importantes en simples remplissages plus minces.

Quant à la pesanteur des piédroits, elle résultera de leur masse, de la densité des matériaux, et aussi de la charge supérieure. Ainsi une même voûte, qui exigerait des murs très épais pour une salle unique A (fig. 430), trouvera une résistance suffisante dans des murs moins gros, B, si ces murs sont

chargés d'un ou plusieurs étages; et réciproquement, la démolition d'un étage supérieur, loin de soulager un rez-de-chaussée voûté, pourrait le compromettre au point de le faire écrouler.

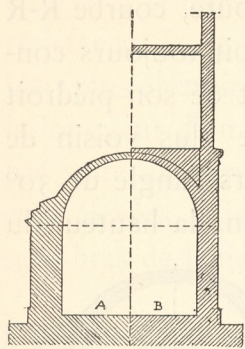


Fig. 430. — Résistance des piedroits d'une voûte.

Comme nous l'avons vu pour les arcs, une voûte pousse d'autant plus qu'elle est plus plate; une voûte ogivale, ou elliptique en hauteur, ou enfin en *chainette* (courbe naturelle d'un chapelet ou d'une chaîne) lorsque l'ouverture est moindre que la hauteur, poussent relativement peu; au contraire, les voûtes très

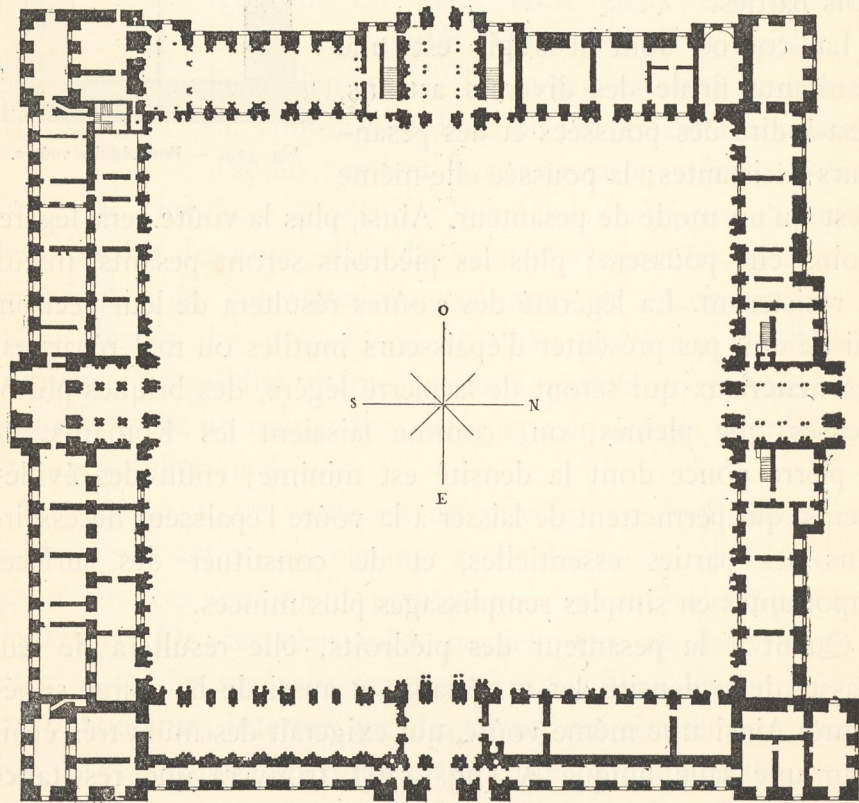


Fig. 431. — Plan du rez-de-chaussée du Louvre.

surbaissées poussent beaucoup, et le maximum de poussée se trouve dans le plafond appareillé, analogue comme voûte à ce qu'est la plate-bande appareillée comme arc.

Il y a donc tant de cas différents — forme et composition de la voûte, proportion de hauteur et de largeur, élévation des piédroits, charges supérieures, etc. — qu'il est impossible de donner des règles générales ou même des proportions empiriques. Voici toutefois quelques exemples de proportions entre les épaisseurs des murs et la portée des voûtes pour des salles voûtées très connues : ces exemples sont empruntés à des voûtes continues, berceaux ou coupoles, sans surcharges d'étages supérieurs.

MONUMENTS	MATÉRIAUX DE LA VOUTE	DIAMÈTRE DE LA VOUTE	ÉPAISSEUR DU MUR A LA NAISSANCE	RAPPORT DU DIAMÈTRE AU MUR
		Environ	Environ	
Panthéon de Rome (voûte sphérique, murs évidés).....	Briques et blocages	44 ^m 60	6 ^m 80	6 ^m 56
Grande salle circulaire des Thermes de Caracalla (id., id.).....	Id.	35 »	6 50	4 66
Basilique de Constantin (voûte en berceau).....	Id.	24 »	4 20	5 71
Temple de Vénus et Rome (berceau).	Id.	20 20	3 »	6 73
Sainte-Sophie de Constantinople, narthex du 1 ^{er} étage (berceau)...	Briques	8 60	2 20	3 99
Lanterne en arc de cloître de Saint-Michel de Pavie.....	Id.	9 60	1 10	8 72
Sainte-Marie des Fleurs (coupole octogonale).....	Id.	42 »	5 20	8 08
Saint-Pierre de Rome, nef (berceau contrebuté).....	Id.	27 80	3 60	7 72
Saint-Pierre de Rome, coupole ¹ , méridien au droit des arcs.....	Id.	40 60	3 70	10 98
Id. au droit des remplissages..		»	2 80	14 50
Coupole des Invalides.....	Pierre	26 »	4 »	6 50
Salle des Pas perdus du Palais (berceau).				
Au droit des arcs doubleaux.....	Pierre	12 50	1 90 (variable)	6 58
Id. des remplissages.....	Briques	13 60	1 »	13 60
Galerie Marchande.....	Pierre	7 40	1 80	4 11
Luxembourg, grand escalier.....	Pierre	8 »	1 80	4 44

1. (Nota. — Cette coupole est cerclée par des ceintures en fer.)

(NOTA. — Les conséquences à tirer de ce tableau ne sont pas absolues; non seulement en raison des différences de hauteurs, de charges, etc., mais aussi parce que les murs extérieurs sont le plus souvent accompagnés de saillies décoratives qui concourent à la résistance. Il ne faut donc les prendre que comme des renseignements très approximatifs, et sous toutes réserves de contrôle.)

Ces épaisseurs de murs sont toutes différentes de celles que comporteraient des planchers et combles, si chargés qu'ils pussent être. Aussi, un plan voûté doit se reconnaître du premier coup d'œil. Regardez par exemple le plan du rez-de-chaussée du Louvre (fig. 431) ou de Versailles, celui du Palais de Justice de Paris, ceux de la plupart des édifices de Rome, par exemple le Palais Corsini (fig. 432), de Gênes, de Florence, enfin ceux de nos églises et cathédrales, etc. Voilà des plans voûtés et qui tiennent de la voûte leurs proportions et leur aspect.

Cependant, vous serez surpris de trouver dans des livres des plans dont la légèreté vous étonnera, en voyant par les coupes que vous êtes en présence de voûtes. C'est que très souvent, dans l'architecture italienne surtout, la poussée des voûtes est neutralisée par des tirants en fer; les piliers alors n'ont plus qu'à supporter le poids vertical, et peuvent devenir légers; mais par une fâcheuse inexactitude, les gravures de ces édifices ne rendent pas compte en général de cet élément nécessaire, et l'image devient trompeuse par insuffisance.

Beaucoup de compositions célèbres à juste titre, notamment en Toscane, doivent à cet emploi du tirant en fer la condition de leur élégance et aussi de leur économie.

Cependant, des théoriciens absolus ont proscrit l'emploi du tirant pour les voûtes, et vous entendrez encore ces anathèmes.

La science de l'architecte, dit-on, doit combiner des éléments de stabilité suffisants par eux-mêmes sans recourir à des expédients qui sont la négation même du principe de la voûte. Cela

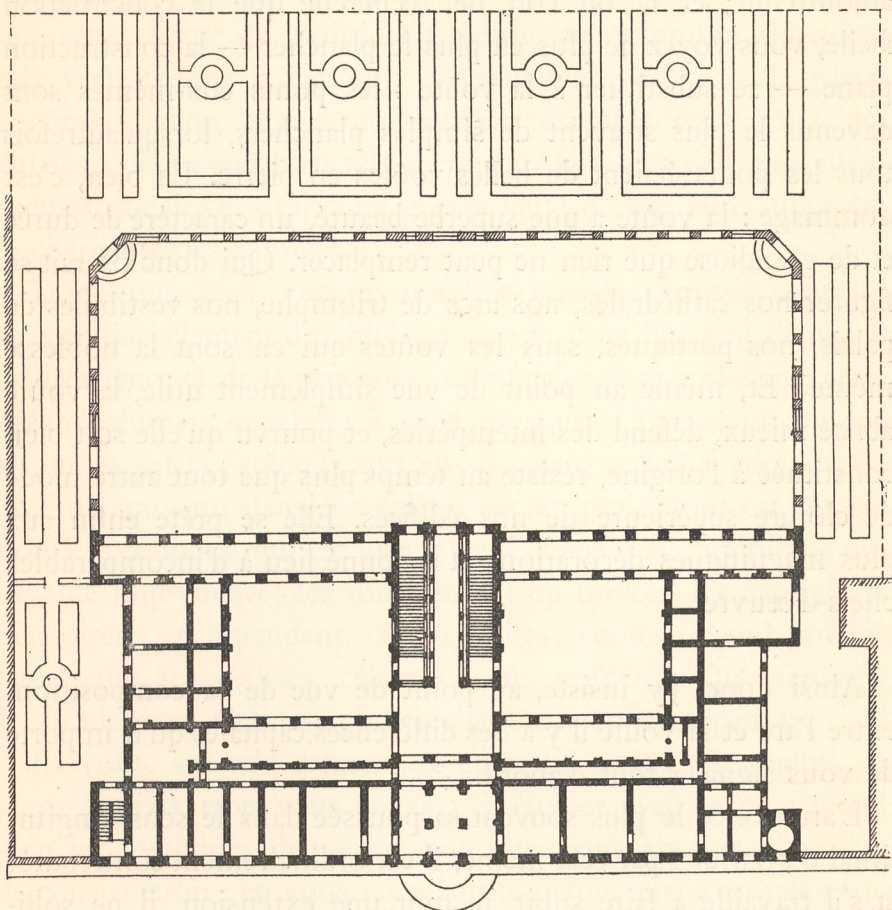


Fig. 432. — Plan du rez-de-chaussée du Palais Corsini, à Rome.

est très fier sans doute ; j'admire autant que qui ce soit les voûtes des Romains contenues par leurs inébranlables piliers ; mais j'admire aussi le merveilleux portique de la loge des *Lanzi* à Florence (voir plus haut, fig. 308) où quelques minces barres de fer ont pu permettre de si élégantes et délicates proportions.

De toute façon, remarquez-le bien, la voûte est un ouvrage qui n'est jamais sans difficulté. L'architecte est plus certain de se tirer avec honneur d'un plancher ou d'un plafond, surtout aujourd'hui; et là où l'on ne recherche que la construction facile, vous voyez de plus en plus le plancher — la construction plane — se substituer à la voûte : les ponts eux-mêmes sont devenus le plus souvent de simples planchers, lorsqu'autrefois tous les ponts étaient de belles voûtes en pierre. Eh bien, c'est dommage : la voûte a une superbe beauté, un caractère de durée et de grandiose que rien ne peut remplacer. Qui donc oserait se figurer nos cathédrales, nos arcs de triomphe, nos vestibules de palais, nos portiques, sans les voûtes qui en sont la noblesse même? Et, même au point de vue simplement utile, la voûte abrite mieux, défend des intempéries, et pourvu qu'elle soit bien constituée à l'origine, résiste au temps plus que tout autre mode de clôture supérieure de nos édifices. Elle se prête enfin aux plus magnifiques décorations et a donné lieu à d'incomparables chefs-d'œuvre.

Ainsi donc, j'y insiste, au point de vue de la composition, entre l'arc et la voûte il y a des différences capitales qu'il importe de vous signaler tout d'abord.

L'arc exerce le plus souvent sa poussée dans le sens longitudinal d'un mur : par cela même, il est ordinairement contrebuté; et s'il travaille à faire subir au mur une extension, il ne sollicite pas son renversement. La voûte au contraire pousse le plus souvent les murs transversalement, tendant à les faire déverser au dehors. Généralement donc, la voûte est plus dangereuse que l'arc.

D'autre part, l'arc est presque toujours chargé par de la construction supérieure; au contraire, on cherche toujours à ne pas

charger les voûtes, ou du moins à les charger le moins possible. Si elles tiennent lieu de planchers entre étages, ou si elles sont établies sous des terrasses, évidemment elles supportent une charge qui augmente l'action renversante de leur poussée : que cette charge du moins soit réduite au minimum. Et quant aux voûtes dont la fonction est seulement de clore la partie supérieure d'un édifice, comme par exemple les voûtes des églises, il faut avoir bien soin de ne leur faire rien porter qu'elles-mêmes; ainsi, ce serait une grosse faute de leur faire supporter la charpente des combles.

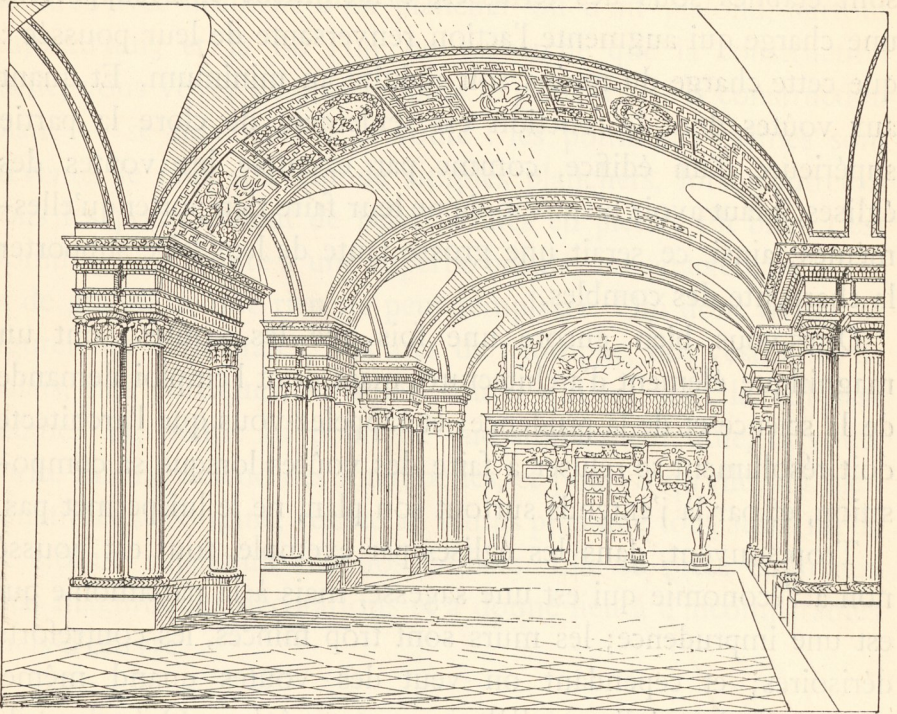
Dites-vous bien encore une fois que les voûtes sont un magnifique élément d'architecture, mais dont l'emploi demande de la science et de la prudence; et rappelez-vous que l'architecte doit résolument se refuser à faire des voûtes lorsque sa composition, et par là j'entends surtout son plan, ne le lui permet pas.

Trop souvent, dans les églises par exemple, tout est poussé non à l'économie qui est une sagesse, mais à la parcimonie qui est une imprudence; les murs sont trop minces, les contreforts dérisoires; et cependant on veut des voûtes quand même, parce que les églises célèbres sont voûtées. Qu'arrive-t-il? L'écroulement. Cela est plus fréquent que vous ne pensez.

La voûte est très dangereuse entre les mains d'ignorants, et je ne saurais trop vous engager à étudier avec le plus grand soin les méthodes de vérification que vous enseigne le cours de construction : en vous rappelant toutefois que, avant de vérifier, il faut concevoir, et que c'est votre composition qui seule vous permettra les voûtes faciles et sûres, ou qui, au contraire, vous fera une loi de vous en abstenir.

Indépendamment des questions de forme des voûtes, dont je vous parlerai plus loin, il faut d'abord distinguer trois systèmes

de construction, applicables à ces formes diverses des voûtes, et qui en modifient profondément l'action et l'aspect.



Salle des Cariatides au Louvre. — Vue intérieure.

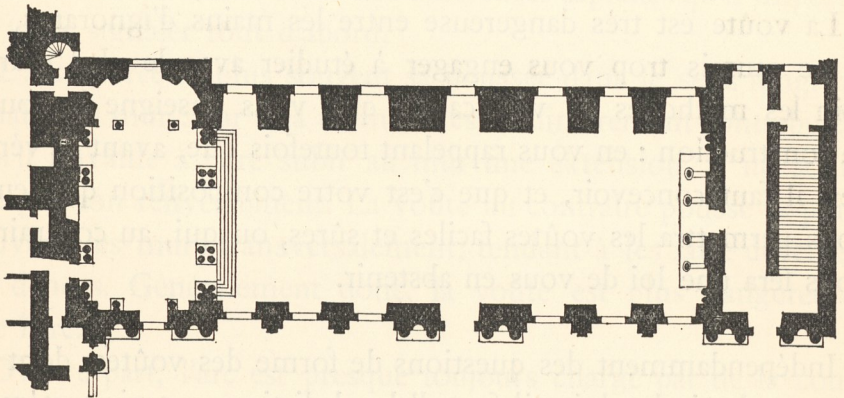


Fig. 433. — Salle des Cariatides au Louvre. — Plan.

Il y a les voûtes appareillées en pierres de taille, les voûtes en blocages ou petits matériaux, les voûtes du moyen âge supportées par des arcs.

La voûte appareillée, la voûte stéréotomique, d'un grand aspect monumental, est celle qui se voit le plus souvent dans notre architecture française moderne. Sa beauté est avant tout dans son appareil régulier, sa décoration dans la sculpture à même la pierre. Les exemples en abondent, tous nobles et magnifiques : qu'il me suffise de vous citer la salle des Cariatides au Louvre (fig. 433), les nefs du Val-de-Grâce et du Panthéon, l'arc de l'Étoile.

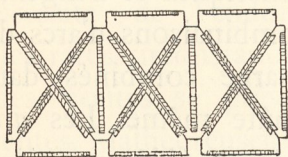
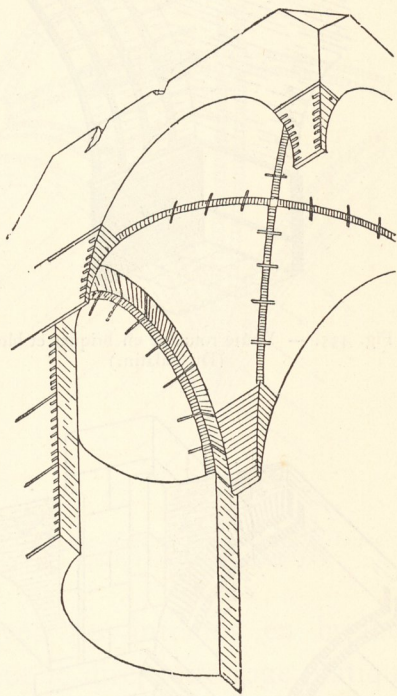


Fig. 434. — Voûtes romaines en briques et blocages.

Mais ces voûtes sont pesantes, même avec l'emploi de pierres dont la densité est peu élevée. De plus, les voussoirs, en contact seulement par des plans de joints, et non insertis les uns dans les autres comme des blocages, n'ont pas de solidarité entre eux; la voûte ne tient que par la coupe, la science stéréotomique, et pour une même portée et un même cintre, cette voûte en appareil est celle qui pousse le plus. Il faut donc lui opposer des résistances énergiques par la solidité des murs ou des piliers qui la reçoivent.

Les voûtes en blocages sont celles des grands monuments

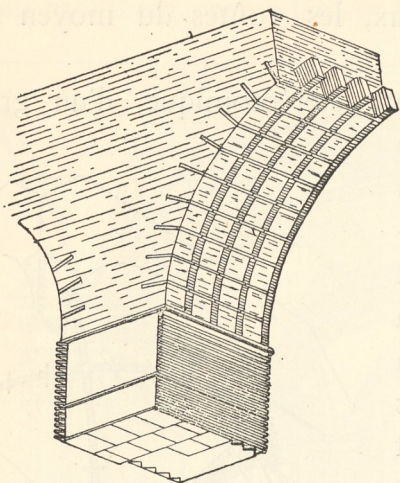


Fig. 435. — Voûte romaine en briques et blocages.
(Du Palatin.)

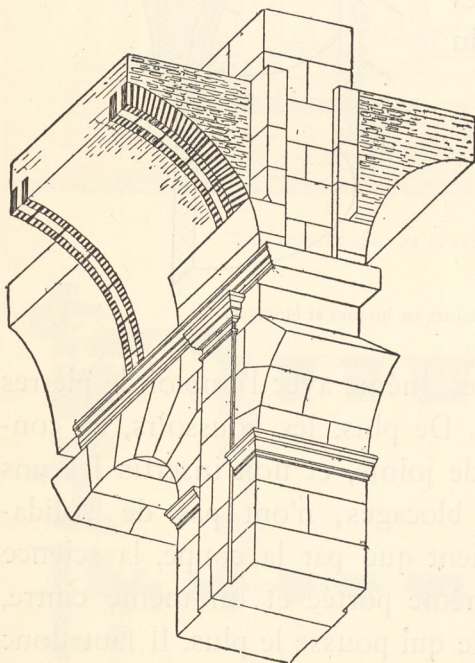


Fig. 436. — Voûte romaine en briques et blocages sur
piédroits en pierre. (Du Colisée.)

romains représentées synthétiquement dans les exemples (fig. 434, et fig. 435-436) empruntés à l'ouvrage de M. Choisy, *l'Art de bâtir chez les Romains*, tels que le Panthéon, les Thermes, la basilique de Constantin. Là, des ossatures sont accusées par l'emploi de la brique suivant des directrices et des génératrices s'il s'agit de voûtes cylindriques, suivant des méridiens et des parallèles s'il s'agit de voûtes sphériques et d'ingénieuses combinaisons d'arcs de décharge combinés dans la voûte même. Les arcs en briques (idée première des voûtes à ossatures du moyen âge) déterminent les parties essentielles de la construction (fig. 437). Les intervalles entre les ossatures sont comblés par un blocage, sorte de béton, où un excellent mortier relie des déchets divers, éclats

de pierres, etc., et de préférence la pierre ponce, si légère, qui se trouve abondamment dans les régions volcaniques. L'emploi de ces petits matériaux posés *à bain* de mortier finit par faire de cet ensemble une sorte de monolithe, dont la poussée serait nulle — remarquez-le bien — s'il ne se cassait pas. Je reviendrai tout à l'heure sur ces considérations de poussées.

A ces voûtes en petits matériaux peuvent se rattacher les voûtes en briques telles que sont toutes les voûtes modernes de l'Italie et du midi de la France. Les unes et les autres ont pour caractéristique l'absence d'appareil, la recherche du monolithe, et la nécessité de l'enduit, sauf les rares circonstances

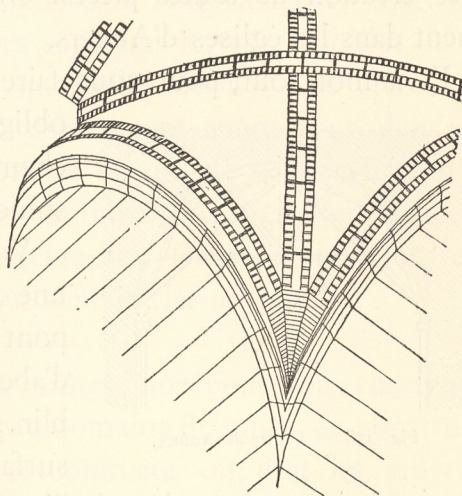


Fig. 437. — Voûte romaine avec arçiers et formerets en briques. (De l'arc de Janus.)

où des voûtes se présentent avec un intrados en briques apparentes. Malheureusement, il faut le dire, cette sage pratique des voûtes en maçonnerie n'a pas été celle du XVII^e siècle, et les belles voûtes de Versailles et d'autres du même temps sont construites en bois, chevrons et lattis, avec enduit de plâtre. Elles sont ainsi bien moins durables, et assujetties à toutes les causes de précarité qui résultent de l'emploi du bois.

Je parlerai plus loin de la décoration de ces diverses voûtes.

Les voûtes du moyen âge — lorsqu'elles ne sont plus simplement la voûte antique comme dans l'architecture latine et

même romane à ses débuts — les voûtes du moyen âge sont une conception complexe, ou plutôt sont moins une conception qu'un résultat final de tâtonnements successifs dont on peut suivre la trace historique, et qui ont fini par aboutir à un système complet qu'on pourrait croire et que parfois on a cru être une création de toutes pièces. On en saisit la genèse notamment dans les églises d'Angers.

Et à mon tour, pour vous faire saisir cette évolution, je suis obligé de vous conduire par un chemin un peu long et peut-être sinueux.

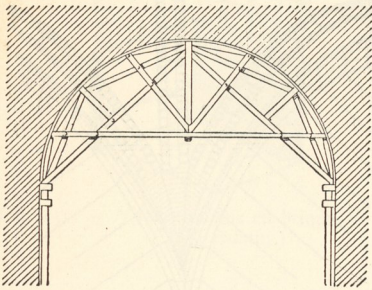


Fig. 438. — Cintre des voûtes.

Vous savez que pour construire une voûte, — qu'il s'agisse d'un pont ou d'une salle, — il faut d'abord la cintrer, c'est-à-dire établir provisoirement, en bois, des surfaces qui sont rigoureusement

contiguës à tous les points de l'intrados. Cette surface est formée par des planches ou madriers, supportés aux endroits voulus par des *fermes de cintres* en charpente. Ce travail de charpente est souvent compliqué et demande beaucoup d'ingéniosité. Les fermes de charpente comprennent les cerces ou le cintre proprement dit, et les poteaux, contre-fiches, liens et moises, etc. (fig. 438).

Eh bien, supposez maintenant que les cerces ou cintres véritables, disposés sous les parties de voûtes où l'appui est particulièrement nécessaire, se soient en quelque sorte pétrifiés : ces cintres deviennent des arcs, et les arcs portent la voûte comme la porteraient les cintres. Et voilà les voûtes du moyen âge que nous pouvons définir ainsi :

Des voûtes composées de cintres en pierre supportant des remplissages en petits matériaux.

La voûte du moyen âge emprunte donc à la voûte romaine la conception de l'ossature et du remplissage; à la voûte appareillée elle emprunte la pratique de la coupe de pierres. Son caractère original est dans la saillie de l'ossature qui, dans la voûte romaine, est noyée dans la masse, et dans l'emploi combiné de ces deux éléments; elle a le remplissage et elle a la coupe appareillée. Ses poussées sont plus fortes que celles de la voûte romaine, moins fortes que celles de la voûte stéréotomique. Son caractère et son aspect sont avant tout dans la disposition de ses arcs, ou, comme on dit, de ses nervures, qui arrivent en dernier lieu à des combinaisons très compliquées, d'ailleurs très élégantes et ingénieuses. Dans l'architecture de ces voûtes, ce sont les arcs qui sont la clef de l'étude.

Je reviens aux poussées des voûtes; non pour vous enseigner comment on les calcule, c'est le domaine du cours de construction, mais pour vous montrer comment on doit les prévoir dans la composition. Je ne pourrai sans doute éviter quelques redites, mais l'importance du sujet les excusera. Entrons donc dans les questions d'application. Il faut en effet, je vous l'ai déjà dit, que la composition rende possible l'application des règles de la construction : composer, c'est prévoir. Si vous dédoublez par la pensée votre personnalité, le compositeur prévoit et assure la constructibilité de sa conception, puis le constructeur vérifie la stabilité, retranche ou ajoute aux éléments essentiels, ou même condamne absolument la disposition prise; mais même en ce cas, s'il faut chercher un nouveau parti, ce sera encore le compositeur qui le cherchera — en profitant peut-être de la leçon.

Pourquoi une voûte pousse-t-elle? Parce qu'elle se casse. Pas de déformation, pas de poussée. Supposez, par exemple, qu'une

voûte monolithe soit tellement homogène que l'adhérence de ses parties puisse être comparée à l'adhérence moléculaire : cette voûte se posera sur des murs comme un couvercle et n'exercera aucune poussée. Et cela n'est pas une fiction : il y a à Ravenne un édifice circulaire, le tombeau de Théodoric (fig. 439), couvert par une pierre unique taillée en forme de

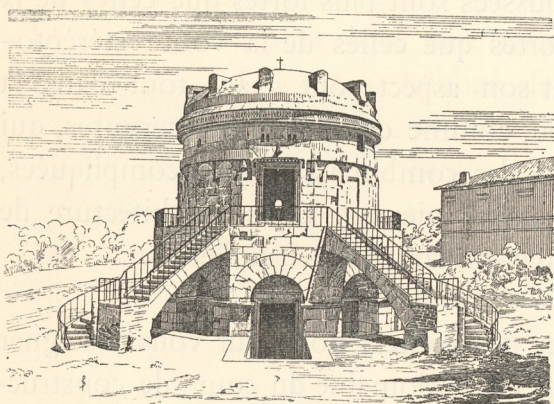


Fig. 439. — Tombeau de Théodoric, à Ravenne.

coupole : ce n'est qu'un couvercle, ce n'est pas une voûte.

La voûte pousse donc en raison de la mobilité de ses éléments.

Toute poussée de voûte est une action multiple d'efforts non parallèles; ces efforts se composent en une

résultante qui n'est et ne peut être ni horizontale ni verticale. Elle est plus ou moins oblique, et dès lors, rencontrant le mur ou le piédroit, elle se décompose elle-même en deux actions, l'une verticale, l'autre horizontale. L'action verticale charge le mur, l'action horizontale le pousse. Si le mur est assez résistant pour s'opposer à tout renversement, il s'oppose aussi à toute déformation de la voûte; s'il y a le moindre renversement partiel du mur, il y a par voie de conséquence déformation de la voûte ou réciproquement, et cette déformation se traduit par des fissures : fissures suivant l'appareil dans les voûtes appareillées, fissures irrégulières dans les voûtes en blocages.

Je passe d'ailleurs sous silence les désordres qui peuvent se produire dans une voûte par l'action réciproque de ses éléments

les uns sur les autres si les sections sont mal étudiées. C'est un point très important, mais qui relève de la construction seule et non de la composition.

Ainsi, voilà ce qu'il faut bien comprendre : tandis que le mur, la colonnade, le plancher, tout ce que nous avons vu jusqu'ici, sont généralement des éléments d'une construction *en repos*, la voûte est un élément d'une construction *en mouvement*. A un équilibre statique se substitue ici un équilibre dynamique, et l'immobilité de la construction ne sera obtenue que si ce mouvement est non pas supprimé, mais empêché par une résistance suffisante. Cette résistance, c'est avant tout le plan qui vous la donnera, mais ce n'est pas le plan seul.

Prenons quelques exemples.

Vous voulez faire une salle voûtée, en berceau, sur une largeur donnée. Vous trouvez quelque part une salle précisément de cette largeur, voûtée de même : même cintre, même appareil. Vous en concluez que, en donnant à vos murs les épaisseurs que vous trouvez dans ces murs qui tiennent depuis deux ou trois siècles, vous serez à l'abri de toute crainte.

Et votre voûte va peut-être s'écrouler.

Si votre modèle est peu élevé (fig. 440), et si votre salle à vous est très haute, la résultante R des efforts qui pour votre modèle ne sort pas de la section du mur en sortira pour vous.

Si votre modèle appartient à un rez-de-chaussée surmonté de plusieurs étages, la charge verticale des murs y est considérable, et par conséquent aussi la résistance de ces murs; si votre salle est dans un édifice qui n'ait qu'un rez-de-chaussée,

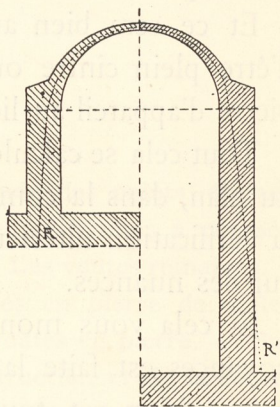


Fig. 440. — Stabilité et instabilité d'une même voûte, suivant la hauteur des piedsroits.

cette résistance R' deviendra insuffisante (voir plus haut, fig. 428).

Si votre modèle est voûté en pierre légère, votre salle en pierre lourde; si les murs de votre modèle sont en pierre lourde, les vôtres en pierre légère : autant de raisons encore qui peuvent rendre insuffisantes pour vous les épaisseurs suffisantes pour votre modèle.

Et ce sera bien autre chose encore si votre voûte, au lieu d'être plein cintre ou ogivale, est surbaissée, ou si elle est en pierre d'appareil au lieu de blocage.

Tout cela se calcule, se vérifie; mais déjà dans l'établissement du plan, dans la composition, tout cela doit se prévoir afin que la vérification ultérieure de stabilité n'ait à agir en tous cas que sur des nuances.

Et cela vous montre une fois de plus de combien de prévoyances est faite la composition d'un plan, et comment cette composition est tout d'abord provisoire et ne peut devenir définitive qu'après l'étude de tous les ensembles : étude particulièrement laborieuse à propos des édifices voûtés.

