



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

**Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe  
au XVIe siècle**

**Viollet-le-Duc, Eugène-Emmanuel**

**Paris, 1868**

Voûte

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-81068](#)

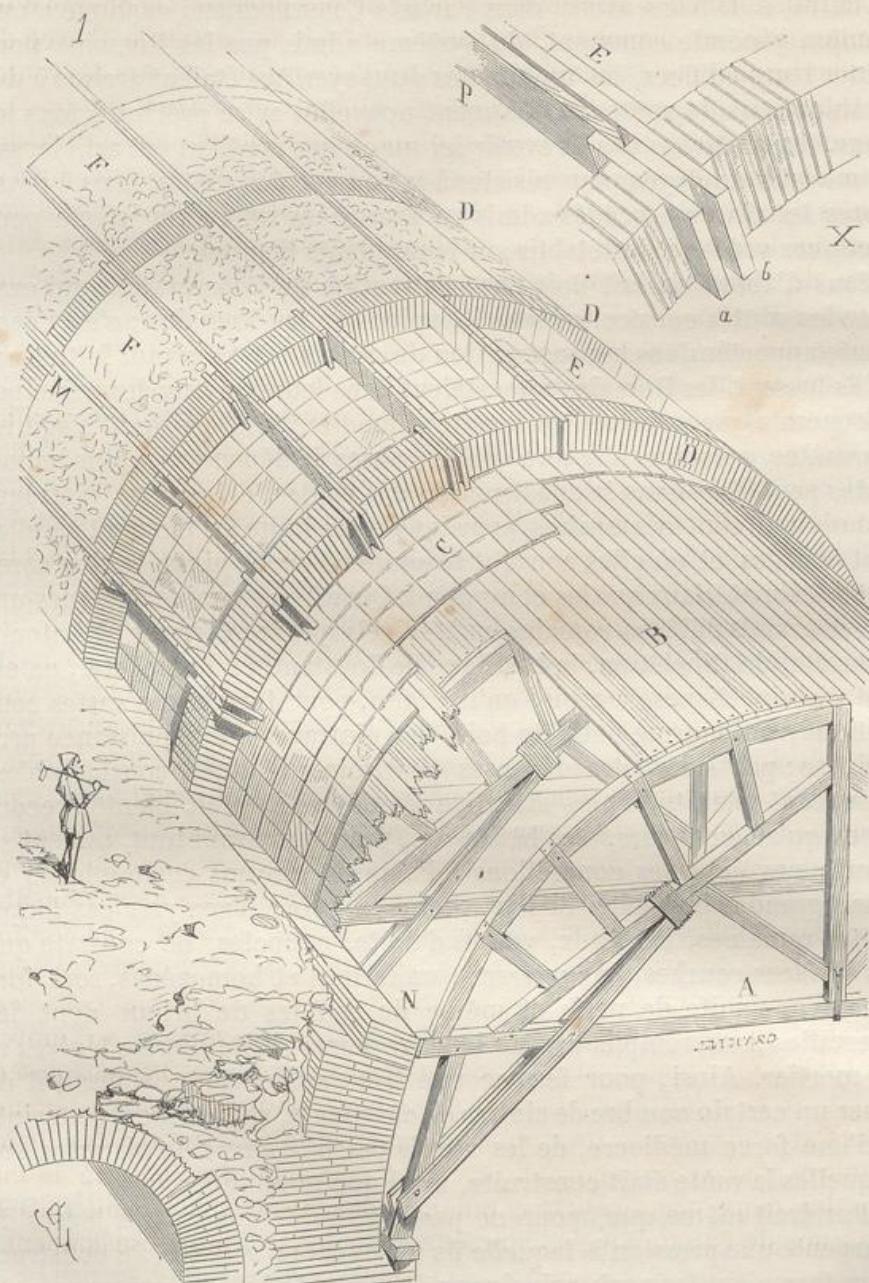
murs d'une salle et le plafond ; mais ce genre de construction n'était pas admis pendant le moyen âge : il ne date que de la fin du xvi<sup>e</sup> siècle.

**VOUTE**, s. f. Nous avons, dans l'article CONSTRUCTION, expliqué d'une manière générale comment, du système admis par les Romains pour voûter leurs édifices, les architectes du moyen âge étaient arrivés à des combinaisons de voûtes entièrement nouvelles et se prêtant à tous les plans. Nous n'avons pas à revenir ici sur ce que contient cet article, sur les moyens employés pour résister à la poussée des voûtes, mais à développer les divers procédés admis en France du xi<sup>e</sup> au xvi<sup>e</sup> siècle pour tracer ces voûtes et les établir sur leurs points d'appui.

Tout d'abord un fait doit fixer l'attention de l'observateur qui examine les voûtes construites sous l'empire par les Romains : c'est l'économie apportée dans la construction de ces voûtes. Si grands bâtisseurs qu'ils fussent, les Romains apportaient dans leurs travaux des principes d'économie que nous ne saurions trop méditer. Or, puisqu'il s'agit ici des voûtes, personne n'ignore que les causes de dépenses les plus importantes peut-être dans la construction des voûtes, ce sont les cintrages de bois qui sont nécessaires pour les porter jusqu'au moment où elles sont fermées et où elles peuvent se soutenir par la juxtaposition complète des matériaux qui les composent. Quand on examine quelques-uns de ces grands édifices romains voûtés, tels que les thermes d'Antonin Caracalla, de Dioclétien, la basilique de Constantin à Rome, etc., on est tout d'abord disposé à croire qu'il a fallu, pour former ces vastes concrétions, un énorme cube de bois, des cintrages d'une puissance prodigieuse ; par suite, des dépenses provisoires perdues, considérables. Cependant une étude plus attentive de ces voûtes fait bientôt reconnaître qu'au contraire, ces bâtisseurs, pratiques avant tout, avaient su fermer ces énormes concrétions à l'aide de moyens économiques et d'une grande simplicité. Si l'on prend la peine d'analyser ces larges voûtes romaines, berceaux, voûtes d'arête, coupoles, on constate que ces surfaces courbes, en apparence uniformes et homogènes, sont formées d'une suite de nerfs et même de cellules de brique dont les intervalles sont remplis par un blocage composé de pierres légères et de mortier. Ainsi, pour fermer une très-grande voûte, suffisait-il de poser un certain nombre de cintres de charpente, relativement restreints et d'une force médiocre, de les réunir par une forme de planches sur lesquelles la voûte était construite, ainsi que nous allons le voir.

Il arrivait même que, pour ne pas faire subir aux cintres légers de charpente une pression à laquelle ils n'eussent pu résister, les constructeurs formaient les nerfs principaux de rangs de briques superposés, le premier servant de cintre à demeure pour les suivants et déchargeant ainsi le cintre provisoire de charpente. Souvent même le constructeur bandait sur des cintres très-espacés, réunis seulement par des planches, une voûte en grandes briques posées à plat, voûte qui n'avait qu'un

poids insignifiant, et sur cette voûte, sur cette coque légère, mais déjà très-résistante, il formait les nerfs principaux, les cellules de brique, et remplissait de blocage les intervalles.



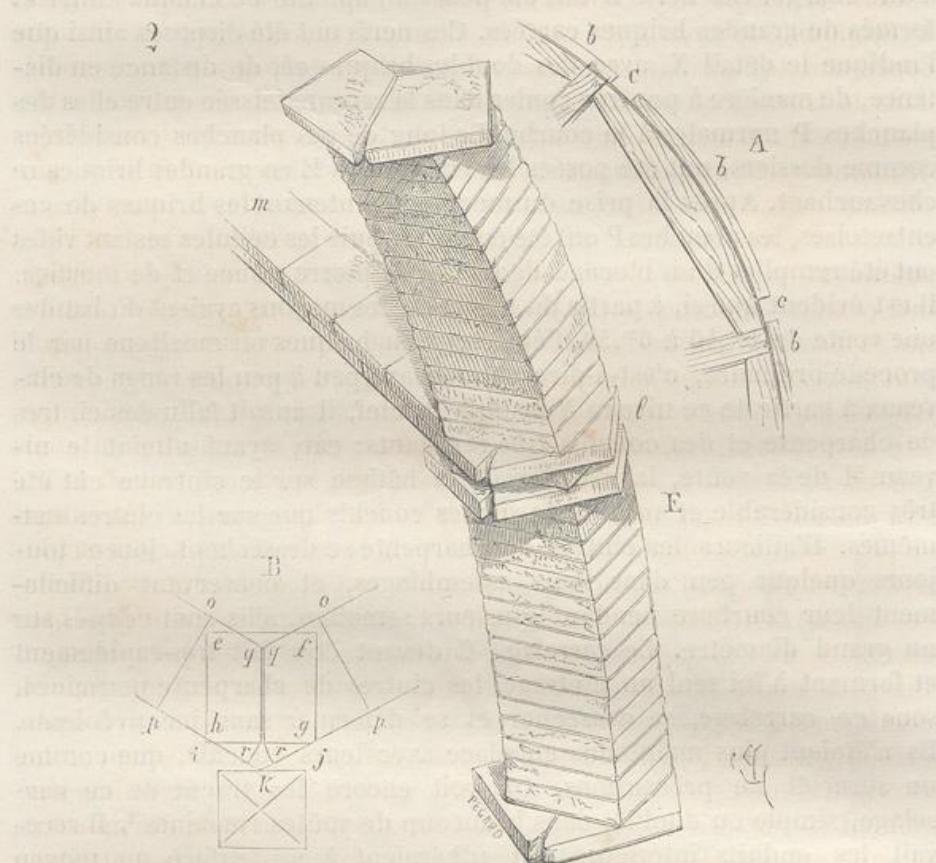
Notre figure 4 expliquera cette méthode de construire les voûtes. Soit un berceau à voûter. Des cintres légers de charpente A, relevés, ont été posés à intervalles égaux, leurs courbes commençant au niveau de la

portion de voûte qui a déjà pu être élevée sans le secours d'un cintrage, mais à l'aide d'une simple tige de bois ou de cercles. Ces cintres ont été réunis par des planches ou couchis B, qu'il n'a pas été nécessaire de poser jointifs, planches assez épaisses pour ne pas plier sous la charge d'un homme. Sur ces planches, les maçons ont fait le carrelage C avec de grandes briques plates, comme on construit encore de nos jours des voûtes en tuiles ou carreaux de terre cuite, ciment ou plâtre<sup>1</sup>. Dès lors les ouvriers opéraient sur une croûte solide, homogène et pouvant résister à une charge. Les nerfs D ont été posés à l'aplomb de chaque cintre et formés de grandes briques carrées. Ces nerfs ont été disposés ainsi que l'indique le détail X, avec des doubles briques ab, de distance en distance, de manière à pouvoir couler dans la rainure laissée entre elles des planches P normales à la courbe. Le long de ces planches considérées comme dossiers, ont été posées les entretoises E en grandes briques se chevauchant. Après la prise du mortier maintenant les briques de ces entretoises, les planches P ont été enlevées, puis les cellules restant vides ont été remplies d'un blocage de tuf ou de pierre ponce et de mortier. Il est évident que si, à partir du niveau N, les maçons avaient dû bander une voûte de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur en briques ou moellons par le procédé ordinaire, c'est-à-dire en montant peu à peu les rangs de claveaux à partir de ce niveau N jusqu'à la clef, il aurait fallu des cintres de charpente et des couchis très-résistants; car, ayant atteint le niveau M de la voûte, la pression de la bâtie sur le cintrage eût été très-considérable et aussi forte sur les couchis que sur les cintres eux-mêmes. D'ailleurs les cintres de charpente se dessèchent, jouent toujours quelque peu dans leurs assemblages, et conservent difficilement leur courbure pendant plusieurs semaines, s'ils sont coupés sur un grand diamètre. Le carrelage C devant être fait très-rapide et formant à lui seul un cintrage, les cintres de charpente pouvaient, sous ce carrelage, se dessécher et se déformer sans inconvénients. Ils n'étaient plus maintenus en place avec leurs couchis, que comme un surcroit de précautions. On voit encore les traces de ce carrelage, simple ou doublé, dans beaucoup de voûtes romaines<sup>2</sup>. Il recevait les enduits intérieurs qui adhéraient à sa surface au moyen des bavures du plâtre ou du mortier qui réunissait les briques posées à plat. Si la voûte était d'arête, le système employé était le même, et des arcs diagonaux de brique marquaient la pénétration des demi-cylindres. Ces arcs diagonaux (fig. 2) ne pouvaient être posés à la fois dans les deux plans courbes, qui ne donnent un angle droit qu'à la naissance de l'arête. En effet, lorsque deux demi-cylindres se coupent à

<sup>1</sup> Le plâtre a été employé par les Romains dans les circonstances indiquées ici, notamment au théâtre de Taormine, en Sicile, et dans les thermes d'Antonin Caracalla, à Rome.

<sup>2</sup> Notamment aux voûtes des thermes d'Antonin Caracalla.

angle droit, on sait que l'angle de rencontre des courbes devient de plus en plus obtus à mesure qu'on s'approche du sommet ou de la clef de la voûte. Un arc de brique ne pouvait mouler cette forme, puisqu'il eût fallu autant d'angles différents qu'il y avait de briques dans une branche d'arc. Les constructeurs romains posèrent donc les cintres de charpente diagonaux suivant la ligne vraie de pénétration, puis ils placèrent sur la courbe des cintres des *veaux* de bois *b* (voyez en A), laissant entre eux, de distance en distance, des intervalles *c* de moins en moins profonds



à mesure qu'on approchait du sommet de l'arc. Sur ces veaux le maçon posait alors l'arc diagonal perpendiculaire au plan diagonal (voy. en B). La section de cet arc est figurée par le carré *efgh*, les veaux comblant la différence *ij*, et le cintre étant en *k*. Dans les intervalles *c*, des briques doubles écornées étaient posées, ainsi que l'indiquent les trapèzes *opqr*, leur bord suivant la direction horizontale des deux cylindres. On obtenait ainsi la structure indiquée en E. Deux rangs de ces briques parallèles aux plans des voûtes permettaient de poser en *l* les planches qui (comme il a été montré dans l'exemple précédent) permettaient de bander les entretoises *m* formant le cloisonnage dans lequel on maçon-

nait les remplissages de blocage. Les saillies des briques espacées parallèles aux plans des voûtes servaient à tracer et à maintenir l'arête, faite en même temps que l'enduit. S'il s'agissait d'une coupole, ou les nerfs de brique formaient comme des côtes engagées dans la portion de sphère, ainsi qu'on peut le voir à la voûte du temple dit de Minerva Medica, à Rome, où ces nerfs composaient une suite d'arcs en façon d'imbrication, comme dans la voûte de la petite salle ronde des thermes de Dioclétien.

Cette structure des voûtes présentait donc les avantages suivants : 1<sup>o</sup> économie de cintres; 2<sup>o</sup> rapidité d'exécution, sans avoir à craindre cependant les accidents qui résultent d'une interruption momentanée dans le travail; 3<sup>o</sup> facilité d'employer des ouvriers de qualités différentes; car, pour remplir les cellules de blocage, il n'était besoin que de manœuvres; 4<sup>o</sup> possibilité de décintrer immédiatement après le remplissage des cellules, et même avant ce remplissage, si l'on tenait à remployer les cintres ailleurs, puisque la croûte composée de briques à plat suffisait et au delà pour recevoir ces remplissages des cellules; 5<sup>o</sup> élasticité pendant la durée du travail, ce qui permettait d'éviter les ruptures qui se manifestent dans une construction absolument homogène et qu'il faut un certain temps pour compléter; 6<sup>o</sup> après le remplissage des reins, concrétion parfaite. Dans la construction des très-grandes voûtes, qui, par leur développement même, ne peuvent être fermées en un court espace de temps, il se manifeste souvent des ruptures pendant le travail des ouvriers ou immédiatement après leur fermeture. Ces accidents se produisirent pendant la construction de la coupole de Sainte-Sophie de Constantinople, d'une manière tellement grave, qu'il fallut recommencer l'opération; mais les Romains des bas temps ne savaient plus bâtir comme leurs devanciers. Après la construction de la coupole de Saint-Pierre de Rome des déchirures se manifestèrent. Il est aisé de concevoir comment des surfaces courbes de cette étendue, maçonées peu à peu, présentent, après l'achèvement du travail, des parties parfaitement sèches et *prises*, d'autres encore molles, pour ainsi dire, ou tout au moins légèrement compressibles. C'est à cette inégalité dans la *prise* des mortiers, et par suite dans la compressibilité de ces surfaces, qu'il faut attribuer les désordres que l'on signale dans les grandes voûtes de maçonnerie élevées depuis les belles époques de l'empire. Mais si, au lieu d'élever ces voûtes par assises, par zones, comme on le fait encore de nos jours, on maçonne rapidement une ossature bien entendue suivant la forme même de la voûte et les propriétés de sa courbure, ce qui est facile, on peut prendre tout le temps nécessaire pour remplir les intervalles laissés entre cette ossature; car celle-ci établie, la voûte est faite, elle prend son équilibre, subit ses tassements sans être gênée, sans se déchirer. Cette méthode devait conduire tout naturellement les constructeurs romains à adopter les caissons pour leurs voûtes, et surtout pour les voûtes sphériques. Voici pourquoi. Pour faire une voûte sphérique, il

est nécessaire d'établir des cintres rayonnants divisant la demi-sphère par côtes, comme les degrés de longitude divisent la terre; mais les couchis qui vont d'un cintre à l'autre donnant des lignes droites, il en résultait, ou que la voûte était composée d'une suite de plans, ou qu'il eût fallu faire une forme sur ces couchis pour arriver à la courbe sphérique. Cela exigeait beaucoup de bois, était long, et dispendieux par conséquent. Des difficultés plus graves surgissaient si la voûte sphérique avait un très-grand diamètre, comme celle du Panthéon de Rome, par exemple<sup>1</sup>. En supposant qu'on eût voulu éléver une voûte couvrant une aussi grande surface par la méthode adoptée dans les temps modernes, c'est-à-dire par zones maçonnées successivement sur cintres, on comprend quelle puissance il eût fallu donner à ces cintres, et comme il eût été nécessaire d'assurer leur parfaite immobilité pendant un laps de temps très-considérable; or, les bois à l'air en aussi grande quantité, et vu le nombre de leurs assemblages, travaillent de telle sorte, que, malgré toutes les précautions, un cintrage de cette importance s'affaisserait peut-être de 0<sup>m</sup>,50 à son sommet au bout de trois ou quatre mois. Il n'en faut pas tant pour compromettre l'exécution d'une coupole de cette dimension. Mais si, sur un cintrage relativement léger, les constructeurs peuvent en très-peu de temps bander une ossature légère, mais assez résistante cependant pour permettre de compléter la structure de l'énorme demi-sphère, sans se presser et sans craindre les tassements ou affaissements partiels, le problème sera résolu, et l'on ne courra aucun risque, car le décintrage de la voûte se réduira à un enlèvement de pièces de bois dont la fonction sera devenue insignifiante; il pourra se faire sans qu'il y ait à prendre ces précautions délicates, faute desquelles il peut survenir une catastrophe. Dans les constructions, il ne faut jamais que l'oubli d'une précaution, une maladresse puissent occasionner un sinistre; les procédés pratiques doivent offrir toute sécurité, et rien ne doit être livré au hasard ou à la chance plus ou moins heureuse. C'était bien évidemment ainsi que les architectes romains entendaient éléver leurs bâtisses.

Piranesi a donné une gravure de la construction de la coupole du Panthéon de Rome; mais nous ne savons sur quelle donnée il a fait sa planche, car de son temps, pas plus qu'aujourd'hui, on n'en pouvait reconnaître exactement la structure. Nous pensons que le système qu'il indique est celui de l'extrados de la coupole qu'il aura pu voir pendant qu'on réparait la couverture de plomb; il aura supposé que la combinaison visible à l'extérieur devait se reproduire à l'intérieur; or, cela n'est pas possible, si l'on considère la disposition de cet intérieur et l'épaisseur de la voûte, qui, près de la lunette, n'a pas moins de 1<sup>m</sup>,50. Les briques que l'on peut voir à l'extrados ne traversent certainement pas l'épaisseur de la voûte; donc la structure, l'ossature visible à l'inté-

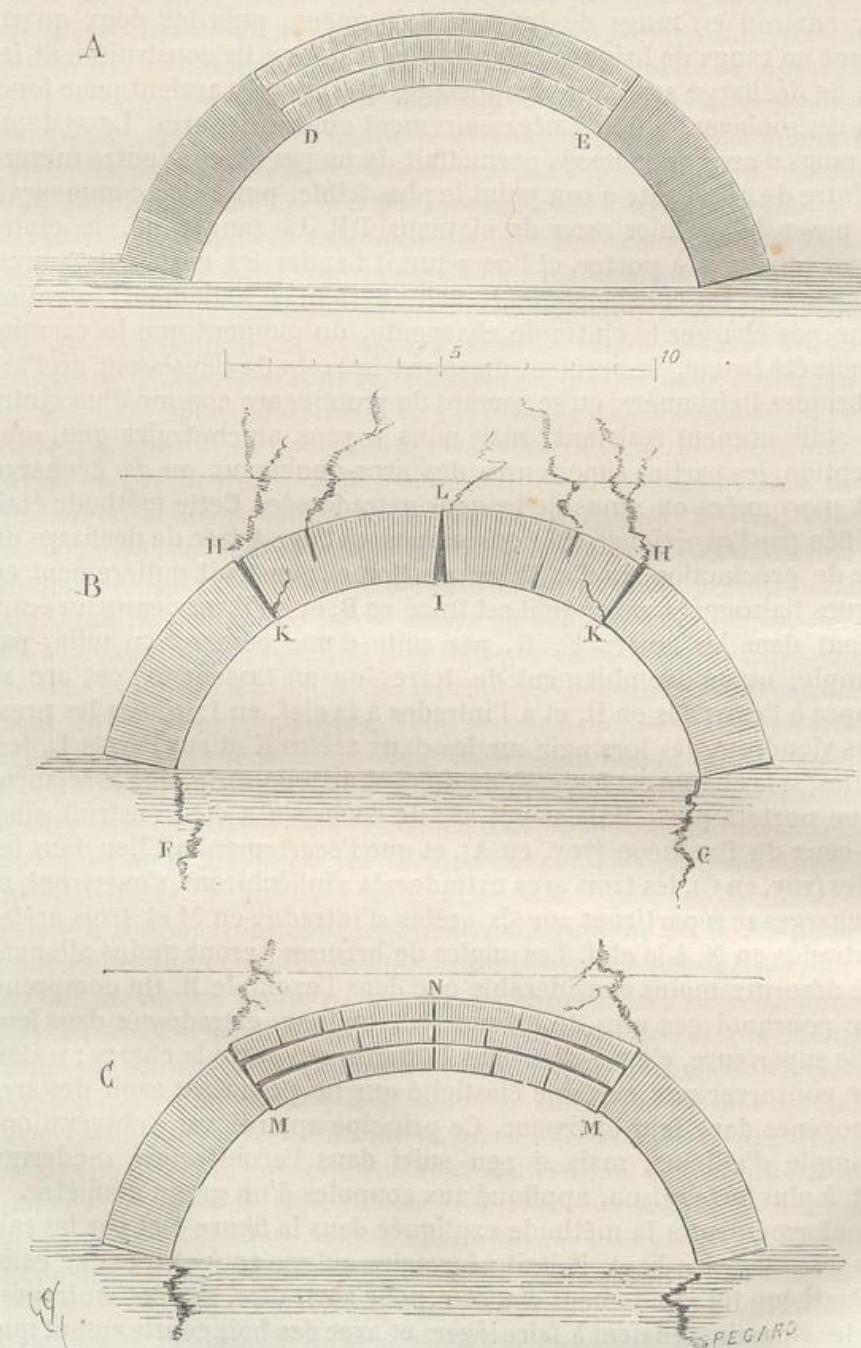
<sup>1</sup> La voûte du Panthéon d'Agrippa a 43 mètres 36 centimètres de diamètre.

rieur peut être différente de celle visible à l'extérieur. Nous irons plus loin, nous dirons que ces deux ossatures doivent être absolument différentes, et nous allons expliquer pourquoi. Quand les Romains construaient un arc-doubleau, une tête de berceau portant charge, ou même un arc de décharge, ils avaient le soin de procéder ainsi que l'indique la figure 3 en A : ils maçonnaient, à partir de la naissance, le quart de l'arc environ en rangs de briques liaisonnées, puis les deux quarts restant en rangs de briques extradossées. Comme ils construisaient les arcs de décharge avant les remplissages que ces arcs avaient pour fonction de soulager, il fallait nécessairement cintrer ces arcs. Le système des rangs d'arcs extradossés permettait de ne pas charger outre mesure le cintre de charpente à son point le plus faible, puisqu'on commençait par poser le premier rang de claveaux DE. Ce rang posé, le cintre n'avait plus rien à porter, et l'on pouvait bander les deux autres arcs. Si cependant les constructeurs romains avaient eu seulement l'intention de ne pas charger le cintre de charpente, du moment que le premier arc eût été bandé, ils auraient maçonné le reste de l'épaisseur de l'arc de briques liaisonnées, en se servant du premier arc comme d'un cintre très-suffisamment résistant ; mais nous voyons au contraire que, sans exception, les parties supérieures des arcs-doubleaux ou de décharge sont maçonnées en rangs de briques extradossées. Cette méthode était justifiée par l'expérience. Si nous supposons l'arc A (arc de décharge du mur de précincton du Panthéon de Rome) construit entièrement en briques liaisonnées, ainsi qu'il est tracé en B, et qu'il survienne un écartement dans les culées F, G, par suite d'une commotion telle, par exemple, qu'un tremblement de terre, ou un tassement, cet arc se rompra à l'extrados en H, et à l'intrados à la clef, en I; toutes les pressions viendront dès lors agir sur les deux arêtes K et sur l'arête L, lesquelles, si la charge est forte, s'épauftreront de telle sorte, que le segment KK ne portera plus. Mais si cet arc de décharge a été construit ainsi que ceux du Panthéon (voy. en A), et que l'écartement ait lieu dans les culées (voy. en C), les trois arcs extradossés s'infléchiront, s'ouvriront, et les charges se répartiront sur six arêtes d'intrados en M et trois arêtes d'extrados en N, à la clef. Les angles de brisures seront moins allongés et le désordre moins considérable que dans l'exemple B. On comprend donc pourquoi ces arcs de brique sont toujours extradossés dans leur partie supérieure, c'est-à-dire dans la partie qui porte la charge; c'était pour conserver une certaine élasticité que ne pouvaient avoir des arcs homogènes dans leur épaisseur. Ce principe appuyé sur l'observation, si simple d'ailleurs, mais si peu suivi dans l'architecture moderne, était, à plus forte raison, appliqué aux coupoles d'un grand diamètre.

Conformément à la méthode expliquée dans la figure 1 et par les raisons données plus haut, il était nécessaire qu'une coupole comme celle du Panthéon fût rapidement ébauchée, pour ainsi dire, sur ces cintrages, que les Romains tenaient à faire légers et avec des bois courts autant que

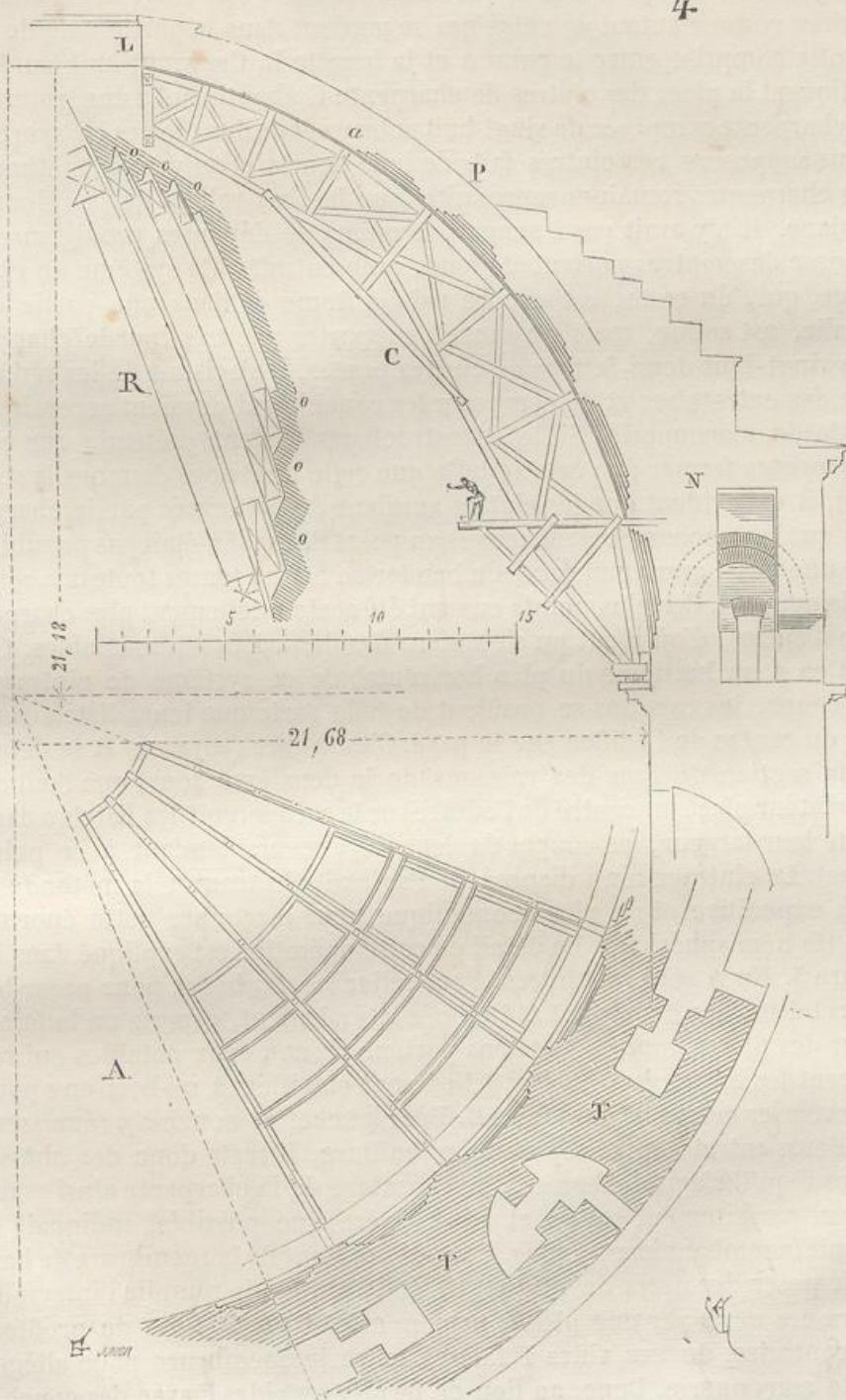
possible, afin d'éviter les dépenses inutiles, les difficultés de pose et le gaspillage des charpentes. Pour expliquer clairement la méthode des

3



constructeurs romains lorsqu'ils voulaient fermer de grandes coupole, nous prenons comme type le Panthéon de Rome. La figure 4 présente

4-

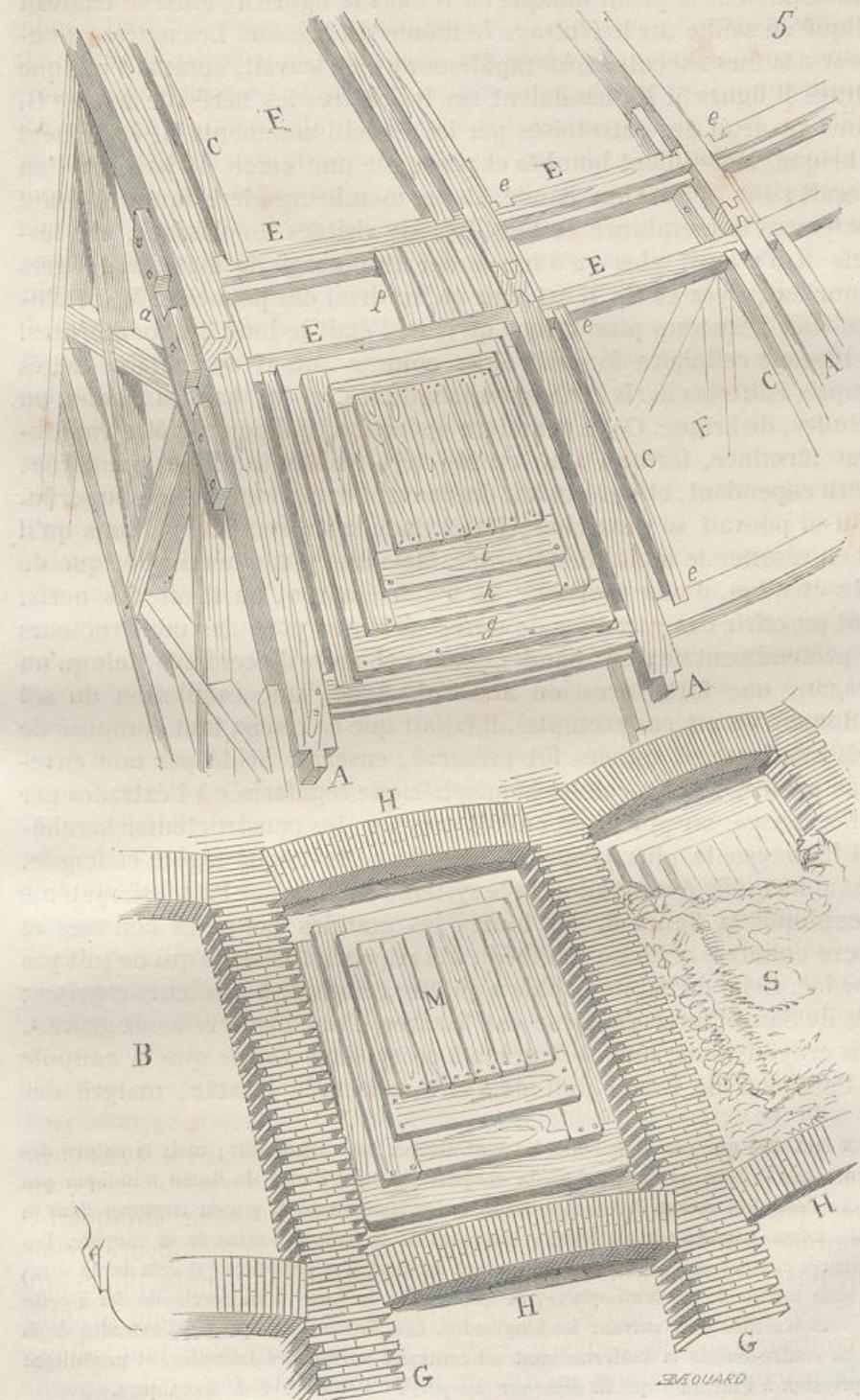


T. IX.

60

une section de cette voûte hémisphérique. Le mur de précinctioп, avec ses chambres de décharge si habilement combinées, a été élevé jusqu'au niveau N avec le commencement de la voûte, divisée par vingt-huit caissons dans son pourtour et qui laissaient entre eux vingt-huit bandes pleines comme autant de côtes qui se perdent dans la partie unie de la calotte comprise entre le point *a* et la lunette L. Ces vingt-huit bandes indiquent la place des cintres de charpente C aboutissant à une lanterne de charpente composée de vingt-huit poteaux et de deux fortes enrayures. Nous supposons ces cintres faits de bois courts et suivant la méthode des charpentes romaines reproduites sur les bas-reliefs de la colonne Trajane. Il n'y avait pas à songer, à moins de dépenses prodigieuses, à poser des cintres portant de fond, avec entrails. Ce système de cintrage, qui, du reste, est encore usité à Rome et dans une partie de l'Italie, est solide, mais ne saurait supporter une très-lourde charge. Les vingt-huit demi-fermes de cintres posées, il s'agissait de les réunir par des entretoises et de composer les couchis qui devaient recevoir la voûte de maçonnerie. Si les constructeurs avaient prétendu sur ces charpentes fermer une calotte telle que celle dont nous donnons la section, il est évident que les cintres auraient été déformés par la charge dès que les maçonss eraient arrivés au point P, car il n'était pas possible, sur une aussi grande surface, de bander en même temps toute une zone de la coupole. Certains points eussent été accidentellement plus chargés que d'autres, d'où il eût pu s'ensuivre des désordres irrémédiabls. On voit en A un huitième du plan horizontal de ce système de cintrage. En coupe, les caissons se profilent de telle sorte que leurs listels sont vus du centre de l'édifice sur le pavé. C'est-à-dire (voyez en R le détail de la section de l'un des caissons de la deuxième zone) que l'œil du spectateur placé au centre de l'édifice sur le sol aperçoit les listels *o* dans toute leur largeur, les coupes de leurs épaisseurs tendant à ce point visuel. Le cintrage ainsi disposé, il s'agissait de trouver la méthode la plus expéditive et la plus économique pour maçonner cette énorme calotte hémisphérique. Le détail de cette opération est expliqué dans la figure 5. En A sont les cintres. Pour relier les courbes et pour poser les entretoises, des liens *a* ont été cloués latéralement, comme on le ferait pour des plates-bandes. Ces liens portent chacun deux entailles qui reçoivent les entretoises E, lesquelles sont entaillées à mi-bois en *e* pour recevoir les cercles de doublures C. Des planchettes-couchis *p* réunissent les deux entretoises et reposent en feuillure. Il reste donc des châssis vides F qu'il s'agit de fermer. Or, l'ossature de la charpente ainsi combinée, parfaitement solide et aussi légère que possible, indiquait le travail incomptant aux maçons. Ceux-ci profitant de la membrure de bois pour poser des nerfs de brique, il était inutile de remplir l'intervalle entre ces nerfs par une pleine maçonnerie. C'était le cas de profiter, au contraire, de ces vides F laissés entre la membrure pour alléger cette maçonnerie. Donc, au lieu de fermer ces vides F avec des couchis

ordinaires sur le châssis, composé des entretoises et des cercles de doublures, on posa un autre châssis saillant *g*, sur celui-ci un second



châssis également saillant *h*, puis un troisième *i*, puis, toujours en retraite, un panneau de planches. En coupe, ces trois châssis et le panneau donnaient le profil indiqué en R dans la figure 4; ainsi se trouvait indiqué en saillie sur le cintrage le moule du caisson. Les maçons pouvaient dès lors exécuter très-rapidement leur travail, comme l'indique le tracé B figure 5. Ils bandaient sur les cintres les nerfs de brique G, réunis au droit des entretoises par les étrésillonnements H, également de brique, légèrement bombés et posés sur une cerce de bois que l'on enlevait sitôt l'étrésillon bandé. Cette membrure de brique, répétant exactement la membrure de bois, laissait visibles les caissons, sur lesquels il n'y avait plus qu'à maçonner un blocage de matériaux légers et mortier (voyez en S). Il est clair qu'au droit des panneaux M, ce blocage était beaucoup plus mince qu'il ne l'était le long des membrures. Ce blocage cellulaire formait alors comme autant de voûtains carrés compris entre les nerfs côtiers, ou longitudes, et les bandes *zonales*, ou latitudes, de brique. Cette première opération, qui pouvait être rapidement terminée, formait une croûte très-résistante, bien pondérée, légère cependant, et qui rendait dorénavant le cintrage de bois superflu. Celui-ci pouvait se dessécher, jouer dans ses assemblages, sans qu'il pût en résulter le moindre désordre. Mais une voûte hémisphérique de cette étendue, d'une épaisseur de 0<sup>m</sup>,50 environ, au droit des nerfs, n'eût pu offrir des garanties de durée sérieuses pour des constructeurs qui prétendaient ne rien abandonner aux chances d'accidents, tels qu'un ouragan, une forte pression atmosphérique, une oscillation du sol (et Rome n'en est pas exempte). Il fallait que ce réseau tout composé de nerfs relativement minces fût préservé, enserré, bridé par une enveloppe protectrice. La calotte hémisphérique régularisée à l'extrados par un betonnage, ou plutôt un enduit grossier, les constructeurs cherchèrent le moyen le plus propre à garantir cette coque légère et fragile. C'est alors qu'ils durent adopter le système entrevu par Piranesi, système qu'explique la figure 6. De toutes les grandes coupole connues et encore entières, celle du Panthéon d'Agrippa est la seule qui ne soit pas lézardée. Celle de Sainte-Sophie a dû être restaurée à plusieurs reprises; celle de Saint-Pierre de Rome est fissurée d'une manière assez grave<sup>1</sup>. Nous croyons donc que c'est grâce à ce système *double* que la coupole du Panthéon de Rome doit de s'être conservée intacte, malgré des

<sup>1</sup> Il faut dire que ces deux coupole sont élevées sur pendentifs; mais la nature des lézardes qui se sont produites dans la coupole de Saint-Pierre de Rome n'indique pas que ces désordres soient dus uniquement à des tassements. Il y a eu ruptures dans la calotte même causées par un léger relèvement de la zone des reins de la coupole. Les déchirures causées par des tassements se sont au contraire produites (et cela devait être) à la base même de la demi-sphère, ce qui motiva la pose d'un cercle de fer à cette base; ces lézardes sont suivant les longitudes. Les fissures observées à l'extrados de la zone en contre-bas de la lanterne sont au contraire suivant les latitudes, et produisent une pression à l'intrados qui fit détacher des parties d'enduits et de mosaïques.

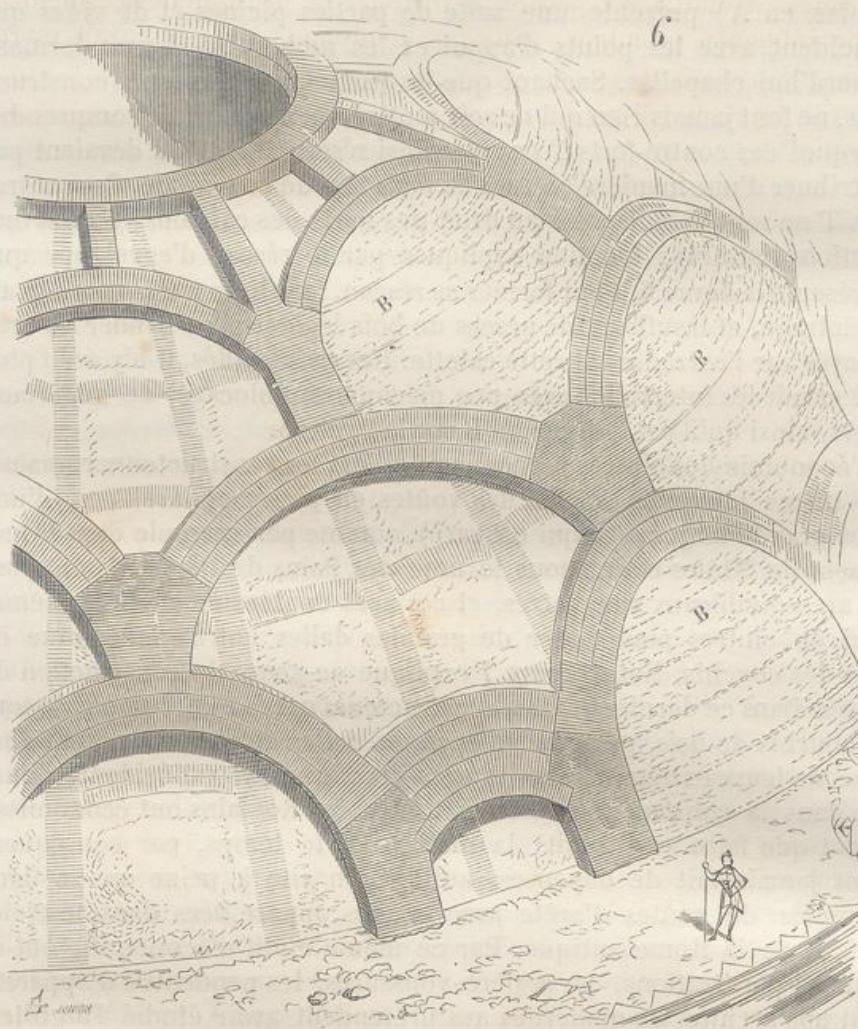
commotions terrestres qui, à plusieurs reprises, causèrent des accidents à certains édifices de cette ville. Nous n'avons pu vérifier le fait de ce réseau d'arcs doublant la calotte à caissons; seule l'indication de Piranesi peut fournir un renseignement. Mais certaines dispositions du tambour de l'édifice ne nous laissent guère de doutes à cet égard. En effet, si l'on jette les yeux sur la figure 4, on voit que ce tambour (voy. le huitième du plan en A) présente une suite de parties pleines et de vides qui coïncident avec les points d'appui et les niches inférieures formant aujourd'hui chapelles. Sachant que les Romains, dans leurs constructions, ne font jamais rien qui ne soit motivé, on ne pourrait comprendre pourquoi ces contre-forts T ont été ainsi réservés, s'ils ne devaient pas contribuer d'une manière efficace au maintien de la coupole. Ces contre-forts T ne sont pas disposés au droit des nerfs des caissons; ils ont une fonction distincte; fonction expliquée par le réseau d'enveloppe que représente la figure 6. Pour former ce réseau, la calotte à caissons servait de cintrage, et il suffisait de cercles de bois légères pour bander les arcs appuyés sur l'extrados de cette calotte. Ces arcs bandés, il n'y avait plus qu'à garnir les intervalles avec une maçonnerie (blockage) de matériaux légers, ainsi qu'il est indiqué en B sur la figure 6.

L'économie des cintres préoccupait si fort les constructeurs romains, que même lorsqu'ils ont fait des voûtes en pierre appareillées, d'une assez grande largeur (ce qui est rare), comme par exemple dans le monument de Nîmes connu sous le nom des Bains de Diane, ils ont posé des arcs-doubleaux sur cintres, et ces arcs-doubleaux ont eux-mêmes servi de cintres pour poser de grandes dalles entre eux, comme on pose des couchis. Notre figure 7 explique ce genre de construction de voûtes. Dans ce dernier cas, les constructeurs ont fait l'économie de tous les couchis de bois, puisque les épaisses dalles de pierre reposent chacune de leurs extrémités sur les arcs-doubleaux. Il est évident, donc, que dans la construction de leurs voûtes, les Romains ont économisé, autant que faire se pouvait, la matière et le temps, par conséquent n'ont jamais fait de dépenses inutiles. On cite à peine un ou deux exemples de voûtes d'arête avec coupes appareillées dans tous les édifices de la Rome antique. Par ce même motif d'économie, ont-ils évité les pénétrations, les arrière-voussures, les pendentifs d'appareil, dont nos architectes modernes qui prétendent avoir étudié l'architecture antique pour en tirer un profit, se montrent si prodigues, au grand dommage de nos finances<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Un jeune ingénieur français, M. Choisy, va publier prochainement un travail très-complet sur la structure des voûtes romaines, d'après les monuments. Ce recueil, que nous avons eu entre les mains, donne en détail les divers procédés employés par ces grands constructeurs, et démontre, de la manière la plus évidente, que l'économie dans la dépense était une de leurs principales préoccupations. Nous engageons les architectes qui veulent sérieusement connaître les procédés employés par les Romains dans les constructions à recourir aux travaux de M. Choisy sur cette matière.

Nous devions nous étendre quelque peu sur le système de structure des voûtes romaines pour mieux faire saisir certaines analogies entre ce système et celui adopté en France vers le milieu du XII<sup>e</sup> siècle. Analogies de principes, comme on va le voir, non de formes ; ce qui prouve une fois de plus que des principes vrais, établis sur une observation

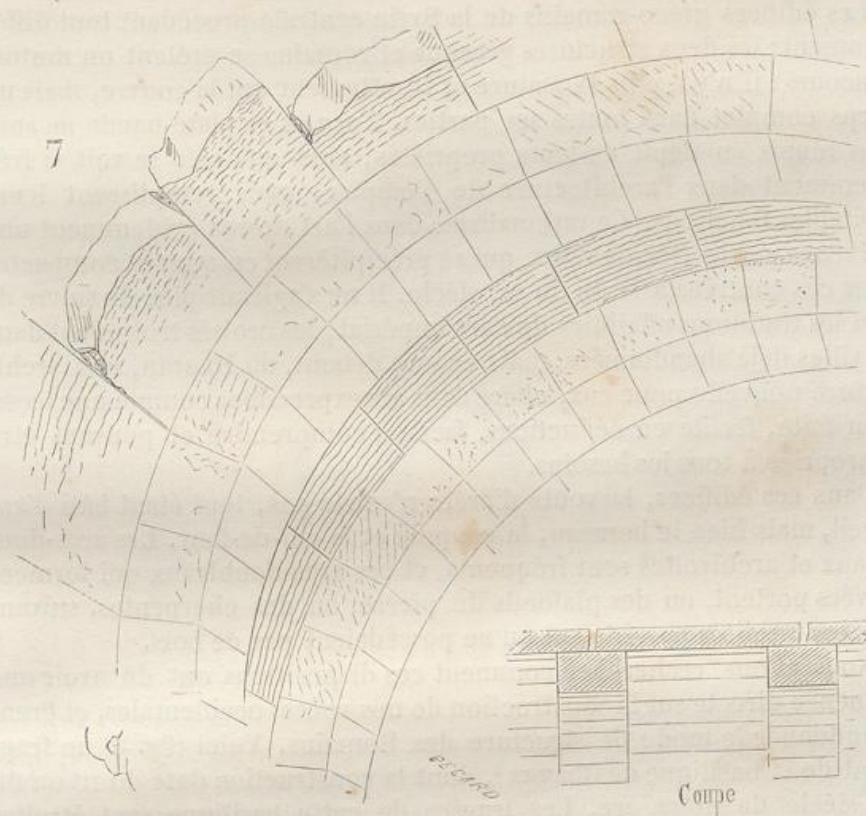
6



juste et un raisonnement logique, ne sont point une entrave dans l'art de l'architecture, mais au contraire la seule force productrice.

A la fin de l'empire déjà, ces méthodes employées dans la construction des voûtes s'étaient altérées ; les constructeurs négligeaient d'appliquer régulièrement les procédés admis dans les édifices romains jusqu'aux Antonins. A Byzance, les grandes voûtes de l'église de Sainte-Sophie sont grossièrement faites. Il va sans dire que pendant les premiers siècles du moyen âge, les dernières traces de ces traditions de

la bonne époque romaine étaient effacées. On cherchait à reproduire sur de petites dimensions les formes apparentes des voûtes romaines, mais on n'en connaissait plus la véritable structure. Ce n'est qu'au commencement du XII<sup>e</sup> siècle qu'il se manifeste tout à coup un progrès dans la structure des voûtes, et qu'apparaît l'embryon d'un système nouveau en Occident. Ce phénomène se produisant au moment des premières croisades, il était assez naturel d'attribuer ce brusque développement à une influence orientale; mais les documents que l'on avait pu re-



cueillir jusqu'à ces dernières années ne venaient guère confirmer ces conjectures à priori, lorsque M. le comte Melchior de Vogüé entreprit un voyage dans la Syrie centrale. Accompagné par un jeune architecte, habile dessinateur, M. Duthoit, M. le comte de Vogüé rapporta de ces contrées une masse de documents d'une haute importance pour l'histoire de notre art français, car ils nous donnent l'explication des progrès qui se manifestèrent si rapidement en Occident dès les premières années du XII<sup>e</sup> siècle<sup>1</sup>. En effet, ces monuments de la Syrie centrale dus

<sup>1</sup> Voyez la *Syrie centrale; architecture civile et religieuse du I<sup>er</sup> au VII<sup>e</sup> siècle*, par M. le comte Melchior de Vogüé. Baudry, éditeur.

à une civilisation gréco-romaine présentent un caractère particulier. Dans leur structure, les éléments grec et romain ne sont pas juxtaposés, comme il arrive dans les édifices de la Rome impériale ; ils se mêlent sous l'influence de l'esprit clair et logique du Grec. Nous avons maintes fois fait ressortir cette singulière disposition de l'architecture romaine de l'empire<sup>1</sup>, qui ne considérait l'art grec que comme une décoration quasi indépendante de la structure ; si bien que, dans tout édifice romain, on peut enlever cette parure empruntée à l'art grec sans affecter l'organisme, pour ainsi dire, de la bâtie romaine.

Les édifices gréco-romains de la Syrie centrale procèdent tout différemment : les deux structures grecque et romaine se prêtent un mutuel concours : il n'y a plus l'ossature et le vêtement qui la couvre, mais un corps complet dans toutes ses parties. L'arc et la plate-bande ne sont plus réunis en dépit de leurs propriétés, ainsi que cela se voit si fréquemment dans l'architecture de l'empire, mais remplissent leurs véritables fonctions. Ce rationalisme dans l'art exerça évidemment une influence sur les Occidentaux, qui se précipitèrent en masses compactes dans ces contrées à la fin du XI<sup>e</sup> siècle. Il ne s'agissait plus de suivre de loin les traditions affaiblies de l'art impérial ; les croisés trouvaient dans les villes déjà abandonnées, mais encore debout, du Hauran, une architecture nouvelle pour eux, claire dans ses expressions comme une leçon bien faite, fertile en déductions, facile à comprendre et pouvant être appropriée à tous les besoins.

Dans ces édifices, la voûte d'arête n'existe pas, tout étant bâti d'appareil, mais bien le berceau, la coupole et le cul-de-four. Les arcs-doubleaux et archivoltes sont fréquents, et ces arcs-doubleaux qui forment travées portent, ou des plafonds de pierre, ou des charpentes, suivant que les localités possédaient ou ne possédaient pas de bois.

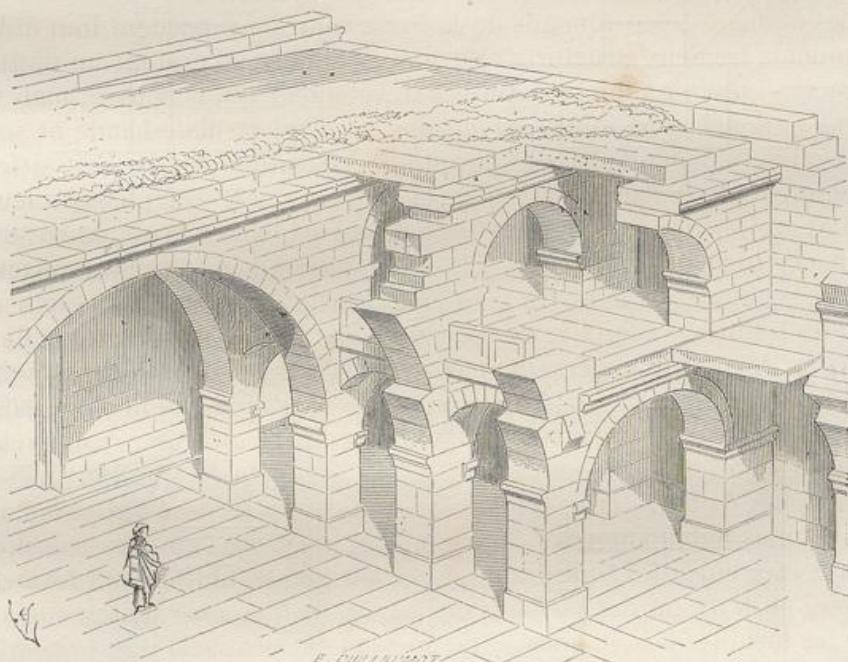
Nous allons rechercher comment ces dispositions ont dû avoir une influence directe sur la construction de nos voûtes occidentales, et firent abandonner le mode de structure des Romains. Voici (fig. 8) un fragment de la basilique de Chagga<sup>2</sup>, dont la construction date du II<sup>e</sup> ou du III<sup>e</sup> siècle de notre ère. Les travées de cette basilique sont étroites (2<sup>m</sup>,50 d'axe en axe des piles, en moyenne) et sont couvertes, entre les arcs-doubleaux, par des dalles épaisses ; une couche de terre battue revêtue d'un enduit formait une terrasse étanche sur le dallage supérieur. La construction se compose de piles à section carrée portant des arcs-doubleaux sur la nef principale, contre-butés par d'autres arcs-doubleaux bandés sur les collatéraux, lesquels soutiennent une galerie de premier étage donnant sur cette nef centrale. Le caractère particulier à cette construction, ce sont ces arcs-doubleaux qui composent l'ossature intérieure de l'édifice. Rien de semblable dans les constructions

<sup>1</sup> Voyez *Entretiens sur l'architecture*.

<sup>2</sup> Voyez la *Syrie centrale*, pl. XVI.

romaines occidentales de l'empire. La voûte romaine maçonnée comme nous venons de le montrer au commencement de cet article, possède rarement des arcs-doubleaux apparents<sup>1</sup>, puisque ces arcs sont noyés dans l'épaisseur même de la voûte, ne sont que des nerfs cachés.

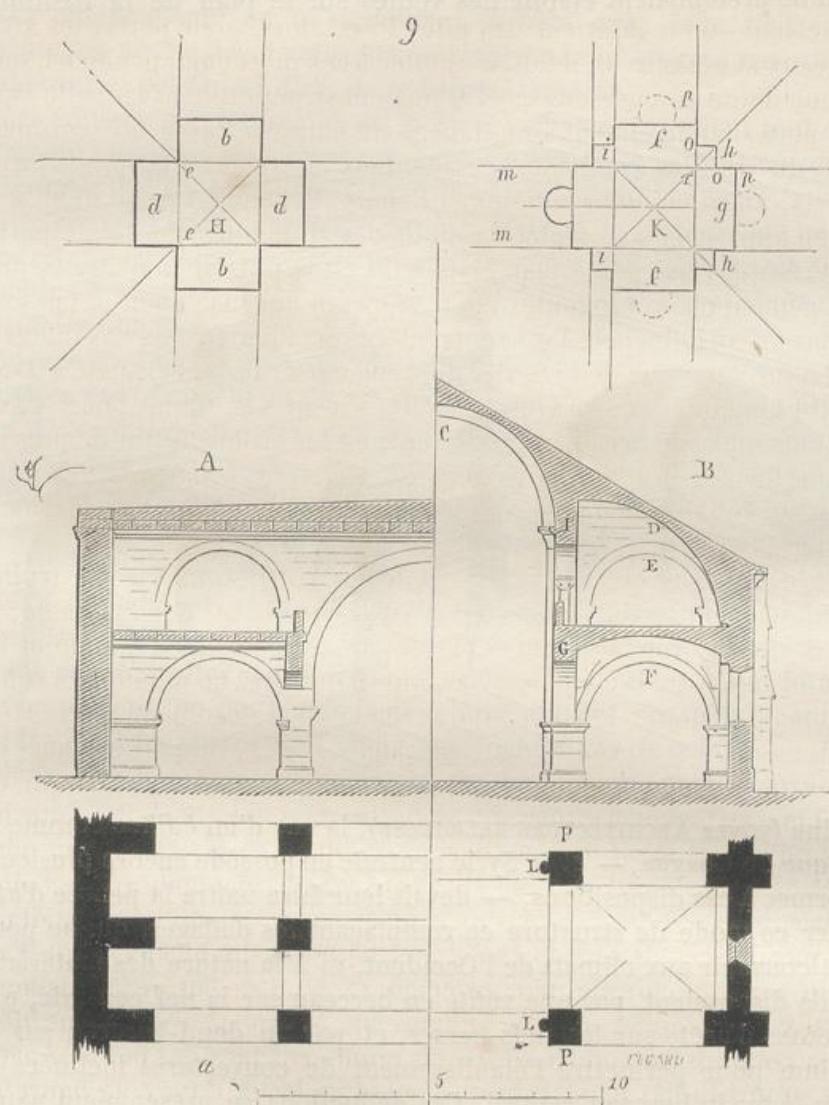
Pour les architectes occidentaux, si fort empêchés, à cette époque, lorsqu'ils prétendaient établir des voûtes sur le plan de la basilique



romaine (voyez ARCHITECTURE RELIGIEUSE), la vue d'un édifice comme la basilique de Chagga, — et la Syrie centrale en possède encore plusieurs conformes à ces dispositions, — devait leur faire naître la pensée d'appliquer ce mode de structure en remplaçant les dallages, qui ne pouvaient convenir aux climats de l'Occident, ni à la nature des matériaux dont ils disposaient, par une voûte en berceau sur la nef centrale, par des voûtes d'arête sur les nefs basses, et par un demi-berceau sur le triforium pour permettre l'établissement de couvertures inclinées et contre-buté le berceau central. Ces déductions se présentaient naturellement à l'esprit des constructeurs occidentaux, si naïfs qu'on les veuille supposer.

<sup>1</sup> L'exemple du temple de Diane de Nîmes est une exception. Il ne faut pas perdre de vue que les monuments romains élevés dans la Province sont, beaucoup plus que ceux d'Italie, pénétrés de l'esprit grec, surtout en se rapprochant de Marseille. Il est intéressant de constater les analogies qui existent entre ces monuments antiques de la Province romaine et ceux de la Syrie centrale.

La coupe de la basilique de Chagga (fig. 9) donne le tracé A; deux travées du plan étant projetées en *a*. Subissant la nécessité de couvrir leurs édifices par des pentes assez roides pour recevoir de la tuile, et ne pouvant par conséquent employer le système de dallages des architectes



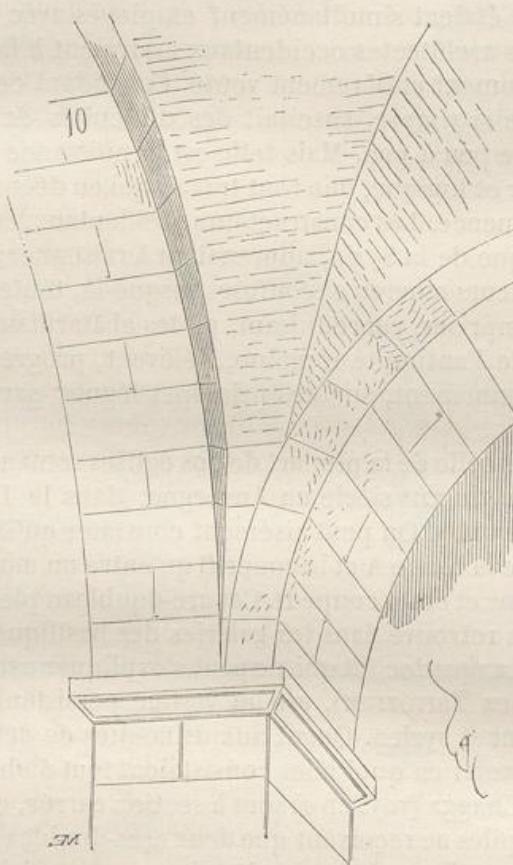
syriens, les artistes occidentaux, en voulant appliquer le principe si simple de ces basiliques, n'avaient qu'à relever les grands arcs-doubleaux de la nef, comme l'indique en C la coupe B, à réunir ces arcs-doubleaux par un berceau concentrique à leur extrados, à bander un demi-berceau D sur le triforium, entre les arcs-doubleaux E et des

voûtes d'arête, suivant le mode byzantin<sup>1</sup>, entre les arcs-doubleaux inférieurs F des collatéraux. La substitution des voûtes aux dallages entraînait forcément l'écartement des piles P. Les archivoltes G étaient conservées, mais avec un diamètre égal à celui des arcs-doubleaux F, et d'autres archivoltes I, ou une claire-voie portait le berceau central. Mais les archivoltes G destinées à recevoir les voûtes des collatéraux s'avançaient au ras intérieur des piles P, et alors, pour porter les arcs-doubleaux supérieurs C, il fallait ajouter à ces piles un appendice L sous la forme d'une colonne engagée. D'une construction dans laquelle l'arc et la plate-bande étaient simultanément employés avec un sentiment exquis du vrai, les architectes occidentaux arrivaient à faire, sans trop d'efforts, un monument entièrement voûté. Cependant cette modification, en apparence si simple, suscitait des difficultés de détail qui ne furent résolues que peu à peu. Mais telle est la puissance d'un premier enseignement clair et logique, que tout travail qui en découle se fait sous cette première influence. Les constructeurs occidentaux, en voyant cette architecture grecque de la Syrie, apprenaient à raisonner; aussi, à dater de cette époque, leurs œuvres si confuses jusque-là, toutes bourrées de traditions mal comprises, reproduisant, en les abâtardissant de plus en plus, les formes de l'antiquité romaine, s'élèvent, progressent en s'appuyant sur le raisonnement, sur ces principes légués par les derniers des Grecs.

Cette coupe B est celle de la plupart de nos églises romanes construites au commencement du XII<sup>e</sup> siècle en Auvergne, dans le Languedoc, la Provence et le Lyonnais. On peut aisément constater qu'il y a moins de dissemblance entre la coupe A et la coupe B qu'entre un monument voûté quelconque de Rome et cette coupe B. Cet arc-doubleau plein cintre E du triforium, que l'on retrouve dans les galeries des basiliques romanes de l'Auvergne et du Languedoc, et qui ne peut s'expliquer avec la voûte en demi-berceau (voyez TRIFORIUM), est un vestige persistant de cette influence du monument syrien. Quant aux difficultés de détail dont nous venons de parler, voici en quoi elles consistaient tout d'abord. Les piles de la basilique de Chagga (voy. en a) sont à section carrée, ce qui était naturel, puisque ces piles ne reçoivent que deux arcs-doubleaux, et que l'archivolte qui unit ces piles naît en pénétration au-dessus de la naissance des deux arcs-doubleaux (voy. la figure 8). Mais nous voyons que déjà dans la coupe B les archivoltes G qui réunissent les piles ont leur naissance au niveau des naissances des arcs-doubleaux F (voy. la figure 9). L'extrados de ces archivoltes G ne se dégage donc qu'au-dessus de cette naissance, et, par suite, la naissance de la voûte d'arête ne pouvait s'établir qu'au point relevé de ce dégagement, ce qu'indique le tracé perspectif (fig. 10). Il y avait là un embarras, une de ces difficultés de détail dans l'art du constructeur, qui contraint bientôt celui-ci, pour peu

<sup>1</sup> Nous expliquerons tout à l'heure en quoi consiste ce mode.

qu'il raisonne, à trouver une solution satisfaisante ; or, tous ceux qui ont pratiqué cet art et qui ne se contentent pas d'à peu près, qui veulent trouver la solution vraie, savent combien ces recherches entraînent à modifier certaines formes qui paraissent consacrées par le temps. Et c'est précisément dans la manière de résoudre ces difficultés à dater des premières années du XII<sup>e</sup> siècle, que l'on reconnaît la puissance de cet enseignement logique puisé en Orient par nos maîtres français de cette époque. D'abord ces maîtres raisonnent ainsi : puisqu'il y a deux



arcs-doubleaux et deux archivoltes naissant au même niveau, et qu'entre ces arcs-doubleaux et ces archivoltes il faut (sur leur extrados) bander des voûtes d'arête, il est de toute nécessité que la pile donne exactement la section des claveaux de ces arcs, qu'ils trouvent sur elle leur place, par conséquent la section carrée ne peut convenir pour la pile ; alors ils tracent la pile H (voyez figure 9). Ainsi les arcs-doubleaux trouveront leur assiette en *d*, les archivoltes en *b*, et les arêtes des voûtes naîtront dans les angles rentrants *e* qui sont les points de rencontre des extrados de ces arcs. Mais bientôt, quand les monuments voûtés prennent plus d'ampleur, ces architectes reconnaissent que les archivoltes qui

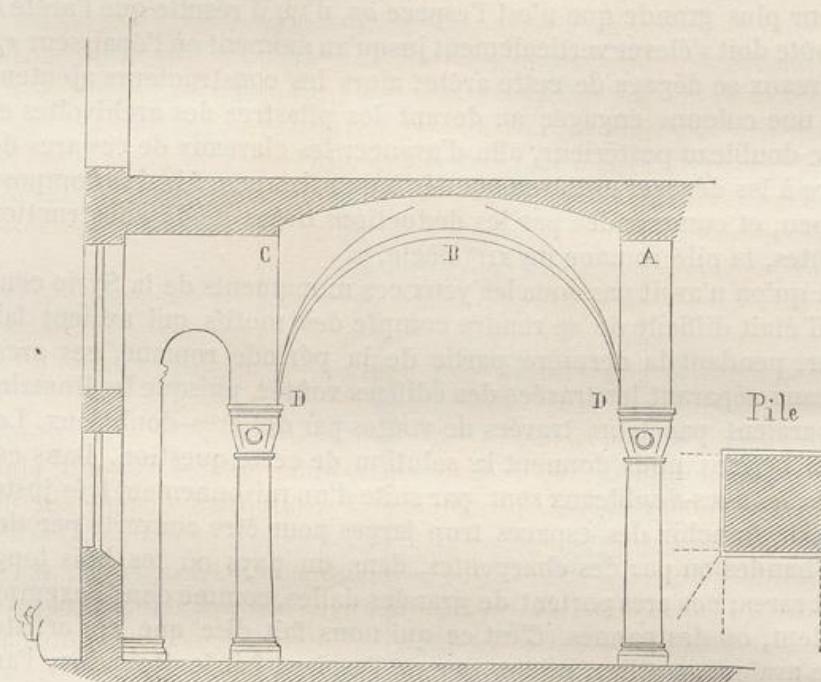
portent les murs latéraux et la voûte en berceau doivent avoir plus d'épaisseur que les arcs-doubleaux qui n'ont pas de charge, que ces naissances de voûtes d'arête dans les angles demandent, ou un appareil spécial, ou affament la pile en réduisant les tas de charge; alors ils tracent les piles suivant le plan K. Les archivoltes se dégagent en *f*, l'arc-doubleau des latéraux en *g*; les angles *h* reçoivent les naissances des voûtes d'arête; les angles *i*, les archivoltes de décharge au-dessus de la claire-voie du triforium, et le grand arc-doubleau du berceau central, ayant la largeur *mm*, porte sur le tailloir d'un chapiteau reposant sur la colonne engagée. Mais les archivoltes *f* et l'arc-doubleau *g* ont une épaisseur plus grande que n'est l'espace *op*, d'où il résulte que l'arête *h* de la voûte doit s'élever verticalement jusqu'au moment où l'épaisseur *rp* des claveaux se dégage de cette arête; alors les constructeurs ajoutent encore une colonne engagée au devant des pilastres des archivoltes et de l'arc-doubleau postérieur, afin d'avancer les claveaux de ces arcs de manière à les dégager entièrement dès leur naissance. Ainsi se compose peu à peu, et commandée par les déductions tirées de la construction des voûtes, la pile romane du XII<sup>e</sup> siècle.

Tant qu'on n'avait pas sous les yeux ces monuments de la Syrie centrale, il était difficile de se rendre compte des motifs qui avaient fait adopter, pendant la dernière partie de la période romane, ces arcs-doubleaux séparant les travées des édifices voûtés, puisque les Romains ne séparaient pas leurs travées de voûtes par des arcs-doubleaux. Les édifices syriens nous donnent la solution de cette question. Dans ces édifices, les arcs-doubleaux sont, par suite d'un raisonnement très-juste, faits pour franchir des espaces trop larges pour être couverts par des plates-bandes ou par des charpentes, dans un pays où les bois longs étaient rares; ces arcs portent de grandes dalles, comme dans l'exemple précédent, ou des pannes. C'est ce qui nous fait dire que ces artistes syriens avaient su allier, mieux que ne l'avaient fait les Romains, l'arc et la plate-bande. Les architectes occidentaux ont conservé les arcs-doubleaux comme l'ossature naturelle de tout édifice bâti de pierre; seulement, entre ces arcs, ils ont bandé des voûtes suivant la tradition romaine, soit en berceau, soit d'arête.

Mais à Byzance, à Sainte-Sophie, déjà la voûte d'arête romaine s'était modifiée. Sa clef centrale était habituellement alors posée au-dessus du niveau des extrados des clefs d'arcs-doubleaux (voyez figure 41), si toutefois on peut donner le nom d'arcs-doubleaux à des arcs à peine saillants sur le nu interne de la voûte. L'arc A, par exemple, de la figure 41 n'était que le nerf de brique, romain qui, au lieu d'être entièrement noyé dans l'épaisseur de la voûte, ressortait quelque peu. On remarquera d'ailleurs que ces arcs A, B, C sont au nu de la voûte, à sa naissance en D sur les tailloirs carrés des chapiteaux, et ne prononcent leur saillie qu'en se rapprochant de la clef. En un mot, ces arcs ne sont pas concentriques à la voûte, laquelle est une sorte de compromis entre la coupole et la

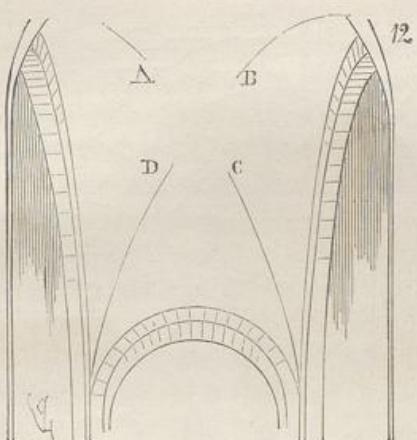
voute d'arête. Or, c'est ce principe de structure qu'adoptent généralement nos architectes occidentaux dans la construction de leurs voûtes d'arête à la fin du XI<sup>e</sup> siècle ; c'est suivant ce système que sont faites les voûtes de la nef de l'église abbatiale de Vézelay, qui datent des premières années du XII<sup>e</sup> siècle, et ce n'était pas sans raison que ce parti avait été adopté. Ces voûtes bombées offraient plus de résistance que les voûtes engendrées par deux cylindres se pénétrant à angle droit. Nous développons tout ce qui touche à cette question dans l'article CONSTRUCTION, il n'est donc pas nécessaire de revenir ici sur ce sujet,

41



d'autant qu'alors, au commencement du XII<sup>e</sup> siècle, on n'apportait pas, dans la pratique de la structure, les soins que les Romains avaient su y mettre. On ne fabriquait plus ces belles et grandes briques carrées qui permettaient de noyer des nerfs résistants dans l'épaisseur des voûtes et d'obtenir des arétiers bien bandés ; faits de tuf ou de moellons irréguliers, très-rarement de moellons piqués, les arétiers n'offraient pas de cohésion et tendaient à se détacher. Plus le constructeur se rapprochait de la coupole, plus il évitait les chances de rupture des arétiers, puisque ceux-ci formaient à peine un pli saillant à l'intrados jusqu'à la moitié environ de leur développement, pour se perdre dans un ellipsoïde en se rapprochant de la clef. D'ailleurs, pour tracer les cintres diagonaux de charpente, il n'était pas besoin de chercher la courbe de rencontre des deux cylindres, il suffisait de tracer un demi-cercle dont le diamètre

était la diagonale du parallélogramme à voûter<sup>1</sup>. Sur ces arcs diagonaux et sur l'extrados des arcs-doubleaux et formerets, on posait des couchis, puis on faisait avec de la terre la forme bombée nécessaire sur chacun des triangles, de manière à se rapprocher plus ou moins d'une coupole. On maçonnerait alors sur ce moule, sans qu'il fût besoin de prendre des dispositions particulières pour les arêtiers, sensibles seulement au départ et inappréciabes à la clef. Ces sortes de voûtes ont intérieurement l'apparence que présente notre figure 12, et toute la surface courbe com-



prise entre les points A, C, B, D, était, ou un sphéroïde, si la voûte était fermée sur un plan carré, ou un ellipsoïde, si elle était fermée sur un plan barlong.

Mais avant d'entrer dans quelques développements à ce sujet, il est nécessaire de faire connaître les tâtonnements qui précédèrent et provoquèrent la révolution qui se fit dans l'art de construire les voûtes au milieu du XII<sup>e</sup> siècle.

Nous avons dit que les Romains évitaient autant que possible les pénétrations de berceaux de voûtes, comme présentant des difficultés et des pertes de temps pour le constructeur. Les Romains, en effet, — et cela ressort de l'étude de leurs monuments, — cherchaient à économiser sur le temps, c'est-à-dire qu'ils prétendaient, tout en bâtissant de manière à assurer une parfaite solidité et une longue durée aux constructions, obtenir un résultat dans le plus court espace de temps. Ils évitaient donc les appareils demandant un tracé compliqué et une taille longue. S'ils avaient un berceau de voûte à faire pénétrer dans une salle voûtée, ils tenaient la clef de ce berceau pénétrant au-dessous de la naissance du berceau qui eût dû être pénétré. Exemple (fig. 13), soit une galerie A voûtée en berceau : le berceau de la galerie B communiquant à la première était bandé, sa clef C au-dessous de la naissance du

<sup>1</sup> Toute cette théorie est développée dans l'article CONSTRUCTION.

berceau D. Le Colisée à Rome, les arènes d'Arles et de Nîmes présentent cette structure à chaque pas. Mais encore les claveaux de ces berceaux, lorsqu'ils sont appareillés en pierre, au lieu d'être reliés, sont juxtaposés, ainsi que le montre notre figure. Ce système d'appareil est visible, non-seulement dans les arènes d'Arles et de Nîmes, mais aussi à l'aqueduc du Gard et dans beaucoup d'autres édifices de l'empire. Il est clair que cette méthode économisait le temps et la dépense; car

13



il n'était besoin que d'un panneau pour les tailleurs de pierre, et à chaque joint, d'un cintre de charpente, au lieu d'une suite de couchis sur cintres. La pose, en ce cas, se fait beaucoup plus rapidement que lorsqu'on veut croiser les joints des claveaux.

Les architectes du moyen âge usèrent parfois de ce procédé, notamment en Provence, où ils avaient sous les yeux les exemples de l'antiquité; mais les plans qu'ils adoptaient pour certaines parties d'édifices, comme les bas côtés pourtournant les sanctuaires des églises, bas côtés sur lesquels s'ouvrent des chapelles, nécessitaient des berceaux annulaires pénétrés normalement par d'autres berceaux. Il y avait là une difficulté réelle pour la solution de laquelle on ne pouvait recourir aux

structures romaines, qui ne présentent pas d'exemples de ce genre de voûtes. Les Byzantins avaient essayé de construire des voûtes reposant sur des colonnes et formant des pénétrations de cylindres, de cônes ou d'ellipsoïdes ; mais il faut reconnaître que ces tentatives sont grossières, ne procèdent que par tâtonnements, et ne donnent pas comme résultat une méthode géométrique pouvant être formulée. Malgré les difficultés que soulevait la construction des voûtes d'un collatéral pourtournant un sanctuaire reposant sur des colonnes, en partant de la donnée romaine ou byzantine, il est à croire que l'on tenait fort à cette disposition du plan, car les architectes occidentaux ne cessèrent de chercher la solution de ce problème depuis le commencement du XII<sup>e</sup> siècle jusqu'à ce qu'ils l'aient résolu d'une manière complète à la fin de ce siècle. Il faut reconnaître même que cette longue suite d'essais ne contribua pas médiocrement à développer le système d'où procède la voûte d'arête du XIII<sup>e</sup> siècle ; système excellent, puisqu'il permet toutes les combinaisons imaginables en n'employant toujours qu'un même procédé.

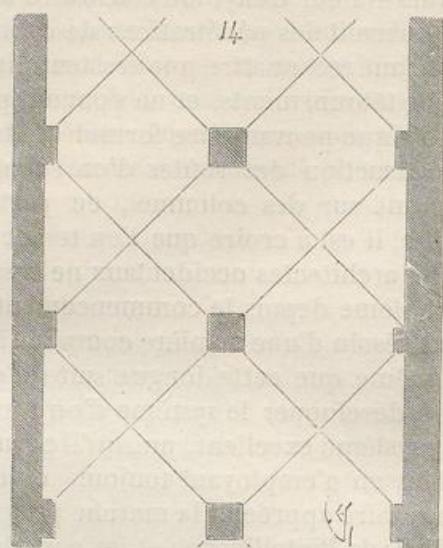
Rien n'est tel, pour faire apprécier la marche progressive d'un travail qui demande les efforts de l'intelligence et les combinaisons successives de l'expérience appuyée sur une science positive comme la géométrie, que de suivre pas à pas les solutions approximatives plus ou moins heureuses du problème posé, que de montrer chaque perfectionnement, l'abandon de certaines méthodes qui ne sauraient conduire à la solution définitive. C'est ce que nous allons essayer de faire, à propos de ces voûtes pourtournant les sanctuaires, en passant successivement par les combinaisons qui se présentèrent aux architectes du moyen âge depuis le point de départ qui leur était donné, jusqu'à la complète solution du problème posé par eux-mêmes.

Les Romains avaient bandé des voûtes d'arête sur des piles isolées à section carrée, dès les premiers temps de l'époque impériale et peut-être même sous la république, pour couvrir des citerne, des étages inférieurs. Ces voûtes ne possédaient pas d'arcs-doubleaux ; c'étaient des demi-cylindres se croisant à angle droit, conformément au plan (fig. 14).

Lorsque les Byzantins voulaient voûter des galeries circulaires portées d'un côté sur des colonnes isolées, ils bandaient des archivoltes d'une colonne à l'autre, et au-dessus des clefs de ces archivoltes ils construisaient un berceau annulaire, ou bien, du mur de précinctio, ils élevaient un demi-berceau qui appuyait sa ligne de clefs sur le mur élevé au-dessus des archivoltes. Ils évitaient ainsi les voûtes d'arête, c'est-à-dire les pénétrations des archivoltes dans le berceau annulaire, et en cela ils suivaient la tradition romaine.

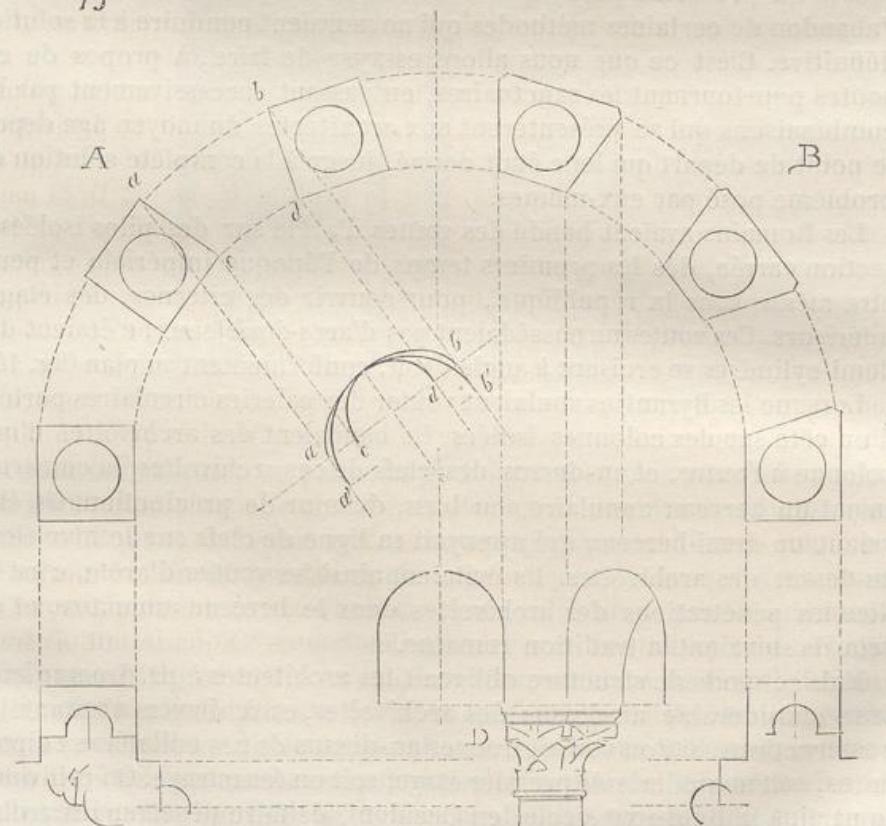
Mais ce mode de structure obligeait les architectes à perdre une hauteur considérable au-dessus des archivoltes, et à éléver d'autant les constructions, si l'on voulait trouver au-dessus de ces collatéraux circulaires, soit une galerie de premier étage, soit un fenestrage. On prit donc le parti, à la fin du XI<sup>e</sup> siècle, en Occident, de faire pénétrer les archi-

voltes dans le berceau annulaire. Or, en ce cas, voici d'abord la diffi-



culté qui se présente. Dans un sanctuaire porté sur des colonnes (fig. 15),

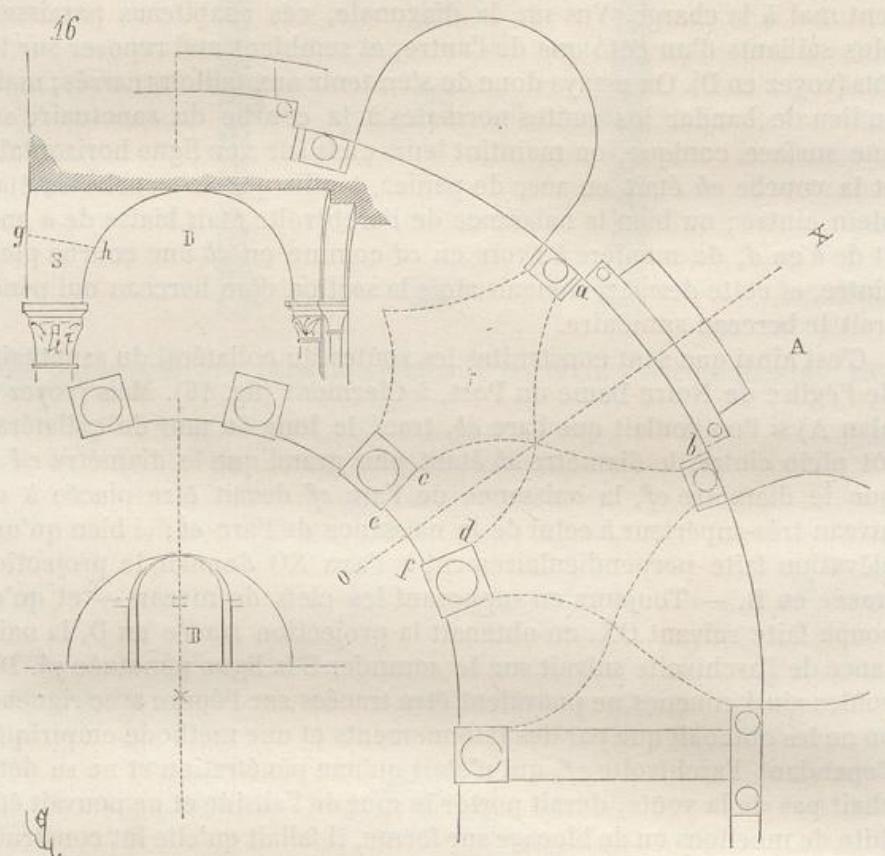
15



ou, si les tailloirs des chapiteaux sont carrés, comme en A, les archivoltes sont plus larges en *ab* qu'en *cd*, ou si l'on veut que les douelles des claveaux de ces archivoltes soient parallèles, les tailloirs des colonnes doivent donner des trapèzes en projection horizontale, comme en B. Dans le premier cas, ces archivoltes sont des portions de cônes; dans le second, elles sont prises dans un cylindre: mais ces tailloirs en forme de trapèzes, si la courbe du sanctuaire n'est pas très-développée, sont d'un effet très-désagréable à l'œil, et donnent des angles aigus qui résistent mal à la charge. Vus sur la diagonale, ces chapiteaux paraissent plus saillants d'un côté que de l'autre, et semblent mal reposer sur les fûts (voyez en D). On essaya donc de s'en tenir aux tailloirs carrés; mais, au lieu de bander les voûtes normales à la courbe du sanctuaire sur une surface conique, on maintint leurs clefs sur une ligne horizontale, et la courbe *ab* était en anse de panier, tandis que la courbe *cd* était plein cintre; ou bien la naissance de l'archivolte était biaise de *a* en *c* et de *b* en *d*, de manière à avoir en *cd* comme en *ab* une courbe plein cintre, et cette dernière donnait alors la section d'un berceau qui pénétrait le berceau annulaire.

C'est ainsi que sont construites les voûtes du collatéral du sanctuaire de l'église de Notre-Dame du Port, à Clermont (fig. 16). Mais (voyez le plan A) si l'on voulait que l'arc *ab*, tracé le long du mur du collatéral, fût plein cintre, le diamètre *ab* étant plus grand que le diamètre *cd* et que le diamètre *ef*, la naissance de l'arc *ef* devait être placée à un niveau très-supérieur à celui de la naissance de l'arc *ab*; si bien qu'une élévation faite perpendiculairement à l'axe XO donnait la projection tracée en B. — Toujours en supposant les clefs de niveau — et qu'en coupe faite suivant OX, on obtenait la projection tracée en D, la naissance de l'archivolte suivait sur le sommier S la ligne ponctuée *gh*. Des voûtes ainsi conçues ne pouvaient être tracées sur l'épure avec rigueur; on ne les obtenait que par des tâtonnements et une méthode empirique. Cependant l'archivolte *ef*, qui n'était qu'une pénétration et ne se détaillait pas de la voûte, devait porter le mur de l'abside et ne pouvait être faite de moellons ou de blocage sur forme, il fallait qu'elle fût construite en pierres appareillées. Dès lors on conçoit les difficultés qui assaillaient les constructeurs. A proprement parler, il n'y a pas d'archivoltes ici, mais des berceaux gauches pénétrant dans un berceau annulaire. On reconnaît donc bientôt qu'il y avait avantage à distinguer l'archivolte de la voûte, à la rendre indépendante. Mais alors comment faire porter les sommiers de ces archivoltes sur les tailloirs carrés des chapiteaux? où trouver leur assiette et la naissance des voûtes? Voici le tailloir tracé (fig. 17) (voyez en A). Les archivoltes sont projetées en DD. Nous traçons les sommiers, ou le premier claveau de ces archivoltes en *aa*; il ne restera, entre leur extrados, que le tas de charge *b*, et l'espace *ed* pour la naissance de la voûte. Mais comme les naissances des archivoltes sont plus élevées que celle de la section de la voûte annulaire, il en

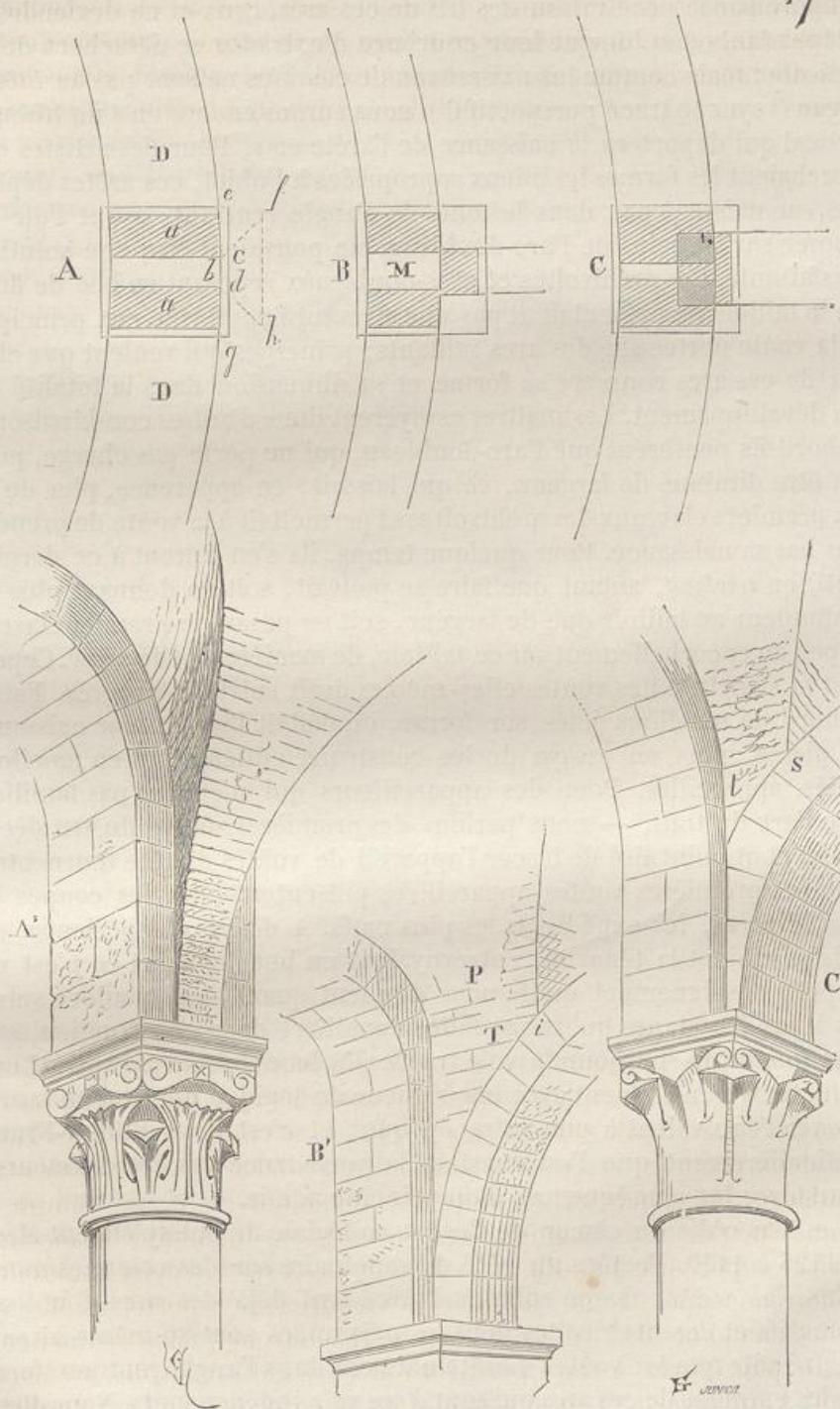
résultera que, si l'on veut que les arêtes partent du tailloir, ces arêtes se détacheront des verticales *cd* et formeront des angles rentrants *ecf*, *gdh*, d'un effet maigre et peu rassurant, indiqué dans le trait perspectif A'. S'il y avait de bonnes raisons pour poser des archivoltes indépendantes de la voûte, on en devait trouver de tout aussi bonnes pour bander les arcs-doubleaux partant de la colonne isolée pour aboutir à la colonne engagée du collatéral ; arcs-doubleaux qui devaient faciliter la construc-



tion des voûtes tournantes en divisant le berceau annulaire primitif par travées. Mais où loger, sur le tailloir carré, le sommier, le premier claveau de cet arc-doubleau ? Si (voy. en B, fig. 17) nous prétendons laisser les deux premiers claveaux d'archivoltes et le premier claveau d'arc-doubleau, indépendants, sur le tailloir du chapiteau, il nous faudra, ou donner peu de lit à chacun de ces claveaux, ou augmenter beaucoup la surface supérieure du tailloir, et dans ce cas il restera deux angles de ce tailloir inoccupés ; toutes les charges viendront se reporter en M, c'est-à-dire en dehors de l'axe de la colonne et tendront à faire incliner celle-ci. De plus (voyez le tracé perspectif B'), les naissances des archivoltes étant à un niveau supérieur à celui de la naissance de l'arc-doubleau,

il restera au-dessus de la naissance de cet arc un triangle T vertical, et l'arête de la voûte ne pourra commencer qu'en *i*, au point où la courbe

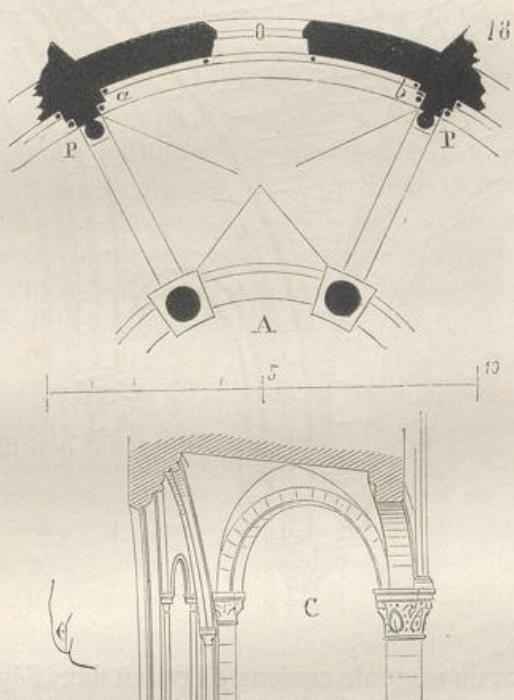
17



de la pénétration P viendra toucher l'extrados de l'arc-doubleau. Il n'est pas besoin d'insister sur le mauvais effet de cette combinaison. Si (voy. en C, fig. 47) de ces trois membres d'arcs nous formons un sommier composé par la pénétration des lits de ces arcs, ceux-ci ne deviendront indépendants que lorsque leur courbure d'extrados se détachera de la verticale ; mais comme les naissances de ces arcs ne sont pas au même niveau (voyez le tracé perspectif C'), nous aurons encore en *t* un triangle vertical qui déportera la naissance de l'arête en *s*. Pour des artistes qui cherchaient les formes les mieux appropriées à l'objet, ces arêtes déportées, ne naissant pas dans le fond de l'angle rentrant, ayant l'air de reposer sur les reins de l'arc-doubleau, ne pouvaient être une solution satisfaisante. Ces archivoltes et arcs-doubleaux reposant en bec de flûte sur le tailloir ne présentaient pas une structure conforme aux principes de la voûte portée sur des arcs saillants ; principes qui veulent que chacun de ces arcs conserve sa forme et sa dimension dans la totalité de son développement. Les maîtres essayèrent donc d'autres combinaisons. D'abord ils pensèrent que l'arc-doubleau, qui ne porte pas charge, pouvait être diminué de largeur, ce qui laissait, en apparence, plus de lit aux premiers claveaux des archivoltes et permettait à la voûte de prendre plus bas sa naissance. Pour quelque temps, ils s'en tinrent à ce dernier parti, en *trichant*, autant que faire se pouvait, soit en donnant plus de profondeur au tailloir que de largeur, soit en posant le premier claveau un peu en encorbellement sur ce tailloir, de manière à le dégager. Cependant la structure des voûtes elles-mêmes avait suivi ces progrès. Faites d'abord de moellons jetés sur forme, on établit bientôt leur naissance en pierre, puis on essaya de les construire entièrement en moellons taillés, appareillés. Pour des appareilleurs qui n'étaient pas familiers avec l'art du trait, — nous parlons des premières années du XII<sup>e</sup> siècle, — il n'était point aisément de tracer l'appareil de voûtes d'arête tournantes ; aussi ces premières voûtes appareillées présentent-elles les coupes les plus bizarres, les expédients les plus naïfs. A défaut d'expérience, ces artistes avaient la ténacité, entrevoyaient un but défini, et ce n'est pas un petit enseignement qu'ils nous donnent quand nous voulons suivre pas à pas les étapes qu'ils ont faites dans l'art de la construction, sans abandonner un seul jour la voie tracée dès leurs premiers essais. Leurs déductions s'enchaînent avec une rigueur de logique dont on ne saurait trouver l'équivalent à une autre époque ; et c'est dans l'Ile-de-France particulièrement que l'on constate la persistance des constructeurs à poursuivre les conséquences d'un principe admis.

Les bas côtés du chœur de l'église collégiale de Poissy étaient élevés de 1125 à 1130. Portées du côté du sanctuaire sur des colonnes monostyles, les voûtes de ce collatéral possèdent déjà des arcs-doubleaux séparatifs et des archivoltes dont les naissances sont au même niveau ; il en résulte que les voûtes d'arête naissent dans l'angle rentrant formé par les extrados de ces arcs qui sont *à peu près* indépendants. Nous disons

à peu près, parce que l'architecte a triché afin de dégager, autant que faire se pouvait, les naissances de ces arcs sans charger trop inégalement les colonnes. Pour cela, il a donné un peu plus de saillie extérieurement aux tailloirs des chapiteaux, et ceux-ci ne sont pas carrés, mais leurs côtés normaux à la courbe du chevet (voyez la figure 18, en A). Ce constructeur a, de plus, doublé ces archivoltes du côté du collatéral, afin de surhausser les voûtes, et de faire que l'extrados de cet arc doublant eût un rayon plus étendu. De *a* en *b*, il existe un épais formeret dont le rayon — vu l'écartement des piles engagées *P*, *P* — est beaucoup plus grand que ne sont les rayons des archivoltes et arcs-doubleaux. Aussi



L'architecte a-t-il placé la naissance de ce formeret au-dessous de celle des autres arcs, ainsi que l'indique la coupe C faite sur l'axe OA. Malgré l'abaissement de cette naissance, la clef du formeret s'élève au-dessus de celle des archivoltes doublées, et la voûte présente une section rampante, qui du reste est favorable à l'introduction de la lumière. Il s'agissait de bander les voûtes qui n'ont point encore d'arcs ogives (diagonaux). Ces voûtes étant construites en moellon piqué, le constructeur a procédé ainsi que l'indique la perspective (fig. 19). Il a enchevêtré les claveaux à la rencontre des berceaux formant arêtes au moyen de coupes biaises faites sur le tas. On conçoit que cette structure ne pouvait être très-solide, et que ces arêtes ne se soutenaient que parce que les angles qu'elles forment sont très-obtus. L'aspect n'en était pas satisfaisant,

aussi on ne tarda guère à parer à ces inconvénients. Mais il nous faut jeter un coup d'œil sur ce qui se faisait vers la même époque dans d'autres provinces où l'école romane avait jeté un vif éclat.

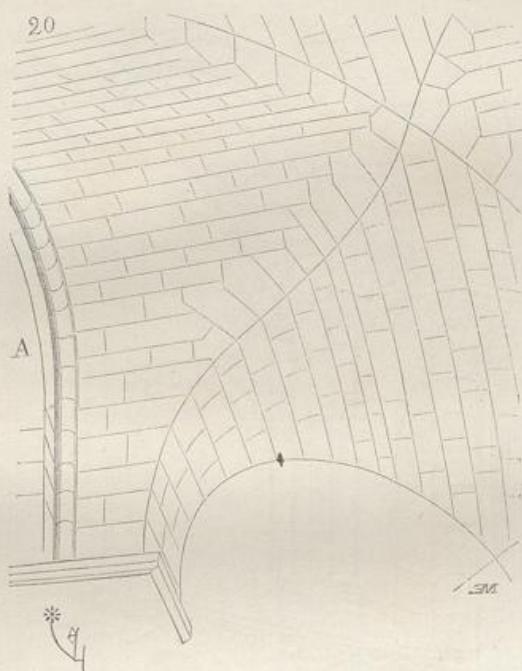
En Auvergne, dès la fin du xi<sup>e</sup> siècle, l'école des constructeurs avait apporté, ainsi que nous l'avons vu, dans la structure des voûtes tournantes, des perfectionnements notables, sans toutefois chercher avec autant de ténacité que le faisaient les écoles du Nord la solution des problèmes posés.



Nous trouvons un exemple curieux de ce fait dans l'église Saint-Julien de Brioude, dont le chœur fut entièrement reconstruit en 1140. Avant de passer outre et de suivre la marche rapide des constructeurs du nord de la France, il est nécessaire de nous arrêter un instant devant les voûtes du collatéral absidal de ce monument. Pendant qu'à Saint-Denis en France, Suger faisait reconstruire l'église de son abbaye d'après un système de structure entièrement nouveau, on élevait l'abside de l'église de Brioude. Là le système annulaire, sans arcs-doubleaux, est encore admis ; seules les archivoltes donnant sur le sanctuaire se détachent de la voûte, qui se compose d'un berceau annulaire pénétré par des berceaux normaux à la courbe du sanctuaire, et formant, par conséquent, des voûtes d'arête. Au droit des fenêtres qui éclairent le collatéral, entre les chapelles, des berceaux d'un diamètre plus petit que ceux des travées pénètrent le berceau annulaire. Mais ce qui doit faire l'objet d'un examen attentif dans ces voûtes, c'est qu'elles sont complètement

appareillées et non plus construites en blocages ou en moellons enduits, ou encore en moellons taillés et enchevêtrés comme dans le collatéral de l'église Saint-Louis de Poissy.

De leur côté, les Auvergnats cherchaient aussi le progrès, mais seulement dans le mode d'exécution, sans rien changer au système roman. Voici (fig. 20) l'appareil d'une de ces voûtes d'arête tournantes. En A est l'archivolte donnant sur le sanctuaire.



On voit que les architectes auvergnats n'avaient pas encore, au milieu du XII<sup>e</sup> siècle, admis les arcs-doubleaux séparatifs, et que la voûte de pierre repose directement sur le tailloir du chapiteau. Tout irrégulier qu'il est, l'appareil des arêtes est conforme à la théorie, composé de pierres d'un assez gros volume taillées avec soin. Entre les chapelles absidales, voici (fig. 21) comment sont disposées les pénétrations des baies qui éclairent le collatéral. Les colonnes engagées portent la voûte elle-même, et non les arcs, qui, dans les provinces du Nord, à cette époque, sont déjà chargés de la soutenir. Cependant, dans la première travée du bas côté du chœur de l'église de Notre-Dame du Port, à Clermont, dont la construction est de plus de cinquante ans antérieure à celle de l'église de Saint-Julien de Brioude, on remarque un arc-doubleau séparatif, très-peu saillant, il est vrai, en partie noyé par conséquent dans la voûte même, mais enfin qui indique déjà la tendance à diviser les voûtes annulaires par travées. Cet exemple ne fut pas suivi dans le collatéral circulaire de Brioude, dont les voûtes sont encore

franchement romanes comme combinaison, mais construites avec plus



de savoir et de soins. Ayant constaté la tendance de cette province centrale à ne pas abandonner ses traditions romanes, même pour la construction des voûtes tournantes posées sur piles isolées qui exigeaient des combinaisons entièrement neuves, nous allons suivre la marche des perfectionnements rapides introduits dans la structure des voûtes appartenant aux édifices du Nord.

En se reportant aux figures 1, 2, 5 et 8 de cet article, on observera que les voûtes romaines, qui présentent une structure parfaitement homogène, si on ne les considère que superficiellement, se composent en fait, de nerfs et de parties neutres, ou, si l'on préfère cette définition, d'une membrure et de remplissages rendus aussi légers et aussi inertes que possible. Nous avons donné les deux raisons principales qui avaient fait adopter ce parti : la première, l'économie des cintres de charpente ; la seconde, l'avantage de bander les voûtes suivant une méthode rapide qui assurait l'homogénéité de leur structure, une égale dessiccation des mortiers, et qui permettait d'obtenir, en même temps qu'une parfaite solidité, la plus grande légèreté possible. Nous avons vu que, dans la construction des voûtes d'arête, les Romains noyaient des arêtiers de brique dans l'épaisseur même de la voûte, comme ils noyaient des arcs-doubleaux dans l'épaisseur des berceaux et des côtes dans l'épaisseur des coupoles. Cette méthode était judicieuse, inattaquable au point de vue de la solidité ; l'était-elle autant au point de vue de l'art ? Si l'architecture a pour objet de ne dissimuler aucun des procédés de structure qu'elle emploie, mais au contraire de les accuser en leur donnant les formes convenables, il est évident que les Romains ont souvent méconnu ce principe ; car, les voûtes enduites, recouvertes intérieurement de stucs et de peintures, suivant des combinaisons indépendantes de la membrure, il était impossible de savoir si ces voûtes possédaient ou non des arcs-doubleaux, des nerfs dans leur contexture. Cette ossature résistante, jugée nécessaire à sa stabilité, n'était pas toujours visible ; si elle est en partie accusée dans la coupole du Panthéon, elle ne l'est pas dans les voûtes des thermes d'Antonin Caracalla, dans celles de la basilique de Constantin, dans la grande salle des thermes de Dioclétien. La question est ainsi réduite à ses limites les plus étroites. Toute structure ne doit-elle pas être pour l'architecte le motif d'une disposition compréhensible pour l'œil. Les Grecs, tant vantés comme artistes, avec raison, et si peu compris, s'il s'agit d'appliquer leurs principes, ont-ils fait autre chose, dans leur architecture, que de considérer la structure comme la raison déterminante de toute forme ? En ont-ils jamais dissimulé les moindres membres ? Et ces petits édifices de la Syrie centrale, dont nous avons parlé plus haut, ne sont-ils pas la plus vive expression de ce sentiment du Grec, qui le porte, dans les choses d'architecture, à considérer toute structure comme l'élément constitutif de la forme visible, même après qu'il a subi l'influence romaine, influence si contraire aux goûts du Grec.

Mais ces Grecs des bas temps n'ont pas, dans la Syrie centrale, fait

des voûtes d'arête sur de grandes dimensions. Ils n'ont accepté, de l'héritage romain, que l'arc, le berceau et la coupole. Cependant ils se sont appropriés ces formes en y ajoutant leurs dispositions rationnelles, et ces tendances sont assez marquées pour que les Occidentaux, qui virent ces monuments à la fin du XI<sup>e</sup> siècle, aient pu suivre cette voie, mais en allant beaucoup plus loin que n'avaient pu le faire les habitants de ces petites cités semées sur le chemin de la Perse à Byzance.

Or, on peut le demander à tous les gens de bonne foi : admettre le principe de la structure des voûtes romaines, et s'inspirer de l'esprit analytique du Grec, de son goût pour le vrai, de son sentiment inné de la forme, pour, de ces éléments, constituer un système complet, n'est-ce pas un progrès ? Et est-on en droit de repousser comme suranné ce système, si d'ailleurs on ne sait que reproduire la forme apparente de la structure romaine, sans y prendre même ce qui en constitue le mérite principal, l'économie des moyens et la simplicité d'exécution ? Il suffit, pensons-nous, de poser ces questions, pour que chacun puisse déterminer où s'est arrêté le progrès et où commence la décadence.

Adopter la voûte romaine, mais raisonner ainsi que l'ont fait ces artistes occidentaux du XII<sup>e</sup> siècle, est, à nos yeux, une des révolutions les plus complètes, les mieux justifiées qui aient jamais été faites dans le domaine de l'architecture. Que se sont-ils dit ces artistes ? « En construisant leurs voûtes, les Romains ont considéré deux objets, une ossature et un remplissage neutre ; mais de ces deux objets distincts ils n'ont tiré qu'une forme apparente, une concrétion, confondant ainsi la chose qui soutient, la chose essentielle et la chose soutenue, inerte. Si l'intention est excellente, si le résultat matériel est satisfaisant, le résultat, comme art, est vicieux ; car dans l'art de l'architecture, qui est une sorte de création, la fonction réelle de chaque membre doit être accusée par une forme en rapport avec cette fonction. Si une voûte ne peut se soutenir que par un réseau de nerfs, ce réseau n'est pas destiné par l'art à être caché, il doit être apparent, d'autant plus apparent, qu'il est plus utile. Les Grecs ont admis cette loi, sans souffrir d'exceptions..... » Que les architectes occidentaux aient fait ce raisonnement en plein XII<sup>e</sup> siècle, nous ne l'affirmerons pas ; mais leurs monuments le font pour eux, et cela nous suffit.

Les architectes romans avaient adopté tout d'abord la voûte en berceau comme étant la plus simple et la plus facile à construire. Déjà, vers la fin du XI<sup>e</sup> siècle, ils avaient nervé ces berceaux, non plus par des arcs plus résistants, comme nature de matériaux, noyés dans l'épaisseur même de la voûte, mais par des arcs-doubleaux saillants<sup>1</sup> donnant une plus grande résistance à ces berceaux au droit des points d'appui. La poussée continue de ce genre de voûtes les fit bientôt abandonner. Restaient donc, pour vouter de grands espaces, des salles, des nefs, la voûte

<sup>1</sup> Voyez CONSTRUCTION, fig. 3.

d'arête et la coupole sur pendentifs, parfaitement connue alors en Occident, puisque, depuis plus d'un siècle, des coupoles sur pendentifs avaient été construites dans l'ouest et le centre de la France<sup>1</sup>. La voûte d'arête romaine, formée par la pénétration de deux demi-cylindres, donnait, comme courbe de pénétration, une courbe plate qui inquiétait, avec raison, des constructeurs ne possédant plus les excellents mortiers de l'empire<sup>2</sup>. La coupole sur pendentifs demandait beaucoup de hauteur et exigeait un cintrage de charpente compliqué et très-dispendieux. Ces maîtres du XII<sup>e</sup> siècle cherchèrent donc, comme nous l'avons déjà dit, un moyen terme entre ces deux structures; ils rehaussèrent la voûte d'arête à la clef, ainsi, du reste, que l'avaient fait les Byzantins (voyez fig. 10). Mais, — et c'est alors qu'apparaît la véritable innovation dans l'art du constructeur, — ils firent sortir de la voûte d'arête romaine ou byzantine le nerf noyé dans son épaisseur, le construisirent en matériaux appareillés, résistants, et le posèrent sur le cintre de charpente; puis, au lieu de maçonner la voûte autour, ils la maçonnèrent par-dessus, considérant alors cet arc laissé saillant, en sous-œuvre, comme un cintre permanent. Dans le porche de l'église abbatiale de Vézelay on voit déjà deux voûtes ainsi construites (1130 environ); mais c'est dans l'église abbatiale de Saint-Denis (1140) que le système est complètement développé. Là les voûtes sont plutôt des coupoles que des voûtes d'arête, mais elles sont toutes, sans exception, nervées parallèlement et diagonalement par des arcs de pierre saillants, et ces arcs sont tous en tiers-point, c'est-à-dire formés d'arcs de cercle brisés à la clef. Les déductions logiques de ce système ne se font pas attendre. Dans la voûte romaine, formée de cellules, comme nous l'avons vu figure 1 et suivantes, le remplissage de ces cellules est *maintenu*, mais est inerte, n'affecte aucune courbure qui puisse en reporter le poids sur les parois des cellules. Puisque les constructeurs du XII<sup>e</sup> siècle détachaient les nerfs de la voûte, qu'ils en faisaient comme un cintrage permanent, il était naturel de *voûter* les remplissages sur ces nerfs, c'est-à-dire de leur donner en tout sens une courbure qui reportât réellement leur pesanteur sur les arcs. Ainsi la *voûte* était un composé de plusieurs voûtes, d'autant de voûtains qu'il y avait d'espaces laissés vides entre les arcs. Du système concret romain, — malgré les différents membres qui constituaient la voûte romaine, — les maîtres du XII<sup>e</sup> siècle, en séparant ces membres, en leur donnant à chacun leur fonction réelle, arrivaient au système élastique. Bien mieux, ils inauguraient un mode de structure par lequel on évitait toutes les difficultés dont nous avons indiqué plus haut quelques-unes, et qui leur donnait la liberté de voûter, sans embarras, sans dépenses extraordinaires, tous les espaces, si irréguliers qu'ils fussent, en prenant les hauteurs qui leur convenaient, soit pour les naissances des arcs, soit pour les niveaux des clefs.

<sup>1</sup> Voyez COUPOLE.

<sup>2</sup> Voyez CONSTRUCTION, fig. 4.

Les voûtes du porche de Vézelay (1130), dont quelques-unes déjà sont bandées sur des arcs diagonaux, sont maçonées en moellons irréguliers noyés dans le mortier, mais ce maçonage ne reporte pas exactement sur les arêtes la charge des triangles maçonnés ; celles-ci enlevées, la voûte tiendrait encore, comme se tiennent les voûtes du même édifice dépourvues de ces arcs diagonaux. Ici l'arc diagonal est plutôt un moyen de donner de la résistance à un point faible, de l'accuser, qu'une structure commandée par une nécessité. C'est un expédient, non un principe. Il ne serait donc pas exact de considérer les nerfs saillants, les arcs ogives (pour leur donner leur véritable nom) des voûtes du porche de Vézelay, comme la première tentative d'un principe nouveau ; c'est un acheminement vers un principe qui n'est pas encore entrevu. En effet, dans l'art de l'architecture, et surtout dans la pratique de cet art, les principes ne naissent pas tout formés dans le cerveau des constructeurs, il y a toujours comme une intuition des principes ayant l'énoncé de ces principes. Remplacer des cintres provisoires de bois par des cintres permanents de pierre, était une idée ingénieuse, déduite de la théorie romaine sur la solidité des voûtes ; ce n'était pas un nouveau principe : ce n'est pas un principe nouveau de faire saillir *sous* la voûte le nerf noyé *dans* la voûte ; c'est une simple déduction logique. Mais considérer ces nerfs, ressortis de la voûte, comme une membrure indépendante, et combiner, sur cette membrure, des successions de voûtes qui ne peuvent se soutenir que parce qu'elles portent sur cette membrure, c'est alors un nouveau principe qui s'établit, qui n'a plus de rapport avec le principe de la structure romaine ; c'est une découverte, et une découverte si importante dans l'art de la construction, que nous n'en connaissons pas qui puisse lui être comparée. Les constructeurs s'affranchissaient ainsi de toutes les difficultés qui se présentent lors de l'établissement des voûtes sur des plans irréguliers, et notamment sur des plans curvilignes. Il faut se placer à ce point de vue, si l'on veut se rendre compte de la valeur de cette innovation ; ne pas considérer seulement l'apparence des voûtes, mais leur mode de structure. Or, il existe beaucoup de voûtes nervées qui ne sont point des voûtes en arcs d'ogive, c'est-à-dire qui ne sont point construites d'après ce principe ignoré jusqu'alors, consistant en une succession de voûtes portées sur des arcs bandés en tous sens, quelle que soit la configuration du plan à couvrir. Nous avons essayé, dans l'article CONSTRUCTION, de faire ressortir la différence entre le principe de la coupole nervée, et le principe de la voûte en arcs d'ogive, bien qu'en apparence ces deux voûtes aient le même aspect<sup>1</sup>, ou peu s'en faut ; il semblerait que nos développements à ce sujet ne sont pas assez étendus, puisque de savants critiques n'ont pas paru apprécier toute l'importance de cette différence. Cependant elle est telle, que le système de coupole nervée, successivement amélioré, am-

<sup>1</sup> Voyez CONSTRUCTION, fig. 62 et suivantes jusqu'à la figure 72 bis.

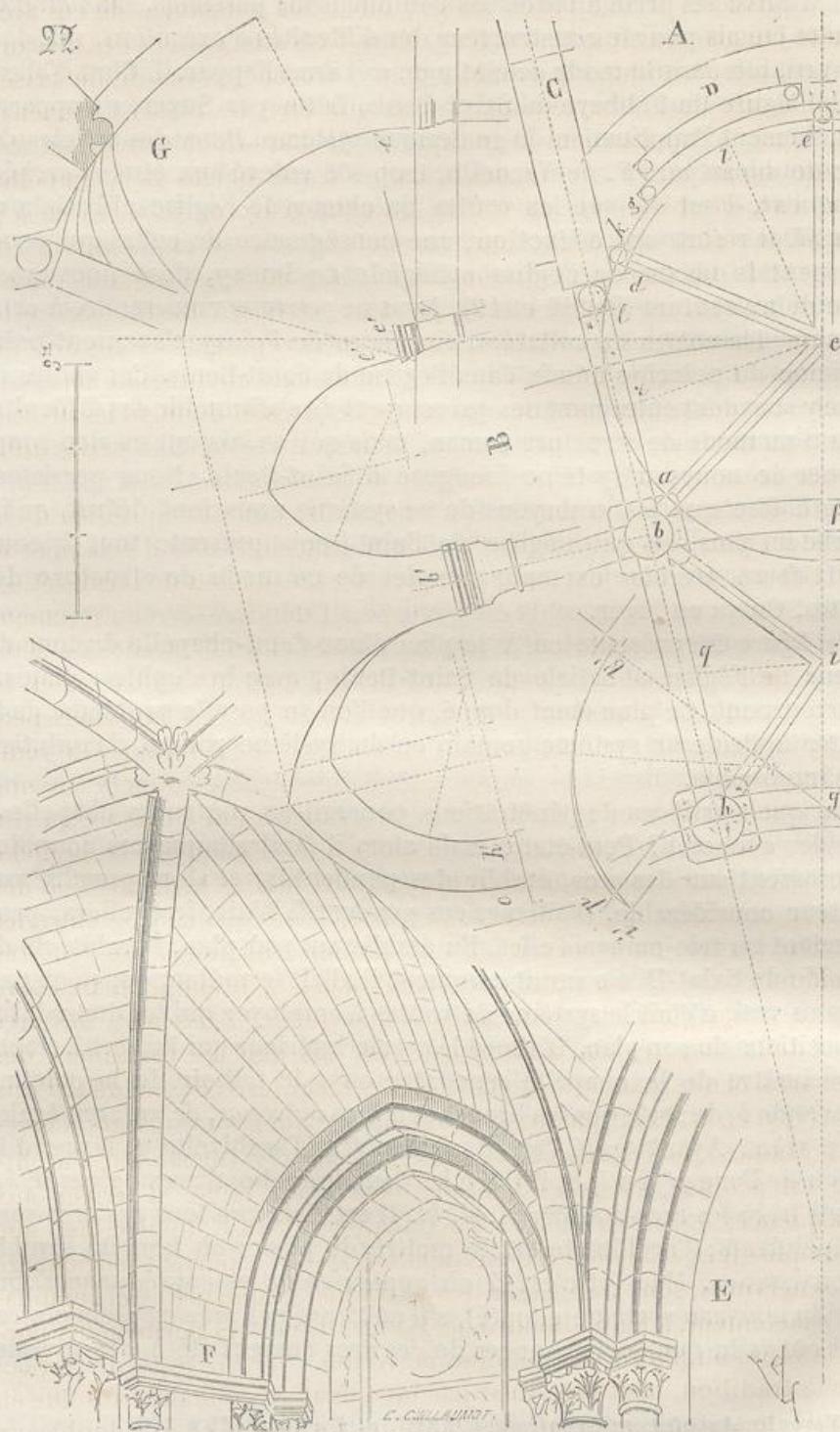
plifié, conduit à une structure bornée dans les moyens et qui ne peut aboutir à des résultats étendus, tandis que le système de la voûte en arcs d'ogive se prête à toutes les combinaisons possibles, sans qu'il en résulte jamais pour le constructeur des difficultés d'exécution, soit dans le tracé, soit dans le mode de cintrage, soit dans l'appareil. C'est d'abord dans l'église de l'abbaye de Saint-Denis, bâtie par Suger, qu'apparaît franchement l'application de ce dernier système. Dans des articles dus à notre savant ami F. de Verneilh, trop tôt enlevé aux études archéologiques<sup>1</sup>, il est dit que les voûtes du chœur de l'église abbatiale de Saint-Denis sont une déduction, une conséquence de celles qui pourtournent le chœur de l'église collégiale de Poissy, dont nous avons montré la structure (fig. 18 et 19). Nous ne pouvons nous rendre à cette opinion; les voûtes du collatéral circulaire de Poissy n'accusent point l'origine du principe admis dans l'église de Saint-Denis. Ces voûtes de Poissy sont des voûtes romanes qui essayent de s'affranchir des difficultés tenant au mode de structure roman, mais qui ne laissent en rien soupçonner le nouveau système inauguré à Saint-Denis. Nous persistons donc à dire que les embryons de ce système nous font défaut, qu'ils n'existent plus, ou que l'église de Saint-Denis présente tout à coup en 1140 un premier exemple complet de ce mode de structure des voûtes. On va en juger.

La figure 22 présente en A le plan d'une demi-chapelle du tour du chœur de l'église abbatiale de Saint-Denis, avec le double collatéral pourtournant. Ce plan étant donné, que l'on se pose le problème de le voûter à l'aide du système romain ou du système roman, la solution sera impossible.

Par quels artifices de pénétrations pourrait-on voûter les chapelles? Par des coupoles? Peut-être; mais alors il faudrait que ces coupoles reposassent sur des arcs, établir des pendentifs, et alors prendre une hauteur considérable. D'ailleurs ces pendentifs biais, irréguliers, produiraient un très-mauvais effet. En établissant son plan, l'architecte de l'abside de Saint-Denis savait comment il allait le voûter; ou, pour parler plus vrai, c'était le système de voûtes à employer qui lui donnait les dispositions de son plan. D'abord le cercle intérieur qui lui sert à tracer le périmètre de la chapelle rencontre en *a* le tailloir de la colonne monostyle *b*, de sorte que les branches d'arcs ogives *ac*, *dc*, *ec*, sont égales entre elles. Ayant tracé l'arc-doubleau *f* et l'archivolte *g*, il prend le milieu de l'axe *gf*, en *i*, et il trace les deux branches d'arcs ogives *bi*, *hi*, puis il trace les arcs-doubleaux *hb*, *bi*. Il est clair que tous ces arcs sont indépendants; l'architecte est le maître de placer où bon lui semble leur naissance. Mais (et c'est là où apparaissent les conséquences forcées du nouveau système adopté), s'il eût tracé ces arcs en plein cintre, ou il eût fallu que les naissances de ces arcs eussent été à des niveaux

<sup>1</sup> Voyez les *Annales archéologiques*, t. XXIII, p. 4 à 18 et 145 à 132.

très-différents, si l'on eût voulu que leurs clefs fussent élevées à un même



L. CAILLAUD.

niveau, puisque ces arcs sont de diamètres très-différents, et alors surgitaient les difficultés que nous avons signalées plus haut pour fermer les remplissages triangulaires voûtés; ou si les naissances de ces arcs eussent été placées au même niveau, leurs clefs atteignaient des niveaux très-variables. L'architecte emploie donc l'arc en tiers-point ou brisé, qui lui assure toute liberté pour donner aux clefs les niveaux convenables. Ainsi, le rabattement B indique en *lb'* l'arc-doubleau *lb*, en *b'h'* l'arc-doubleau *bh*, en *c'e'* une des branches d'arcs ogives de la chapelle, en *ob'* l'arc-doubleau *bf*, en *b'i'* la branche d'arc ogive *bi*, et en *b'p* celle *hi*. Il résulte de ce tracé que les clefs *cfi* sont au même niveau, et que les clefs des deux arcs-doubleaux *hb*, *bl*, sont aussi sur une même ligne de niveau, inférieure à celle des trois clefs *cfi*. Reste, sur cette ossature, à bander les triangles voûtés, lesquels reposent sur ces arcs en tiers-point. Les lignes de clefs de ces remplissages aboutissent nécessairement au point culminant de chacun de ces arcs et donnent les projections ponctuées *iq*, *er*, et passent par la ligne d'axe *cg*. Une petite difficulté se présentait dans la partie pleine de la chapelle.

L'architecte avait dû percer les fenêtres D, non pas au milieu de la courbe *ke*, mais plus rapprochées de la pile centrale *e*, afin d'échapper le contre-fort C. Or, l'archivolte de cette fenêtre tenant lieu de formeret, sa clef se trouve en *t*; la ligne de clefs *ct* divisait donc très-irrégulièrement le triangle *kec*; et il restait, de *k* en *s*, un espace entre l'extrados de cette archivolte et celui de la branche d'arc *ke*, qui pouvait embarrasser le maçon chargé de bander la voûte sur le triangle *kec*. La figure perspective E montre en F comment cette petite difficulté fut résolue. Le remplissage voûté commence comme commencerait une coupole sur une partie circulaire; puis la surface courbe, gauchissant à mesure qu'elle s'élève, va chercher l'extrados de l'archivolte et celui de la branche d'arc ogive. En G, une projection horizontale indique la disposition des rangs de moellons taillés, à la naissance de la surface courbe entre les arcs. Sur le tracé perspectif E on voit que les archivoltes des fenêtres faisant fonction de formerets pénètrent dans la branche d'arc ogive d'axe, à sa naissance. On remarquera aussi que les naissances des arcs ogives de la chapelle sont à un niveau plus bas que les naissances des autres arcs, et que, par suite, les tailloirs des chapiteaux descendant d'une assise (voy. en *y*). Sauf quelques tâtonnements, quelques points vaguement étudiés, le système est complet, franc; la liberté de l'architecte est acquise, et de ce premier essai il est facile d'arriver aux conséquences les plus étendues. Le tracé perspectif E montre bien que les remplissages triangulaires en moellons taillés reportent leur charge sur les nervures, sont bandés sur leur extrados, et que celles-ci remplissent exactement, à Saint-Denis déjà, l'office de cintres permanents portant la voûte ou plutôt une réunion de voûtes. Par un reste de respect pour la tradition, peut-être aussi par un défaut de confiance absolue en la bonté du système nouveau, les clefs des formerets et arcs-doubleaux

latéraux sont tenues plus bas que celles des arcs ogives, afin de laisser encore à la réunion des voûtains triangulaires une forme générale *domicale*. Ce parti persista jusqu'aux premières années du XIII<sup>e</sup> siècle.

Ce qui prouve combien le système de voûtes admis dans la reconstruction de l'église abbatiale de Saint-Denis est radical, est nouveau, ce sont les monuments contemporains de celui-ci ou même un peu postérieurs, dans lesquels on aperçoit encore des hésitations, des restes de traditions romanes dont les architectes n'osent ou ne peuvent s'affranchir. A ce point de vue, les voûtes de la cathédrale de Sens méritent un examen approfondi. M. Challe, au Congrès scientifique d'Auxerre de 1859, a parfaitement établi que la cathédrale de Sens ne pouvait avoir été reconstruite après l'incendie de 1184; mais on ne peut admettre qu'elle ait été commencée par l'archevêque Henri de France dès son intronisation, c'est-à-dire en 1122, dix ans avant le narthex de l'église abbatiale de Vézelay. Les caractères de l'architecture, des profils et de la sculpture ne peuvent faire supposer que la cathédrale de Sens ait été commencée avant 1140, peu avant la mort de l'archevêque Henri. Et en effet, les textes disent qu'il commença cet édifice, mais ils ne disent pas à quel moment de son épiscopat cette fondation eut lieu. Or, c'est en 1137 que l'abbé Suger commence la reconstruction de son église; en trois ans et trois mois il avait achevé le chœur. En admettant que la cathédrale de Sens soit contemporaine de l'église de Saint-Denis, on y travaillait encore en 1170, et son édification était poursuivie avec lenteur.

La cathédrale de Sens ne peut donc passer pour avoir servi de point de départ pour les travaux de Saint-Denis, et les voûtes de Saint-Étienne de Sens accusent une indécision (surtout les voûtes basses), des tâtonnements qui n'apparaissent plus à Saint-Denis.

Examinons (fig. 23) une demi-travée de la nef de la cathédrale de Sens. Les voûtes des collatéraux A possèdent des arcs-doubleaux C qui sont plein cintre (voy. le rabattement C'). Mais les travées de la nef étant doubles, c'est-à-dire alternativement composées de grosses piles P pour porter les arcs-doubleaux et les arcs ogives des hautes voûtes, et de piles intermédiaires S composées de colonnes accouplées destinées à porter seulement les arcs de recoupement de ces voûtes hautes, les arcs ogives des voûtes basses se placent assez gauchement sur ces piles. Les arcs ogives rabattus en D ont leurs deux branches inégales, celle *ab* étant plus courte que celle *bc*. En *c*, le constructeur, n'ayant pas réservé une colonnette pour recevoir cette branche *bc*, a dû poser un corbeau dans la hauteur du sommier de l'arc-doubleau et de l'arc formeret (voy. le tracé perspectif G); ainsi a-t-il pu diminuer une partie de la différence de longueur entre les deux branches des arcs ogives. Ces branches d'arcs ogives reposent d'autre part sur la saillie du tailloir des chapiteaux des colonnes accouplées S et sur des colonnettes engagées tenant aux grosses piles. Bien que les arcs-doubleaux C soient plein cintre, les archivoltes E de la nef sont en tiers-point (voy. leur rabatte-

ment en E'). D'ailleurs les clefs des arcs ogives atteignent un niveau d'élégance supérieur au niveau des clefs des arcs-doubleaux et des archivoltes; de

sorte que ces voûtes sont fortement bombées et construites en moellons taillés, comme il a été dit ci-dessus. Ce mélange du plein cintre et de l'arc en tiers-point pour les arcs-doubleaux et archivoltes ne se trouve nulle part à Saint-Denis dans les constructions de Suger. A Saint-Denis, les branches d'arcs sont plus adroitement placées. On n'y voit point de ces culs-de-lampe qui paraissent avoir été un expédient à Sens, et que nous retrouvons aussi dans les voûtes basses d'un autre monument de la Champagne, à Notre-Dame de Châlons-sur-Marne. Maintenant, si nous passons aux voûtes hautes, faites quelques années plus tard (d'autant que, comme nous l'avons dit, les travaux à Sens furent conduits avec lenteur), nous trouvons un système de voûtes très-intéressant à étudier, en ce qu'il éclaireit plusieurs questions touchant la construction de ces parties importantes de nos édifices de la fin du XIII<sup>e</sup> siècle. Ces voûtes hautes sont sur plan carré avec arc-doubleau de recouplement ; méthode adoptée, sauf de rares exceptions, pour les nefS de la seconde moitié du XIII<sup>e</sup> siècle et du commencement du XIV<sup>e</sup> <sup>1</sup>. A Sens, cette disposition des voûtes hautes est parfaitement accusée par la forme et la dimension des piles. Les arcs ogives (arcs diagonaux) PM sont plein cintre <sup>2</sup>; leur rabattement est en *pm*. L'arc-doubleau de recoulement SM est rabattu en *sm*. Les arcs-doubleaux PO sont rabattus en *ro*. Pour les formerets (anciens), ils étaient plein cintre et sont rabattus en *nt*. On observera que la courbe d'extrados de l'arc ogive (rabattue) vient rencontrer en *v* le formeret au niveau de l'extrados de sa clef (en projection verticale), de sorte que la ligne des clefs du remplissage triangulaire *Mg* (en projection horizontale) est donnée par la courbe d'extrados *vm*. Le demi-triangle *Mgh* est donc une section de coupole, et pourrait être construit suivant le mode propre à ce genre de voûtes, c'est-à-dire par une suite de rangs de moellons concentriques. C'est là un point qu'il ne faut pas perdre de vue, car il indique clairement que, comme nous prétendons l'établir dans l'article OGIVE, la forme de la coupole préoccupait encore les architectes de la première période dite gothique. Cependant les rangs de moellons de ces remplissages sont posés parallèlement à la ligne *Mg* des clefs, afin de reporter le poids de ces remplissages en entier sur les arcs-doubleaux et arcs ogives. Mais on pourra objecter que les formerets plein cintre n'existent plus et ayant été remplacés à la fin du XIII<sup>e</sup> siècle par d'autres, en tiers-point et beaucoup plus élevés, nous n'établissons notre tracé que sur une hypothèse. Voici donc (fig. 24) la preuve de l'exactitude du tracé précédent. En A, est le plan horizontal de la naissance de ces grandes voûtes de la cathédrale de Sens. B est l'arc-doubleau; C, l'arc ogive; D, l'arc-doubleau de recou-

<sup>1</sup> Voyez CONSTRUCTION, OGIVE, TRAVÉE.

<sup>2</sup> Aujourd'hui le centre de ces arcs serait en I; mais il y a eu, après le décintrage, un léger abaissement de la clef, puis plus tard un faible écartement des murs, qui a dû déformer quelque peu ces arcs, dont les centres devaient être posés sur la ligne supérieure des tailloirs.

pement. En E, est tracée la coupe, suivant le grand axe, de cette portion de voûte. Les colonnettes *c* existent encore en place avec leurs chapi-



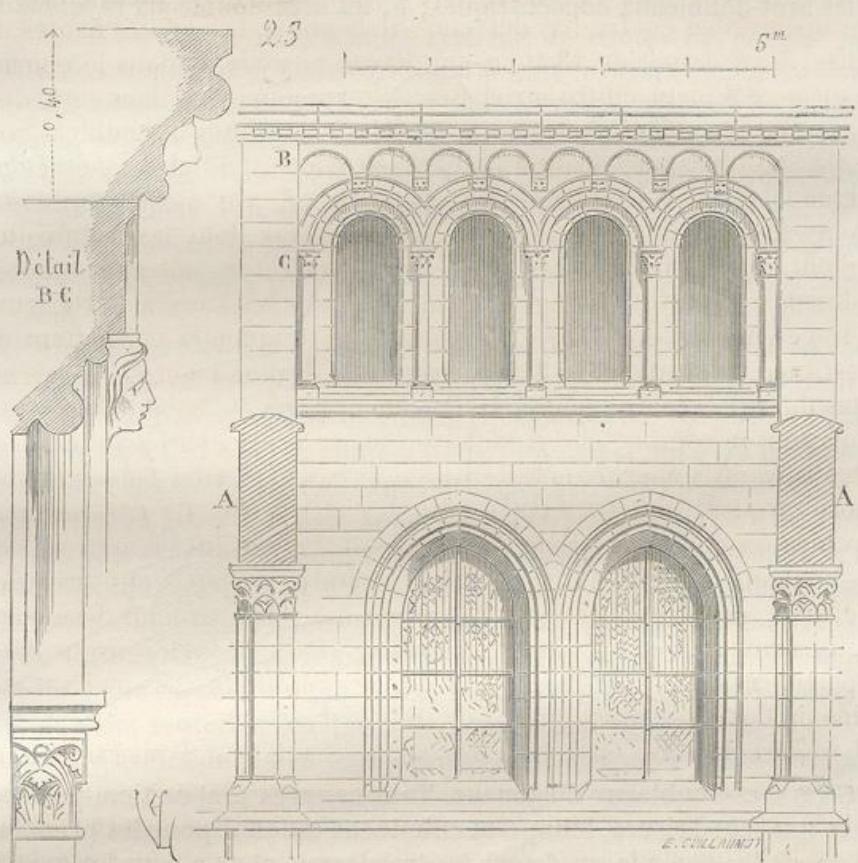
teaux, et dans les travées du chœur les branches *be* d'arcs formerets ont été laissées au-dessous des formerets surélevés à la fin du XIII<sup>e</sup> siècle. Ces éléments suffiraient pour indiquer la hauteur et la forme précise

des anciens formerets du XII<sup>e</sup> siècle. Mais voici qui vient encore appuyer notre restitution. Tout le long de la nef, la corniche F du XII<sup>e</sup> siècle est conservée; au-dessous est une ornementation de petits arcs plein cintre qui reposent sur une arcature qui autrefois s'ouvrait nécessairement au-dessus des voûtes, ainsi que l'indique la coupe G. La corniche F était surélevée pour permettre aux entraits de la charpente de passer au-dessus de l'extrados des voûtes; et cette arcature G donnait du jour et de l'air sous le comble. Dans le chœur de l'église abbatiale de Vézelay, qui date de 1180 à 1190, les formerets sont également plein cintre et ainsi disposés en contre-bas des clefs de la voûte. Les voûtes hautes de l'église Notre-Dame de Châlons-sur-Marne possèdent, dans le chœur, des formerets plein cintre surbaissés. Il n'y a donc rien dans cette disposition qui ne soit conforme à la structure des voûtes des édifices voisins de Sens ou appartenant à la même province. La ligne ponctuée *gh* indique la place des formerets refaits à la fin du XIII<sup>e</sup> siècle, formerets qui enveloppent de grandes fenêtres à meneaux dont les archivoltes viennent aujourd'hui pénétrer les restes de l'arcature autrefois ajourée au-dessus des voûtes. La figure 25 donne cette arcature à l'extérieur; les traces encore en place et de nombreux fragments permettent de la restituer sans difficultés<sup>1</sup>. En perçant les nouvelles fenêtres, les architectes du XIII<sup>e</sup> siècle se sont contentés de boucher les baies donnant autrefois sous le comble, et d'entailler les pieds-droits et archivoltes plein cintre suivant la courbe de l'archivolte de ces nouvelles baies. On voit encore en place, sur quelques points, les chapiteaux C, des portions d'archivoltes et toute la partie supérieure B. En A, sont les arrivées des arcs-boutants qui datent de la construction primitive. Cette arcature supérieure donnant au-dessus des voûtes se retrouve dans beaucoup d'églises romanes des provinces rhénanes, et avait pénétré jusque dans les parties orientales de la Champagne. Sa présence à Sens n'en est pas moins un fait assez remarquable.

Il ressort de cette étude que les voûtes hautes de Saint-Etienne de Sens étaient très-bombées, présentaient des triangles concaves fortement inclinés vers l'extérieur; que les constructeurs n'osaient encore s'affranchir de la forme génératrice donnée par la coupole, quant au tracé, bien qu'ils eussent déjà adopté le mode de structure des voûtains triangulaires de remplissages reportant les charges sur les arcs-doubleaux et formerets; du moins cela paraît-il probable, puisque ce mode est adopté pour les voûtes des collatéraux, plus anciennes, et pour les voûtes hautes des chœurs de Vézelay et de Notre-Dame de Châlons-sur-Marne, qui sont

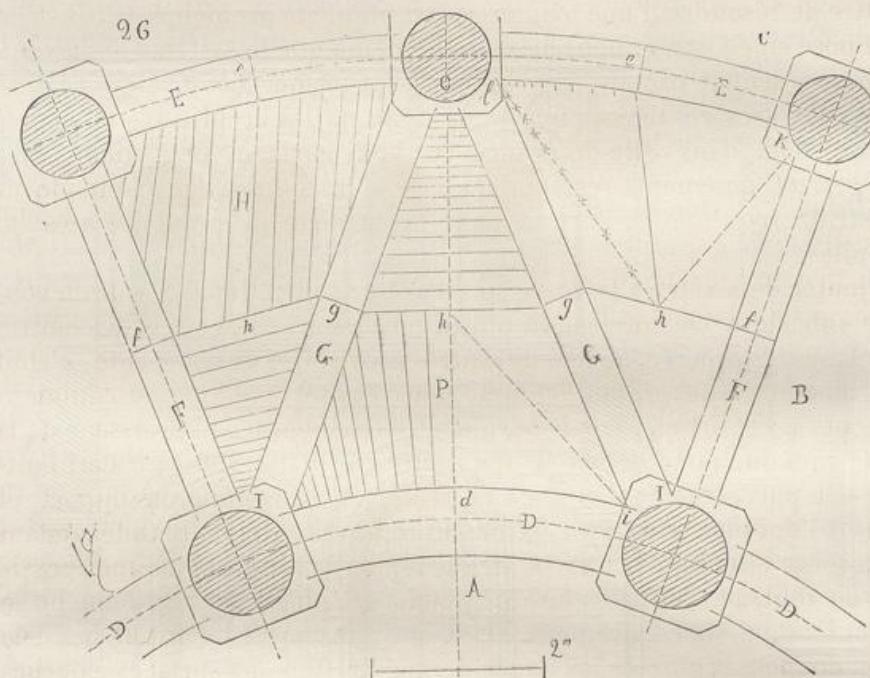
<sup>1</sup> C'est grâce à l'obligeance de M. Lance, architecte diocésain de Sens, et aux sondages intelligents faits par son inspecteur, M. Lefort, que nous avons pu relever exactement cette arcature, qui présente une disposition si curieuse. Dans notre restitution, la forme des fenêtres est seule douteuse, bien que les pieds-droits de ces fenêtres soient encore accusés à l'extérieur et coïncident avec les pieds-droits de l'arcature du triforium. (Voyez TRIFORIUM.)

du même temps, ou peu s'en faut, que celles hautes de la cathédrale de Sens. Les triangles prenant pour base les formerets, ayant à Sens été refaits à la fin du XIII<sup>e</sup> siècle, — quoique les arcs ogives et arcs-doubleaux n'aient point été modifiés, — nous ne pouvons affirmer toutefois que les rangs de moellons de ces triangles aient été posés parallèlement à la ligne des clefs (voy. figure 24). Il serait possible que les rangs de moellons du demi-triangle *ilm* eussent été posés parallèlement à la ligne



des clefs *lm*, et que les moellons du demi-triangle *nlm* eussent été posés par rangs horizontaux, puisque la ligne *lm* n'était qu'un segment de l'arc ogive (extrados), et que, par conséquent, ce demi-triangle *nlm* était une tranche de sphère pénétrée par le formeret. Cette structure eût été assez étrange et exceptionnelle pour qu'on ne puisse l'admettre. Cependant il y avait alors une telle liberté dans la manière de poser les remplissages des voûtes d'arête, qu'on ne doit repousser absolument aucune conjecture. C'est grâce à cette liberté que les architectes de la seconde moitié du XII<sup>e</sup> siècle arrivent à voûter sans difficultés les surfaces irrégulières, et notamment des espaces triangulaires, entre piles, ainsi qu'on

le peut voir autour du chœur de la cathédrale de Paris. Le sanctuaire de Notre-Dame de Paris est enveloppé d'un double collatéral (voy. CONSTRUCTION, fig. 44); la seconde zone de piles étant naturellement plus développée que la première, et la troisième que la seconde, l'architecte a multiplié les points d'appui de manière à présenter toujours des arcs d'ouvertures à peu près égales. La figure 26 donne une travée A du sanctuaire de Notre-Dame de Paris, le premier collatéral B et la seconde précinctio C de colonnes monocylindriques. D sont les archivoltes; E, les arcs-doubleaux concentriques; F, les arcs-doubleaux rayonnants,

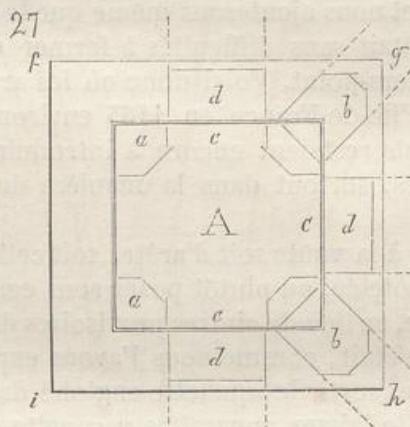


et G les arcs-doubleaux diagonaux. Tous ces arcs sont en tiers-point, de sorte que leur brisure, leur point culminant est en *d* pour les premiers, en *e* pour les seconds, en *f* pour les troisièmes, et en *g* pour les quatrièmes. Pour voûter ces surfaces triangulaires, le constructeur a réuni les extrados des points culminants des arcs F et G par des courbes ou lignes de clefs bombées *fg*, *gg*, *gf*. Il a voûté en surfaces courbes, par rangs parallèles à ces lignes de clefs, les triangles *ggO*, *gfI*, en posant, suivant la méthode ordinaire, chacun de ces rangs de moellons piqués sur les extrados des branches d'arcs *Og*, *Ig*, *If*. Le point culminant des lignes de clefs *fg*, *gg*, est en *h*, et ce point culminant est à un niveau sensiblement supérieur aux points culminants *d* et *e* des archivoltes D et arcs-doubleaux E, puisque les arcs-doubleaux rayonnants et diagonaux F et G sont tracés sur un plus grand diamètre, et que leurs clefs se trouvent, par cela même, plus élevées déjà que celles *d* et *e*. Ces clefs, aux points

culminants  $dh$ ,  $eh$ , ont donc été réunies par une courbe ; puis des lignes fictives ont été tirées de  $l$  en  $h$ , de  $K$  en  $h$ , de  $i$  en  $h$  : ces lignes sont des courbes par lesquelles doivent passer les rangs de moellons. Les extra-dos  $l$ ,  $e$  des arcs-doubleaux ont été divisés en un nombre de divisions égales suivant l'épaisseur des rangs de moellons ; un même nombre de divisions égales a été fait sur la courbe  $lh$ , par exemple ; puis les lignes qui ont réuni ces points ont donné les joints des rangs de moellons, ce que présente la structure tracée en H et en P. Ainsi ces triangles concaves viennent-ils reposer leur poids sur les arcs de pierre qui réunissent les piles. Il est clair que tout autre système de voûtes ne pouvait permettre de résoudre d'une manière aussi simple le problème de construction posé en ce cas, et nous ajouterons même que le système de la voûte gothique seul se prêtait sans difficultés à fermer ces triangles laissés entre des arcs en tiers-point. Voici donc où les architectes en étaient arrivés déjà dans l'Île-de-France en 1165 environ. Cependant, bien des perfectionnements restaient encore à introduire dans le mode de construire ces voûtes, surtout dans la manière de poser les arcs sur les piles.

Ajouter des arêtes à la voûte soit d'arête, soit cellulaire, soit en coupole sphérique ou côtelée, ou plutôt poser sous ces voûtes des cintres permanents de pierre, au lieu de cintres provisoires de charpente, c'était une idée nouvelle ; c'était, comme nous l'avons expliqué au commencement de cet article, sortir le squelette englobé dans l'épaisseur de la voûte romaine pour le laisser apparaître *sous* cette voûte ; c'était l'utiliser non plus seulement comme un renfort, mais comme un support, et bientôt l'unique support ; c'était enfin rendre ce squelette indépendant de la voûte elle-même et permettre l'emploi de tous les systèmes possibles de voûtement. Toutefois les déductions étendues de ce système ne se présentent que successivement. Ainsi, la voûte d'arête byzantine bombée étant donnée, renforcer les lignes de pénétration de surfaces courbes au moyen d'arêtes de pierre sous-jacentes ; extraire de la voûte bombée les arcs noyés dans l'épaisseur des lignes de pénétration, pour les placer sous ces lignes, afin de reposer les triangles de la voûte *sur* les arcs, c'est évidemment la première idée qui se présente à l'esprit des constructeurs au XII<sup>e</sup> siècle ; mais cette *extraction* d'un membre de la voûte byzantine, noyé dans son épaisseur, pour le placer *sous* cette voûte, ne modifie pas la voûte ; celle-ci subsiste, son ossature est visible extérieurement, voilà tout. Or, il faut trouver la place propre à recevoir cette ossature ; la présence nouvelle de cette ossature exigera un supplément d'assiette. C'est en effet ce qui arriva. Soit (fig. 27) un sommier A de voûtes d'arête bombées byzantines, portées sur des piles isolées. Le constructeur a l'idée de sortir les arêtes de brique  $a$ , noyées dans l'épaisseur de ces voûtes, pour maçonner la voûte non plus autour de ces nerfs, mais au-dessus. L'opération qui se présente tout d'abord est celle-ci : il écorne les angles du sommier, et pose, non plus en brique, mais en

pièces appareillées, les claveaux *b* en dehors des angles. Il aura de même fait sortir des faces *c* des arcs-doubleaux *d*. L'ensemble du sommier ainsi modifié occupera donc une surface *fghi*, plus étendue que celle occupée par le sommier de la voûte primitive. Il faudra, dès lors, ou que le chapiteau prenne un évasement considérable, ou que la pile soit plus grosse. Mais cependant les architectes, au XII<sup>e</sup> siècle, sentaient déjà qu'il était nécessaire de réduire autant que possible les points d'appui dans les intérieurs des édifices. Le nouveau système adopté paraissait donc en contradiction avec cette nécessité admise. On évasa les chapiteaux; mais n'osant pas porter toute la saillie de ces arcs ressortis, en



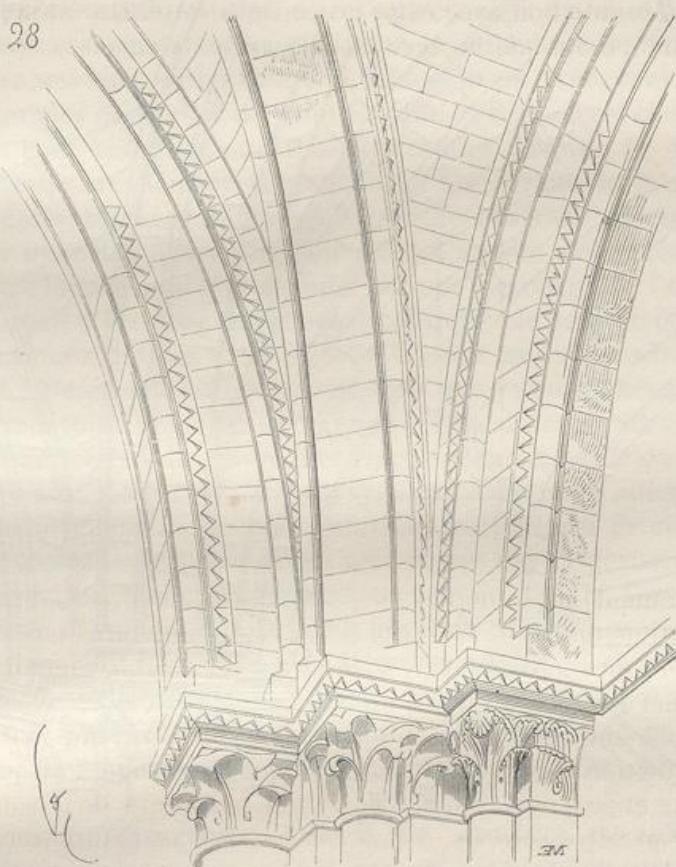
encorbellement sur le nu des piles, on ajouta à celles-ci, non pas une augmentation uniforme de surface, mais des membres portants, ainsi que nous l'avons fait voir dans la figure 9, ce qui permettait d'ailleurs de diminuer le corps principal de la pile.

Ainsi naissent ces faisceaux de colonnes engagées, qui sont une première déduction logique du nouveau mode de voûtement. Puisque les arcs-doubleaux et arcs ogives (diagonaux) étaient extraits de la voûte byzantine pour paraître sous sa surface interne, il était naturel d'extraire du corps de la pile elle-même des membres pour porter ces arcs. L'idée de réduction absolue de l'ensemble ne vient que successivement. On voit même, dans les monuments voûtés suivant la méthode gothique les plus anciens, que les piles, par suite de l'opération que nous venons d'indiquer, occupent une surface supérieure, relativement, à celle occupée par les piles des derniers monuments de la période romane. On croyait nécessaire de trouver en supplément les surfaces propres à recevoir les arcs nouvellement adoptés. Cette disposition est surtout sensible dans les provinces où le travail de transition de la voûte romane à la voûte gothique se fait avec lenteur, avec timidité. Ainsi les piles de la nef (sans collatéraux) de l'église de la Trinité, à Laval, qui date du milieu du XII<sup>e</sup> siècle, portent un système complet d'arcs-doubleaux et d'arcs ogives

(fig. 28). Ici l'architecte a cru nécessaire de trouver sur les tailloirs des chapiteaux la place franche, ou à très-peu près, de chacun de ces arcs, qui sont indépendants les uns des autres dès le sommier.

Dans l'Île-de-France cependant, dès 1140, les arcs se pénètrent à leur naissance, ainsi qu'on le voit autour du chœur de l'église abbatiale de Saint-Denis. On signale bien encore des tâtonnements, des embarras, mais le principe de pénétration des arcs au sommier est déjà admis.

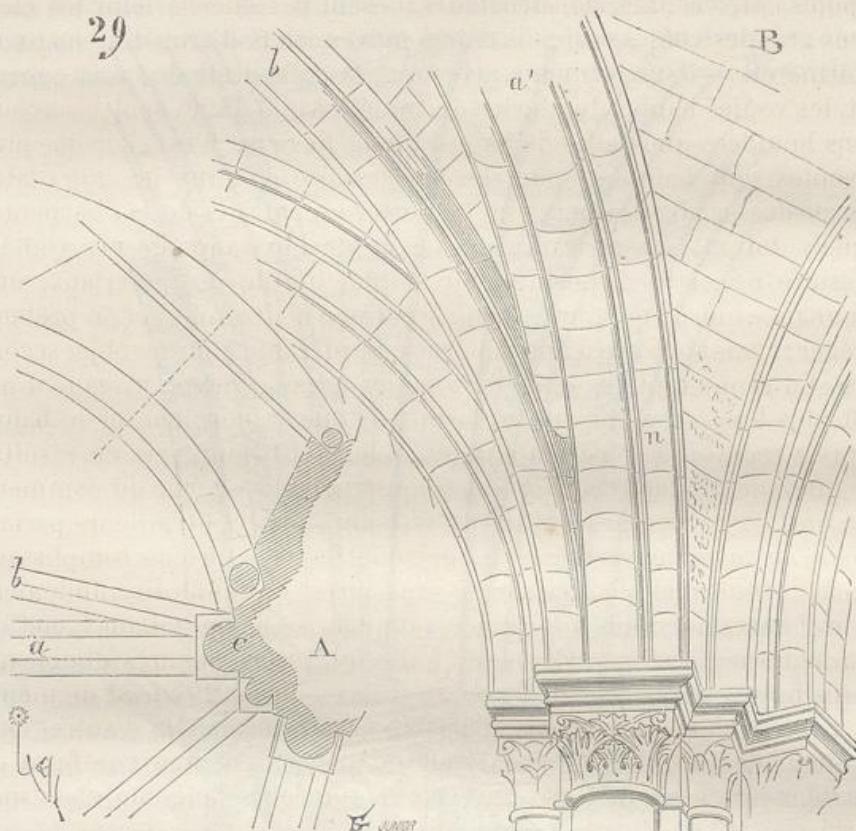
28



A la cathédrale de Senlis, dont la construction est peu postérieure à celle de l'église de Saint-Denis (partie de l'abside), on voit que l'architecte a cherché à faire pénétrer l'arc ogive des chapelles dans l'arc-doubleau d'ouverture. La figure 29 donne en A la pile d'angle de ces chapelles (peu profondes comme celles de l'église de Saint-Denis). L'arc-doubleau d'entrée est en *a* et l'arc ogive en *b*. Cet arc ogive naît sur la colonne destinée à l'arc-doubleau. Le tracé perspectif B montre en *a'* cet arc-doubleau et en *b'* l'arc ogive pénétrant. Bien entendu, les sommiers de ces deux arcs ne sont plus indépendants, mais sont pris dans les mêmes assises jusqu'au niveau *n*. Bientôt ces arcs, à leur naissance, se

groupent de plus en plus, se pénètrent, ce qui permet de diminuer d'autant la section des piles qui les portent. Les arcs se resserrant en faisceau, ne sont plus, de fait, un renfort, une ossature pour porter la voûte, mais deviennent la voûte, et les remplissages qui ferment les intervalles entre ces arcs sont de plus en plus réduits à la fonction des voûtains. La preuve, c'est qu'entre les arcs-doubleaux et arcs ogives, dès le XIII<sup>e</sup> siècle,

29



on ajoute de nouveaux arcs supplémentaires. Ainsi se développe le principe admis au XII<sup>e</sup> siècle, à l'insu, pour ainsi dire, de ceux qui les premiers l'avaient reconnu, par une succession de conséquences rigoureusement enchaînées. Telle est, en effet, la propriété des principes admis en toute chose, qu'ils deviennent une source féconde, nécessaire, fatale de déductions. C'est pourquoi nous répétons sans cesse : Tenez peu de compte des formes, si vous ne les trouvez pas de votre goût, mais adoptez un principe et suivez-le ; il vous donnera les formes nécessaires et convenables à l'objet, au temps, aux besoins. Et c'est pourquoi aussi ceux qui n'aiment guère à se soumettre à un principe, parce qu'il oblige l'esprit à raisonner, espèrent donner le change au public en prétendant que les études sur notre architecture française du moyen âge ont pour

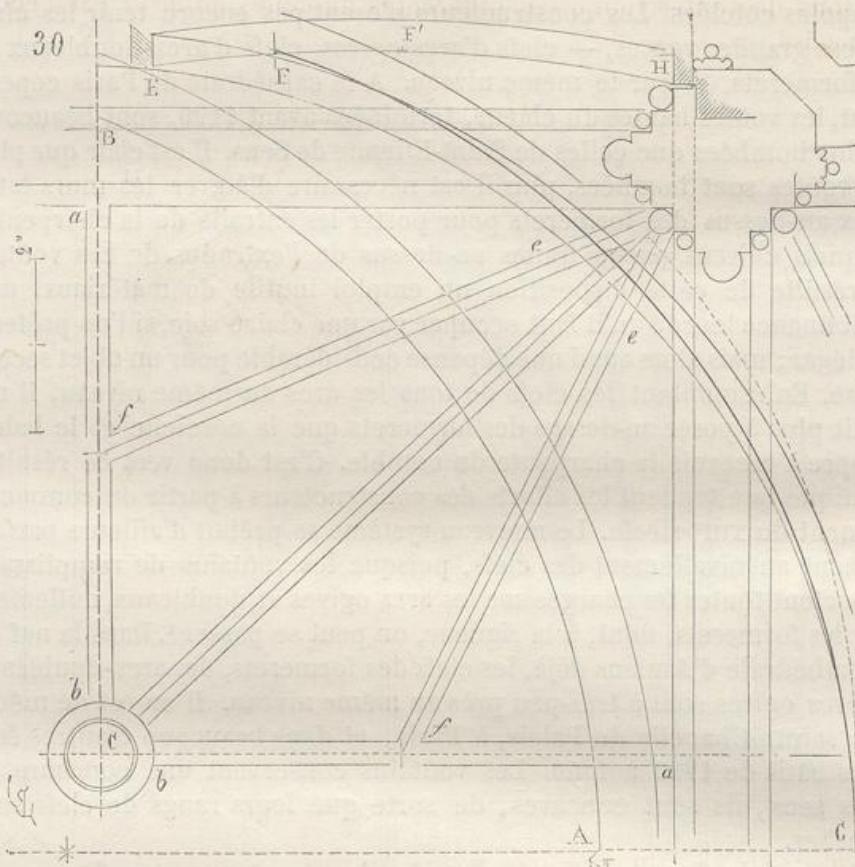
résultat de faire adopter des formes surannées. En tout ceci il ne s'agit pas de formes, il s'agit d'une méthode; c'est ce que n'admettront jamais, il est vrai, les architectes pour qui toute méthode est considérée comme une entrave au développement de l'imagination, ou, pour parler plus vrai, à la satisfaction de leurs dispendieuses fantaisies.

Dans les grands édifices, les voûtes établies comme le sont les voûtes hautes de la cathédrale de Sens présentent en somme l'apparence de coupoles côtelées. Les constructeurs n'osent pas encore tenir les clefs de ces grandes voûtes, — clefs d'arcs ogives, clefs d'arcs-doubleaux et de formerets, — sur le même niveau. A la cathédrale de Paris cependant, les voûtes hautes du chœur, terminées avant 1190, sont beaucoup moins bombées que celles de Saint-Etienne de Sens. Il est clair que plus les voûtes sont bombées, plus il est nécessaire d'élever les murs latéraux au-dessus des formerets pour porter les entraits de la charpente, lesquels doivent passer francs au-dessus de l'extrados de ces voûtes. Il résulte de cette disposition un emploi inutile de matériaux, une ordonnance lourde qu'il faut occuper par une claire-voie, si l'on prétend l'alléger; mais alors aussi une dépense considérable pour un objet secondaire. En remontant les clefs de tous les arcs au même niveau, il n'y avait plus à poser au-dessus des formerets que la corniche et le bahut propre à recevoir la charpente du comble. C'est donc vers ce résultat pratique que tendent les efforts des constructeurs à partir du commencement du XIII<sup>e</sup> siècle. Le nouveau système se prêtait d'ailleurs parfaitement au nivellement des clefs, puisque les voûtains de remplissage reportent toutes les charges sur les arcs ogives et doubleaux, nullement sur les formerets, dont, à la rigueur, on peut se passer<sup>1</sup>. Dans la nef de la cathédrale d'Amiens déjà, les clefs des formerets, des arcs-doubleaux et arcs ogives sont à très-peu près au même niveau. Il en est de même à la sainte Chapelle du Palais, à Paris, et dans beaucoup d'autres édifices bâtis de 1230 à 1240. Les voûtains conservent une courbure en tous sens, ils sont concaves, de sorte que leurs rangs de clefs sont courbes.

A l'article CONSTRUCTION, ce mode de structure est suffisamment détaillé pour que nous n'ayons pas à nous étendre ici sur cet objet. Nous constaterons cependant que, malgré la courbure donnée aux surfaces triangulaires des voûtains de remplissage, s'ils étaient d'une très-grande dimension, à mesure que l'on nivelait les clefs des arcs, on craignait le relâchement de ces larges surfaces courbes, et l'on cherchait à les renforcer entre les arcs-doubleaux et les arcs ogives par des arcs, auxquels on donna jusqu'au XVI<sup>e</sup> siècle le nom de *tiercerets* ou *tiercerons*. Ces arcs supplémentaires venaient aboutir à la *lierne* posée de la clef de l'arc-doubleau à la clef de l'arc ogive. C'est peut-être à la voûte cen-

<sup>1</sup> Il existe en effet un assez grand nombre de voûtes des XIII<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> siècles sans formerets. Les voûtes de la cathédrale de Clermont (Puy-de-Dôme), par exemple, en sont dépourvues.

trale du transept de la cathédrale d'Amiens que ce système fut appliqué pour la première fois<sup>1</sup>. Cette voûte carrée, qui porte 14<sup>m</sup>,40 en moyenne d'axe en axe des piliers, parut probablement trop large aux constructeurs de cet édifice pour être faite suivant la méthode admise jusqu'alors. Nous présentons (fig. 30) le plan du quart de cette voûte. Au centre C est une clef en lunette pour le passage des cloches de la flèche. Les liernes

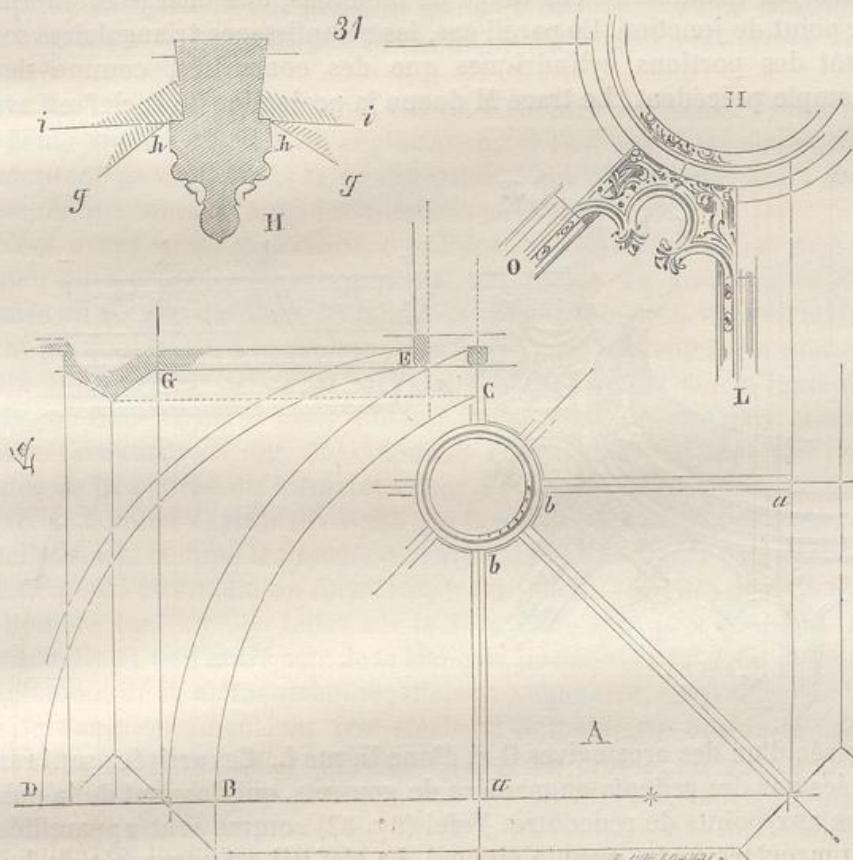


sont projetées en *ab*, les tiercerons en *ef*. Ces arcs viennent se réunir au milieu des tiercerons. En *AB*, nous avons tracé le rabattement des arcs-doubleaux; en *GE*, celui des arcs ogives; en *GF*, celui des tiercerons, et en *HE* la projection verticale des liernes. On voit que les clefs de ces arcs atteignent à très-peu près le même niveau. Les liernes ont une courbure, sont bandées pour pouvoir se porter d'elles-mêmes, et reçoivent en *F'* la tête des tiercerons. Les rangs de moellons des voûtains n'en sont

<sup>1</sup> La construction de cette voûte paraît dater de la fin du XIII<sup>e</sup> siècle, peut-être de 1270. Elle fut réparée en partie plus tard, assez maladroitement, après l'incendie de la première flèche; mais il est certain que les tiercerons et liernes existaient avant cette époque, car les points de départ sont anciens.

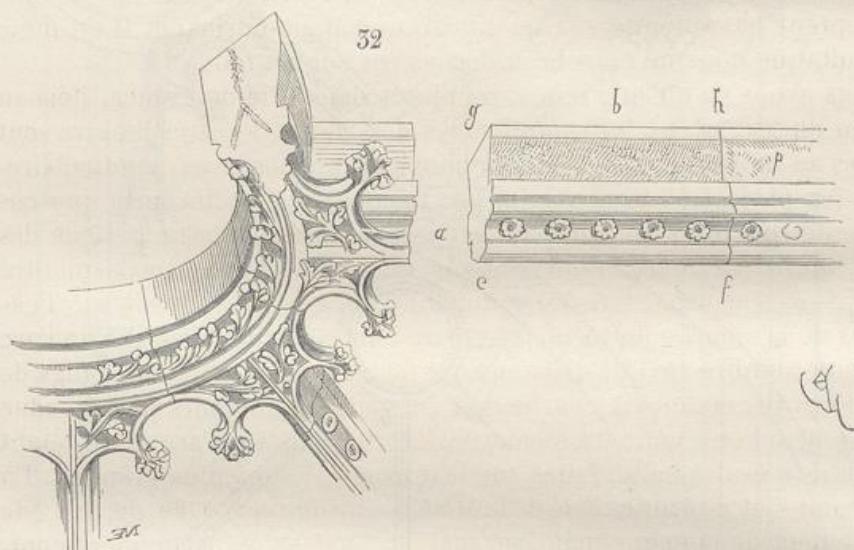
pas moins posés parallèlement aux lignes de clefs, c'est-à-dire aux liernes, et les tiercerons ne sont là qu'un nerf pour renforcer ces rangs de moellons vers le milieu de leur courbure, dont la lierne *ab* donne la flèche.

En Angleterre, l'adoption de ce système s'était combinée avec une disposition particulière à cette contrée, de rangs de moellons des voûtains (voyez CONSTRUCTION, fig. de 62 à 72); ce qui amena des combinaisons de voûtes tout à fait différentes de celles admises par l'école française.



En Normandie, vers la fin du XIII<sup>e</sup> siècle, on voit déjà des voûtes dont les arcs-doubleaux et arcs ogives ont leurs clefs au même niveau, et qui sont réunies par des liernes non plus courbes, mais horizontales. C'est une sorte de système mixte entre le système anglais, sur lequel nous reviendrons tout à l'heure, et le système français. La voûte centrale du transept de la cathédrale de Bayeux, qui date de cette époque, nous donne un exemple remarquable de ce genre de structure (fig. 31). En *A*, est projeté le quart du plan de cette voûte, percée d'un œil pour le passage des cloches. De *a* en *b* sont les liernes horizontales, sans tierce-

rons. Les arcs-doubleaux sont rabattus en BC, les arcs ogives en DE, les liernes projetées en GE. Ces liernes horizontales ne sont point appareillées en plates-bandes, leur grande longueur et leur faible section ne l'ont pas permis; elles passent à travers les remplissages de moellons, qui viennent ainsi les soutenir comme une ligne de clefs. La section H fait comprendre cet appareil. Dans leur plus grande courbure, c'est-à-dire près de l'arc-doubleau, les rangs de moellons sont inclinés suivant les lignes *gh*, et, en se rapprochant de la lunette, ces rangs prennent naturellement la courbure beaucoup plus plate *ih*. La lierne est donc pincée par la butée de ces rangs de moellons, elle charge et affermit leur point de jonction. En pareil cas, les remplissages triangulaires sont plutôt des portions cylindriques que des concavités, comme dans l'exemple précédent. Le tracé M donne la projection de la clef-œil avec



l'arrivée d'un des arcs ogives O et d'une lierne L. Ces arrivées sont renforcées par des redents en manière de goussets, qui donnent de la puissance aux points de rencontre. Voici (fig. 32) comme sont appareillées ces rencontres d'arcs avec la clef-œil. La clef-œil est composée de huit morceaux. Les quatre qui correspondent aux arcs ogives sont naturellement maintenus à leur place par la coupe normale à l'arc; les quatre qui correspondent aux liernes sont maintenus également par une coupe oblique *a*, de sorte que le dernier morceau *b* de la lierne est plus large à l'intrados, de *e* en *f*, qu'à l'extrados, de *g* en *h*. Mais toutefois ce morceau, pas plus que ceux qui le précèdent, ne peut choir, puisqu'ils sont les uns et les autres pincés et maintenus par les triangles des remplissages, à la queue *p*. La figure 32 permet d'apprecier l'utilité des redents qui renforcent les arrivées des branches d'arcs et des liernes, et empêchent ainsi les ruptures qui, se produisant au collet, occasionneraient

de graves désordres dans l'économie de la voûte. Comme toujours, l'élément pratique, une nécessité d'appareil ou de structure, fournit ici un motif de décoration. Il est nécessaire de nous étendre quelque peu sur le système de voûtes anglo-normand. Cette étude est intéressante, parce qu'elle fait voir comment, en partant d'un même point, d'un même principe, les deux systèmes anglais et français sont arrivés à des résultats très-différents, tout en demeurant rigoureusement fidèles l'un et l'autre à ce principe.

C'est la meilleure réponse que l'on puisse faire à ceux qui considèrent les principes comme une gêne, et qui ne croient pas qu'au contraire, c'est de leurs déductions seulement qu'on peut tirer des formes nouvelles<sup>1</sup>.

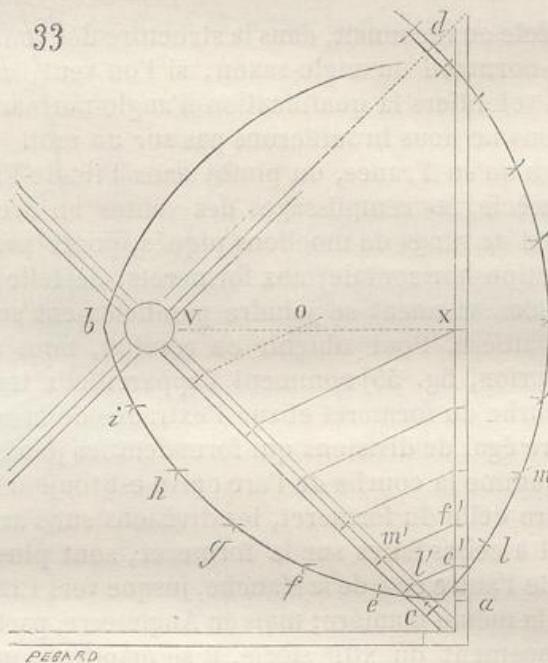
Dès le XIII<sup>e</sup> siècle on reconnaît, dans la structure des voûtes, l'influence du génie anglo-normand ou anglo-saxon, si l'on veut, car nos voisins n'adoptent pas volontiers la qualification d'anglo-normand. Il est donc entendu que nous ne nous brouillerons pas sur un mot.

Nous avons vu qu'en France, ou plutôt dans l'Île-de-France, déjà au milieu du XII<sup>e</sup> siècle, les remplissages des voûtes en arcs d'ogive sont fermés au moyen de rangs de moellons piqués, posés perpendiculairement (en projection horizontale) aux formerets, de telle sorte que ces rangs de moellons viennent se joindre parallèlement sur la ligne des clefs, ou ligne faîtière. Pour obtenir ce résultat, nous avons montré (voyez CONSTRUCTION, fig. 55) comment l'appareilleur traçait sur l'extrados de la courbe du formeret et sur l'extrados de la courbe de l'arc ogive un nombre égal de divisions qui formaient les joints des rangs de moellons. Or, comme la courbe de l'arc ogive est toujours plus étendue que ne peut l'être celle du formeret, les divisions sur l'arc ogive, étant en nombre égal à celles faites sur le formeret, sont plus grandes. En Normandie et de l'autre côté de la Manche, jusque vers 1220, on procède exactement de la même manière; mais en Angleterre, particulièrement, dès le commencement du XIII<sup>e</sup> siècle, il se manifeste une indécision dans cette façon de tracer les remplissages des voûtes; on cherche évidemment un moyen plus pratique, plus expéditif, et surtout qui puisse être défini d'une façon plus nette. En effet, les remplissages des triangles de la voûte française étant concaves, ces rangs de moellons ne peuvent être géométriquement tracés sur l'épure; ils sont posés par le maçon, qui les taille à mesure, à la demande du cintre-planchette dont nous avons parlé dans l'article CONSTRUCTION et dont nous reparlerons tout à l'heure. Il était nécessaire donc que l'ouvrier chargé de cette besogne fût assez intelligent, eût une dose d'initiative suffisante, pour pouvoir disposer *seul*, sans le concours du maître appareilleur, ces rangs de moellons concaves à l'intrados et plus épais, par conséquent, au milieu du rang

<sup>1</sup> A l'article CONSTRUCTION, nous avons déjà indiqué les conséquences tirées par les Anglo-Normands de la voûte du XII<sup>e</sup> siècle.

qu'aux deux extrémités. Il y avait dans ce mode de procéder un *à peu près*, un sentiment, peut-on dire, qui n'entrait pas dans le génie précis et pratique de l'Anglais, lequel prétend ne rien livrer au hasard dans l'ordre des choses qui peuvent être matériellement prévues et définies. Donc, pour en revenir à l'objet qui nous occupe, les constructeurs anglais, ayant, comme les nôtres, adopté les arcs ogives pour la structure des voûtes d'arête, divisent le formeret et l'arc ogive pour bander les rangs de moellons de remplissage, non plus en un nombre égal de divisions, mais en divisions égales. Ainsi (fig. 33), soit une voûte d'arête sur plan carré; le rabattement du formeret étant *ab*, et celui de l'arc

33

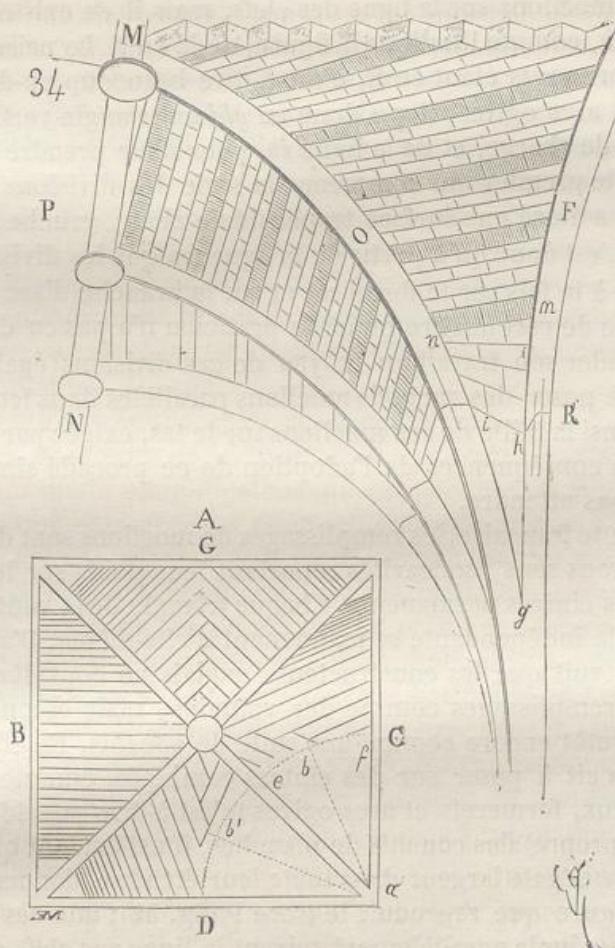


PEGARD

ogive *cd*, si chaque rang de moellons donne sur le formeret les divisions *ae*, *ef*, *fg*, etc., on aura reporté ces mêmes divisions sur l'arc ogive de *c* en *l*, de *l* en *m*, etc. On aura ainsi (ces divisions étant égales) un plus grand nombre de largeurs de rangs de moellons sur l'arc ogive que sur le formeret. Réunissant donc les points *e'l*, *f'm'*, etc., on aura la direction de ces rangs de moellons qui en *o* viendront se rencontrer sur la ligne des clefs. Le poseur pourra ainsi n'avoir à placer que des moellons également épais; les lignes de joints s'inclineront vers l'arc ogive, bien que les surfaces triangulaires passent par une succession de lignes droites horizontales. Les triangles pourront être bandés sans cintres ni même sans cintre-planchette, et il suffira d'une lierne de bois posée de *V* en *X* pour recevoir provisoirement les rencontres des derniers rangs de moellons. Ce n'est pas du jour au lendemain qu'on arrive en Angleterre à

cette solution pratique, on constate des tâtonnements dont il est utile de se rendre compte.

Dans le cloître de l'abbaye de Westminster (fig. 34), ces tâtonnements sont visibles. Plusieurs voûtes sont fermées conformément à la méthode française (voyez en A le triangle B), d'autres présentent pour la combinaison des remplissages la projection C. Cette combinaison est obtenue par le procédé suivant : l'angle  $aef$  a été divisé en deux par la ligne  $ab$ ,



les rangs de moellons du triangle opposé ont été bandés perpendiculairement à cette ligne  $ab$ : ces rangs de moellons viennent donc se chevaucher sur la ligne des clefs; ou bien, comme on le voit en D, les rangs de moellons coupent à angle droit cette ligne  $ab'$ . C'est le cas de l'exemple présenté dans la figure 33. Parfois aussi, dans d'autres voûtes, à Ely notamment, les rangs de moellons piqués sont posés perpendiculairement aux branches d'arcs ogives, comme le montre le triangle G, et se chevauchent toujours sur la ligne des clefs ou se réunissent en sifflets.

Les voûtes du transept de l'église de Westminster, qui datent de 1230 environ, sont faites conformément au tracé indiqué dans le triangle D et dans la figure 33; c'est-à-dire que les divisions sont égales sur la courbe du formeret F (voyez le tracé perspectif P, fig. 34) et sur l'arc ogive O. Cet arc ayant un plus grand développement que le formeret, il y a donc plus de divisions sur l'arc ogive que sur ce formeret, et les rangs de moellons légèrement concaves s'inclinent sur cette branche O d'arc ogive. Il n'y a pas de lierne transversale pour masquer le chevauchage des rangs de moellons sur la ligne des clefs, mais il en existe longitudinalement déjà, comme l'indique la figure, de M en N. La naissance de la courbe des formerets étant en R, c'est-à-dire beaucoup au-dessus de la naissance des arcs ogives, il y a donc en *ghi* un triangle vertical faisant partie du tas de charge, et de la ligne *ih*, pour aller prendre le rang de moellons *m* (le premier qui commence la série des divisions égales), le constructeur a élevé une surface trapézoïdale *ihmn*, gauche (en aile de moulin). Ce n'est donc qu'à partir de la ligne *mn* que les divisions égales ont été faites à la fois sur le formeret et sur la branche d'arc ogive.

Il est facile de reconnaître qu'ici le praticien n'a pas eu d'autre idée que de simplifier son travail au moyen de ces divisions égales sur les deux arcs, de poser des rangs de moellons parallèles dans leur étendue, et d'éviter ainsi la taille de ces moellons sur le tas, exigée par le système français. Les conséquences de l'adoption de ce procédé simplificateur ne se firent pas attendre.

Dans la voûte française, les remplissages de moellons sont des voûtains courbes en tous sens, concavités reportant leur poids sur les nerfs de pierre, sur les cintres permanents. Chaque triangle de la voûte française est une cellule indépendante se maintenant d'elle-même. D'après ce qui précède, on voit que les constructeurs anglais ne considèrent pas les triangles de remplissages comme des voûtains, mais comme des panneaux, ou plutôt encore comme une suite de couchis. En effet, admettons que l'on ait à poser sur des cintres combinés, comme le sont les arcs-doubleaux, formerets et arcs ogives (c'est-à-dire possédant chacun leur courbe propre) des couchis de planches, il est évident que ces couchis, ayant une égale largeur dans toute leur étendue, donneraient exactement la figure que reproduit le tracé P (fig. 34); que ces couchis ne pourraient se réunir parallèlement suivant la ligne des clefs du triangle, mais se chevaucheraient.

Les Anglais ont-ils fait des voûtes originairement composées d'arcs de pierre ou de courbes de bois, sur lesquelles ils auraient posé des madriers, des couchis, en un mot? C'est possible; d'autant qu'il existe encore en Angleterre, dans le cloître de la cathédrale de Lincoln, entre autres exemples, des voûtes ainsi construites et qui datent du XIV<sup>e</sup> siècle. Il ne faut pas perdre de vue que les constructions de bois ont de tout temps tenu une place importante dans l'architecture anglaise, comme dans l'architecture de toutes les races du Nord.

Le système de voûtains à projection horizontale triangulaire de la voûte française ne peut en aucune façon se prêter à l'emploi de planches ou de madriers, puisqu'il eût fallu tailler chacun d'eux pour lui donner plus de largeur au milieu qu'aux extrémités; tandis que le système anglais primitif indiqué ci-dessus permet la mise en œuvre du bois; bien plus, il l'indique, il en est une conséquence. Les dérivés des exemples précédents viennent encore accuser cette préoccupation des constructeurs. La voûte anglaise arrive, au xv<sup>e</sup> siècle, à être une combinaison de charpenterie bien plutôt qu'une combinaison de maçonnerie.

Dès le xm<sup>e</sup> siècle, les liernes apparaissent, puis les tiercerons. Les liernes étaient une conséquence toute naturelle du chevauchement des rangs de moellons sur la ligne des clefs. Les tiercerons — pour les voûtes d'une grande portée du moins — étaient commandés pour empêcher le fléchissement de ces rangs de moellons qui n'ont qu'une flèche inappréciable et qui semblent figurer des couchis. Ces plans courbes dans un sens, mais nullement concaves ou très-peu concaves, — puisque ces rangs de moellons remplissaient l'office de couchis, — avaient besoin d'être maintenus dans le milieu de leur développement, pour ne point se déformer, s'inflétrir; les tiercerons furent donc posés pour parer à cette éventualité.

Bientôt les conséquences de ce principe conduisent à des combinaisons d'arcs dont nous ne trouvons pas, en France, les analogies; et c'est toujours un mode simplificateur qui est la cause de ces combinaisons.

Tout ce qui est du ressort de l'architecture du moyen âge est si légèrement apprécié, même, il faut bien l'avouer, par les architectes, qu'on s'en tient à l'apparence, qu'on juge les méthodes adoptées sur cette apparence, et qu'on ne prend pas la peine de rechercher si derrière la forme visible il y a un procédé très-simple qui l'a commandée.

Déjà en 1842, un des hommes les plus distingués en Angleterre parmi les archéologues s'occupant de l'architecture, avec le sens pratique que dans ce pays on apporte à toute chose, M. le professeur Willis, avait publié sur la construction des voûtes anglaises du moyen âge un travail très-étendu et savamment déduit<sup>1</sup>. Ce travail est peut-être la première étude sérieuse qui ait été faite sur le système de structure des voûtes anglaises, et certes les observations recueillies depuis n'ont fait que confirmer les aperçus de M. Willis. Toutefois, n'ayant pas un point de comparaison en dehors du système anglais, le savant professeur ne peut en apprécier tout le côté pratique. En nous aidant de son remarquable travail et de nos observations personnelles, nous essayerons de faire

<sup>1</sup> Ce travail, inséré dans le premier volume des *Transactions* de l'Institut des architectes britanniques, a été traduit, en 1843, par M. Daly, dans la *Revue d'architecture* (t. IV). Le traducteur, dans l'*introduction* qui précède le texte de M. Willis, ne fait pas ressortir les différences profondes qui séparent la structure des voûtes anglaises de celle des voûtes françaises, et ne semble pas avoir étudié ces dernières; mais en 1843 personne n'était en état de se livrer à un travail critique sur cet objet.

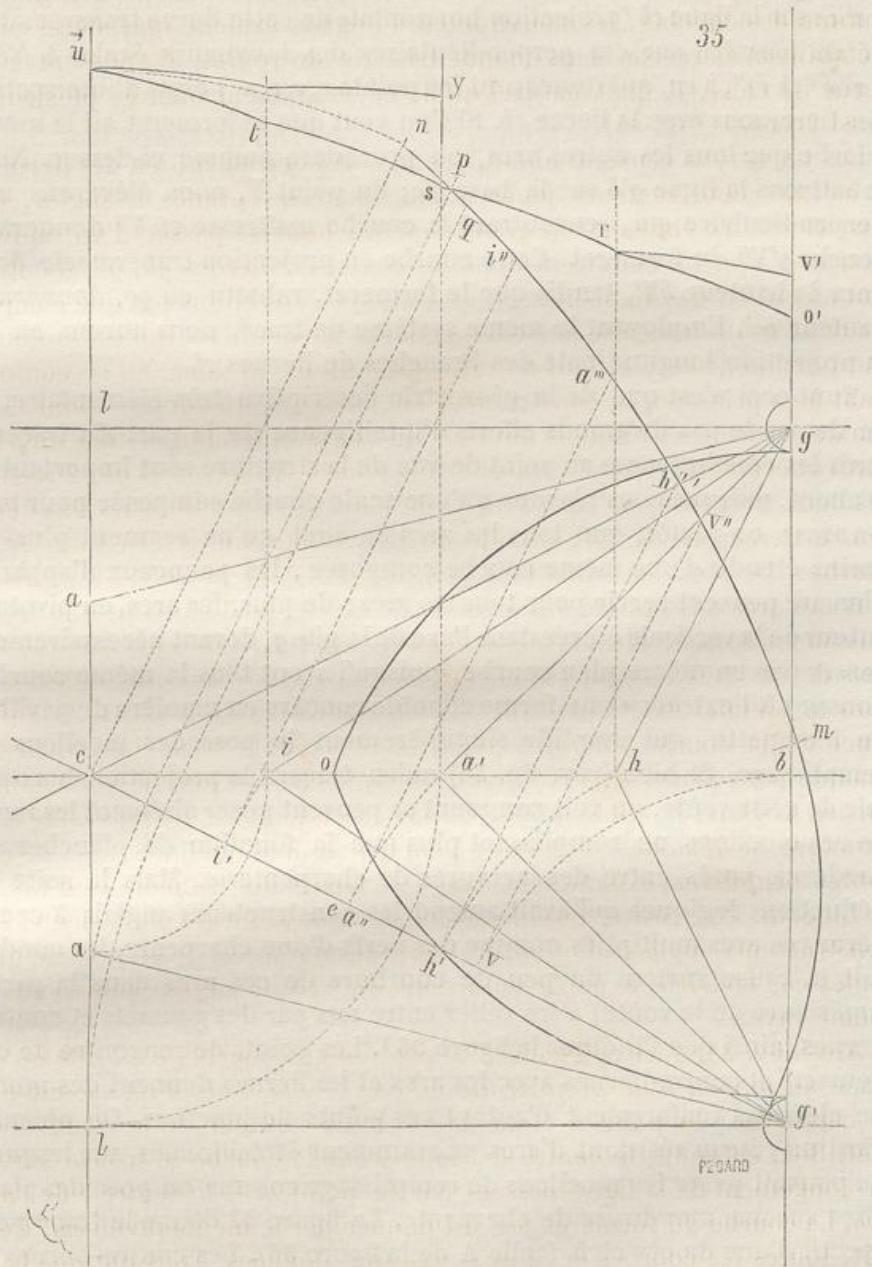
comprendre comment ces voûtes, en apparence si compliquées, sont la déduction la plus simple du système dont nous venons d'exposer les principes élémentaires.

Puisque, pour maintenir la flexion des rangs de moellons, considérés comme des couchis, les constructeurs anglais avaient jugé nécessaire d'établir *un tierceron* dans chaque triangle de voûtes, aboutissant à la lierne de clefs, il était naturel qu'ils en établissent bientôt plusieurs. Ainsi firent-ils (fig. 35).

Les tiercerons venaient aboutir de la naissance au milieu des liernes, en *aa'*. Ces constructeurs jugèrent que pour les grands triangles, les espaces *a'b*, *a'c* étaient trop grands encore pour se passer d'un renfort intermédiaire. Ils établirent donc les contre-tiercerons *gh*, *gi*, aboutissant au milieu des demi-liernes, en *h* et en *i*. N'oublions pas que chaque arc de la voûte française possède sa courbe particulière, qui est toujours une portion de cercle, sauf de rares exceptions. Si donc, en se conformant à ce principe, le constructeur anglais avait dû adopter pour chacun de ces arcs, — lesquels ont tous une base différente, — une courbe particulière, il lui eût fallu tracer : 1<sup>o</sup> la courbe du formeret *gb*; 2<sup>o</sup> celles des deux tiercerons *ga'*, *ga*; 3<sup>o</sup> celle de l'arc ogive *gc*; 4<sup>o</sup> celles des deux contre-tiercerons *gh*, *gi*; 5<sup>o</sup> celle de l'arc-doubleau *gl*: en tout, sept courbes. De plus, en admettant que, comme dans la voûte française, tous ces arcs eussent été des portions de cercle, ou il eût fallu que leurs naissances eussent été placées à des niveaux très-différents, ou que les clefs de ces arcs eussent été elles-mêmes à des niveaux très-différents. Dans le premier cas, il existait, entre le chapiteau de la pile et la naissance de la courbe des arcs ayant la plus faible base, une verticale gênante pour placer les moellons de remplissage suivant le mode admis par les Anglais; la voûte le long du formeret semblait ne plus tenir à la structure, se détacher, comme on peut le voir dans quelques-unes de ces voûtes primitives, notamment dans les chœurs des cathédrales d'Ely et de Lincoln. Pour éviter cet inconvénient, dès la fin du XIII<sup>e</sup> siècle, les constructeurs anglais adoptent une courbe composée, de telle sorte que toutes ces courbes, à partir du niveau du chapiteau des piles, ont le même rayon.

Ainsi (fig. 35) l'arc ogive étant la plus longue courbe, c'est elle qu'on trace au moyen d'un premier arc de cercle *g'm*, puis d'un second arc de cercle *mn*; le point *n* étant fixé comme hauteur de la voûte sous clef. Bien entendu, le centre de cette seconde courbe se trouve sur le prolongement de la ligne passant par le point *m* et le centre *e* de l'arc *g'm*. La courbe du formeret *gog'* est donnée par le même rayon *em*. Ceci fait, toutes les courbes des autres arcs sont données. Tous ont une base plus courte que celle de l'arc ogive. Donc, rabattant le contre-tierceron *g'h* sur la ligne de base *g'c*, en *h'*; de ce point *h'* élevant une perpendiculaire, celle-ci viendra rencontrer en *h''* la courbe maîtresse *g'n*. La courbe de ce contre-tierceron sera donc la courbe *g'h''*. Rabattant le tierceron

$g'a'$ , idem en  $a''$ ; éllevant une perpendiculaire de ce point  $a''$ , celle-ci rencontrera la courbe maîtresse en  $a'''$ . La courbe de ce tierceron sera donc la courbe  $g'a'''$ . Rabattant le deuxième contre-tierceron  $g'i$ , idem



en  $i''$ ; éllevant une perpendiculaire de ce point  $i''$ , celle-ci rencontrera la courbe maîtresse en  $i'''$ . La courbe du deuxième contre-tierceron sera donc la courbe  $g'i'''$ . On procédera de même pour le tierceron  $g'a$  du

long triangle, tierceron dont la courbe sera donnée de  $g'$  en  $p$ ; de même aussi pour l'arc-doubleau  $g'l$ , dont la courbe sera donnée de  $g'$  en  $q$ .

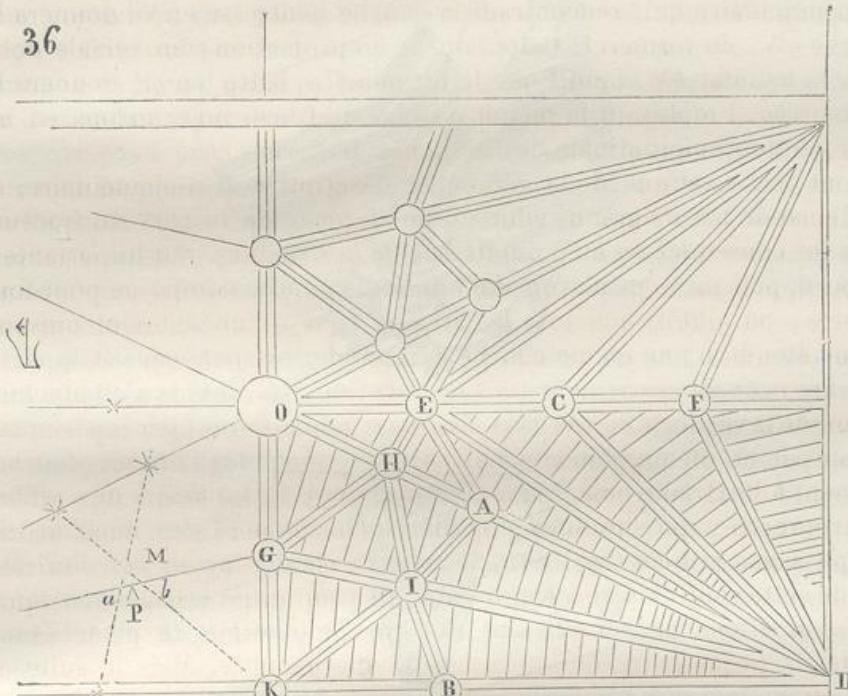
Ces clefs atteignent toutes des niveaux différents. Pour tracer les liernes transversales  $cb$ , il suffira d'élever des perpendiculaires des points  $h a' i c$  sur la ligne  $cb$  (projection horizontale de cette lierne transversale), et de prendre sur ces perpendiculaires des longueurs égales à  $h'h''$ , à  $a''a'''$ , à  $i'i''$ , à  $cn$ , qui donneront les points  $r, s, t, u$ , points d'intersection des tiercerons avec la lierne  $cb$ . Si l'on veut que le formeret ait la même courbe que tous les autres arcs, on procédera comme ci-dessus. Nous rabattrons la ligne  $g'b$  sur la base  $g'c$ ; du point  $V$ , nous élèverons une perpendiculaire qui, rencontrant la courbe maîtresse en  $V''$  donnera la courbe  $g'V''$  du formeret. Cette courbe en projection transversale donnera la hauteur  $bV'$ , tandis que le formeret, rabattu en  $go$ , donnera la hauteur  $bo'$ . Employant le même système de tracé, nous aurons en  $uy$  la projection longitudinale des branches de liernes  $cl$ .

Tout ceci n'est que de la géométrie descriptive très-élémentaire, et ne demande pas de grands efforts d'intelligence de la part du traçeur, mais les conséquences au point de vue de la structure sont importantes. D'abord, puisque nous n'avons qu'une seule courbe composée pour tous les arcs; ou plutôt, que tous les arcs ne sont qu'un segment plus ou moins étendu d'une même courbe composée, les panneaux d'appareil d'un arc peuvent servir pour tous les arcs; de plus, les arcs, en pivotant autour de la verticale élevée dans l'axe de la pile  $g$ , devant nécessairement passer par un même plan courbe, puisqu'ils ont tous la même courbe, donnent à l'extrados une forme conoïde concave en manière de pavillon de trompette, qui simplifie singulièrement la pose des moellons de remplissage. Si bien (voy. fig. 36) qu'en traçant la projection horizontale de cette voûte, on voit comment se peuvent poser aisément les rangs de ces moellons ne remplies plus que la fonction de planches ou bardaues posés entre des nervures de charpente. Mais la suite de déductions logiques qui avait amené les constructeurs anglais à considérer ces arcs multipliés comme des nerfs d'une charpente, les conduisait (à cause surtout du peu de courbure de ces arcs dans la partie supérieure de la voûte) à les relier entre eux par des goussets et contre-liernes, ainsi que l'indique la figure 36<sup>1</sup>. Les points de rencontre de ces goussets et contre-liernes avec les arcs et les liernes donnent des motifs de clefs qui renforçaient d'autant ces points de jonction. On obtenait ainsi un réseau résistant d'arcs puissamment étrissillonnés, sur lesquels on pouvait poser les moellons de remplissage comme on pose des planches sur une membrure de charpente. La figure 37 donne le tracé perspectif d'une de ces clefs (celle A de la figure 36). Les contre-liernes et goussets sont tracés suivant un plan vertical, ainsi que l'indique la section B (fig. 37), des feuillures F étant réservées pour poser les moellons

<sup>1</sup> Salle voisine de la cathédrale d'Ely, côté nord, XIV<sup>e</sup> siècle.

de remplissage, et la queue de ces contre-liernes arasant l'extrados de ces moellons. On observera que l'arc C (qui est ici l'arc ogive) possède en D une joue plus large au-dessous de la contre-lierne qu'en d, ce que motive la position verticale de cette contre-lierne, et ce qui est parfaitement conforme aux conditions de résistance de ces arcs, lesquels n'ont plus besoin d'avoir autant de force là où ils participent au réseau qu'au-dessous de ce réseau. Revenant à la figure 36, nous voyons que les clefs A, B, C, sont posées sur un cercle dont le point D est le centre; de sorte que les branches d'arcs DC, DA, DB, sont identiques. Les clefs E, C, F, divisent

36



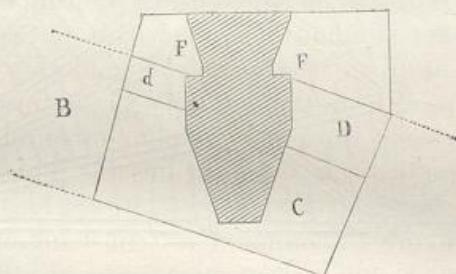
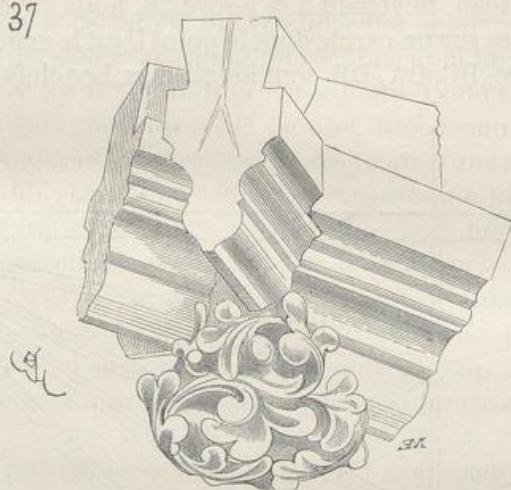
la branche de liernes transversale en quatre parties égales, comme la clef G divise la branche de liernes longitudinale en deux parties égales. La clef H divise la branche d'arc AO en deux parties égales, et, pour poser la clef I, on a réuni les points BH, AK, par des lignes, ainsi qu'on le voit en M. Ces deux lignes ont coupé le tierceron en deux points *a*, *b*; divisant en deux cet espace *ab*, on a marqué le point P, centre de la clef I.

En multipliant ainsi les arcs des voûtes destinées à maintenir les remplissages, qui ne sont plus que des panneaux de pierre, il était naturel de construire ces arcs eux-mêmes tout autrement que ne le sont les arcs des voûtes françaises.

Les arcs des voûtes françaises sont, avec raison, bandés au moyen de claveaux ayant entre lits peu d'épaisseur. C'est-à-dire que dans un arc de voûte française, le constructeur a multiplié les joints, afin de laisser à cet arc une plus grande élasticité, d'éviter les jarrets et brisures, qui

eussent été, pour les voûtains, une cause de dislocation. Quoique ces voûtains conservent eux-mêmes une certaine élasticité, il était important de préserver de déformations sensibles les cintres permanents (arcs) qui les portent. En bandant ces arcs en claveaux peu épais, en multipliant les joints, le constructeur français estimait avec beaucoup de

37



justesse que (en admettant un mouvement, un tassement) la multiplicité de ces joints, toujours épais, permettait à l'arc de suivre ces mouvements ou tassements sans déformer sa courbure. Mais, dès l'instant que les Anglais remplissaient les voûtains de remplissage par des panneaux de pierre, et qu'ils adoptaient des courbes composées de deux segments de cercle, dont l'un avait un très-grand rayon, il eût été périlleux de bander ces arcs à l'aide d'e claveaux peu épais. Aussi, quand les voûtes anglaises sont faites conformément aux tracés que nous venons de donner en dernier lieu, les arcs sont composés au contraire de longs morceaux de pierre, comme le seraient des courbes de charpente. Les liernes ou contre-liernes, qui sont des étrésillons, sont taillées souvent dans un seul morceau de pierre d'une clef à l'autre. Cette méthode était conséquente au

système de voûtes admis par ces constructeurs dès la fin du XIII<sup>e</sup> siècle.

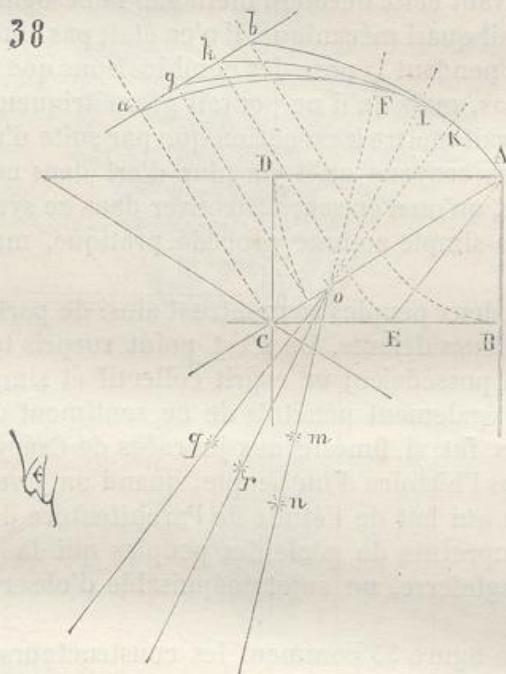
De tout ce qui précède il ressort que les constructeurs anglais, malgré l'apparence compliquée de ces figures, ont adopté au contraire un procédé simplificateur, soit pour le tracé de ces voûtes, soit pour leur structure. Il est intéressant d'observer comment nos voisins, déjà, étaient pénétrés de cet esprit pratique qui tend à faire converger les efforts communs vers un but, en laissant peu de part à l'initiative individuelle. Il est évident que, pour faire une voûte française à la même époque, c'est-à-dire pendant la première moitié du XIV<sup>e</sup> siècle, il fallait de la part de chaque ouvrier plus d'intelligence et d'initiative qu'il n'en était besoin pour construire une voûte comme celle que nous venons d'analyser. L'épure faite suivant cette dernière méthode, la besogne de l'ouvrier se bornait à un travail quasi mécanique. Il n'en était pas ainsi de nos voûtes, qui demandaient pendant la pose des combinaisons que le maître devait prescrire pas à pas, mais qu'il ne pouvait géométriquement tracer, que le maçon ne pouvait mettre à exécution que par suite d'un effort de son intelligence. Nous croyons qu'il y a plus d'art dans nos voûtes, d'apparence si simple, qu'on n'en saurait trouver dans ce système purement géométrique, très-simple comme procédé pratique, mais d'apparence si compliquée.

Les génies des deux peuples se montrent ainsi de part et d'autre avec leurs qualités et leurs défauts. On n'est point surpris toutefois que les hommes qui déjà possédaient un esprit collectif et simplificateur aussi manifeste fussent également pénétrés de ce sentiment de discipline et d'ordre qui nous fut si funeste aux journées de Crécy et de Poitiers. Tout se tient dans l'histoire d'un peuple, quand on y veut regarder de près, et c'est ce qui fait de l'étude de l'architecture de ces temps, si complètement empreinte du génie des peuples qui la pratiquaient en France et en Angleterre, un sujet inépuisable d'observations intéressantes.

On a vu dans la figure 35 comment les constructeurs anglais, ayant adopté une seule courbe composée pour tous les arcs d'une voûte, appliquaient même parfois cette courbe au formeret, et par suite à l'archivolte de la fenêtre ouverte sous ce formeret. C'est un procédé simplificateur de construction des voûtes, qui n'exigeait qu'une seule épure pour tous les arcs, qui explique pourquoi beaucoup de ces archivoltes des fenêtres appartenant à des édifices voûtés au XIV<sup>e</sup> siècle sont obtenues au moyen de courbes composées. Il y a, dans cette forme observée par tous ceux qui ont visité l'Angleterre, non pas un caprice, une question de goût, mais l'application rigoureuse d'un système suivi, comme nous venons de le démontrer, avec un esprit méthodique rigoureux dans ses déductions. Une fois la courbe admise par une nécessité de construction, on s'y habitua et l'on s'en servit dans des circonstances non commandées par le système de structure.

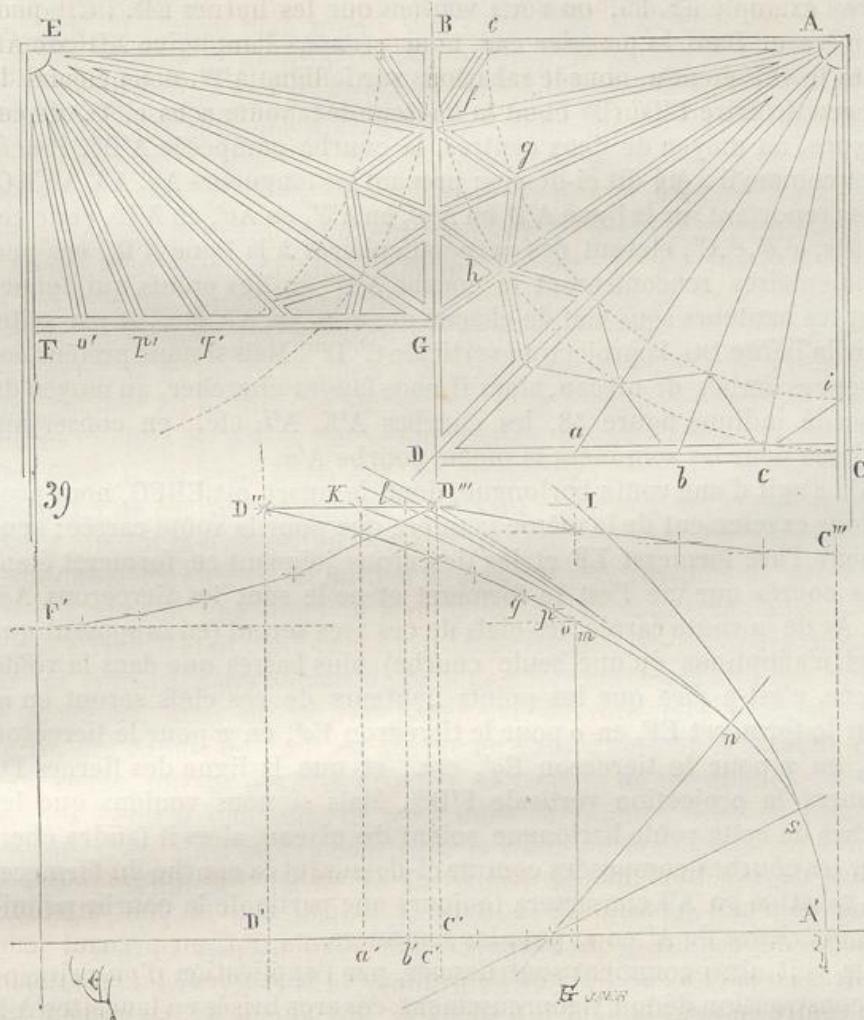
Cependant les constructeurs anglais ne s'en tinrent pas à la voûte que

nous venons de donner (fig. 35 et 36); ils prétendirent, vers la même époque, c'est-à-dire au commencement du XIV<sup>e</sup> siècle, avoir, avec des arcs formés de courbes composées, des liernes sur un plan horizontal et non plus inclinées vers les formerets et arcs-doubleaux. Voici (fig. 38) comment ils s'y prirent pour arriver à ce résultat. Soit un quart de voûte d'arête ABCD, un tierceron étant tracé en AE. Pour les naissances de tous ces arcs, c'est-à-dire du formeret AB, du tierceron AE, de l'arc ogive AC, de l'arc-doubleau AD, et de tous les autres arcs, s'il plait d'en tracer d'autres, comme dans le précédent exemple, un seul arc AF a été tracé, le centre de cet arc étant en o. Rabattant les longueurs de chacun de ces arcs sur la ligne AC considérée comme base, et, de ces



points de rabattement, élevant des perpendiculaires sur la base, la ligne *ab* étant considérée comme le niveau auquel doit atteindre chacun de ces arcs, on trace les segments *Fa*, *Fg*, en prenant leurs centres en *m* et *n* sur la ligne *Fo* prolongée; le segment *Ih*, en prenant son centre en *r* sur la ligne *Io* prolongée; le segment *Kb*, en prenant son centre en *q* sur la ligne *Ko* prolongée. Les clefs de tous ces arcs sont sur un même plan de niveau, et par conséquent les liernes *CD*, *CB*, sont horizontales. Cependant les sommiers des arcs possèdent tous la même courbe, au moins jusqu'au point *K*, ce qui sauve la difficulté des naissances dont les courbes sont différentes. Une fois ce niveau *K* échappé, il y a une si faible différence entre les courbures des arcs, que les rangs de moellons de remplissage peuvent toujours être posés conformément à la méthode indiquée précédemment.

Voyons (figure 39) comment ce système de structure des voûtes anglaises incline vers une méthode de plus en plus mécanique. Soient en ABCD un quart de voûte carrée, et en EBFG un quart de voûte barlongue. Dans la première, l'arc ogive est l'arc AD; dans la seconde, l'arc ogive est l'arc EG. Ayant admis, comme le montre la figure 36, que les tiercerons doivent être multipliés, afin de ne plus considérer les remplis-



sages que comme des panneaux, non plus comme des voûtains, il s'en-suit naturellement que ces panneaux doivent, autant que faire se peut, être semblables comme étendue. Pour tracer les tiercerons, ce ne sera donc plus les liernes que nous diviserons en parties égales, comme dans l'exemple 36, mais nous décrirons le quart de cercle BC pour le quart de la voûte carrée, et nous diviserons ce quart de cercle en parties égales. Par les points diviseurs faisant passer des lignes Aa, Ab, Ac,

nous aurons la projection horizontale des tiercerons d'un huitième de la voûte. Dès lors les angles  $DAa$  (A sommet),  $aAb$ ,  $bAc$ ,  $cAC$ , seront égaux et les panneaux compris entre leurs côtés semblables. Nous étrésillonnons ces tiercerons par des contre-liernes  $e,f,g,h$ , etc., comme dans l'exemple figure 36, mais ici tracées de telle sorte que leurs points de rencontre se trouvent sur les quarts de cercle  $BC$ ,  $ei$ . Ou nous voulons adopter pour tous ces arcs une seule et même courbe composée, comme dans l'exemple fig. 35, ou nous voulons que les liernes  $BD$ ,  $DC$ , soient de niveau. Dans le premier cas, nous prenons l'arc ogive  $AD$  comme étant le plus étendu, nous le rabattons sur la ligne  $A'D'$ , nous élevons la perpendiculaire  $D'D''$  ( $D''$  étant la hauteur de la voûte sous clef), et nous traçons, au moyen de deux centres, la courbe composée  $A'D''$ . Procédant comme il a été dit ci-dessus; prenant les longueurs  $Aa$ ,  $Ab$ ,  $Ac$ ,  $AC$ , et les reportant sur la ligne  $A'D'$  en  $A'a'$ , en  $A'b'$ , en  $A'c'$ , en  $A'C'$ , et de ces points,  $a', b', c', C'$ , élevant des perpendiculaires à la ligne  $A'D'$ , ces perpendiculaires rencontreront la courbe  $A'D''$  en des points qui donneront les hauteurs sous clef de chacun des arcs  $Aa$ ,  $Ab$ , etc., et par suite, pour la lierne  $DC$ , la projection verticale  $C''D'''$ . Mais si nous prétendons poser ces liernes de niveau, alors il nous faudra chercher, au moyen du procédé indiqué figure 38, les courbes  $A'K$ ,  $A'l$ , etc., en conservant toujours pour les sommiers la même courbe  $A'n$ .

S'il s'agit d'une voûte barlongue, dont le quart est EBFG, nous procérons exactement de la même manière que pour la voûte carrée; seulement l'arc formeret EF et les tiercerons joignant ce formeret étant plus courts que ne l'est le formeret et ne le sont les tiercerons  $Aa$ ,  $Ab$ ,  $Ac$  de la voûte carrée, les clefs de ces arcs seront (en supposant que nous n'adoptions qu'une seule courbe) plus basses que dans la voûte carrée, c'est-à-dire que les points hauteurs de ces clefs seront en  $m$  pour le formeret EF, en  $o$  pour le tierceron  $Eo'$ , en  $p$  pour le tierceron  $Ep'$ , en  $q$  pour le tierceron  $Eq'$ , etc., et que la ligne des liernes FG donnera la projection verticale  $F'D'''$ . Mais si nous voulons que les liernes de cette voûte barlongue soient de niveau, alors il faudra chercher les courbes composées comme ci-dessus, et la courbe du formeret EF rabattue en  $A'I$  conservera toujours une partie de la courbe primitive inférieure de  $A'$  en  $s$ , pour les sommiers.

On voit ainsi comment sont donnés, par l'application d'un principe de construction déduit rigoureusement, ces arcs brisés en lancettes  $A'I$ , ou surbaissés composés  $Am$ , si fréquemment adoptés pour les fenêtres des nefs anglaises voûtées, ces fenêtres étant circonscrites par l'arc formeret. Cependant, à ces courbes engendrées tout naturellement par un procédé de structure, on a voulu trouver les origines les plus saugrenues. Ces courbes prétendaient imiter le bonnet d'un évêque, ou bien elles avaient une signification mystico-symbolique; en se rapprochant de la ligne droite au-dessus d'un certain point, elles devaient indiquer la disposition de l'âme chrétienne, qui devient de plus en plus ferme

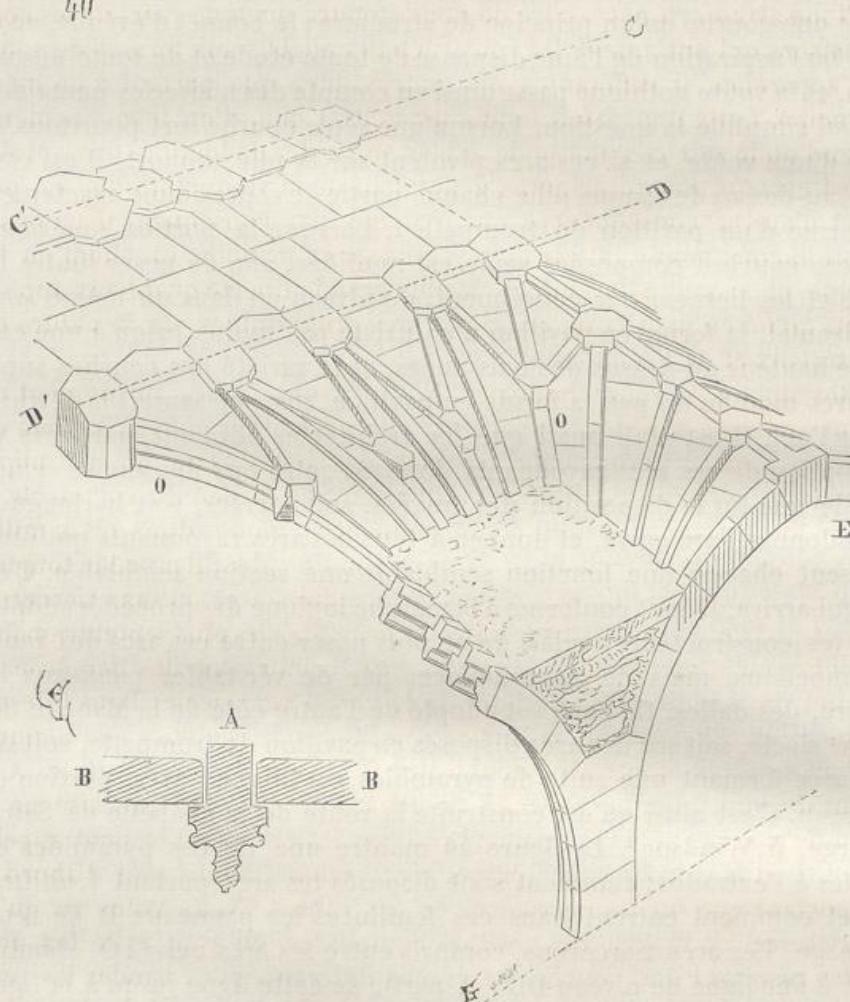
à mesure qu'elle s'élève vers le ciel !... Mais nous ne rapporterons point ces révasseries de tant d'auteurs qui ont écrit sur l'architecture du moyen âge sans avoir à leur service les premiers éléments de la géométrie et de la statique. Il est clair que les artistes que tout raisonnement fatigue, et qui seraient aises qu'il fût interdit de raisonner, même en architecture, par une bonne loi bien faite, et surtout rigoureusement appliquée, s'empressent de répéter ces pauvretés à l'endroit de la structure gothique, et aiment bien mieux voir l'imitation d'un bonnet d'évêque dans une courbe qu'un principe de structure : le bonnet d'évêque, en ce cas, ou l'aspiration de l'âme dispense de toute étude et de toute discussion, et la voûte gothique passe ainsi au compte des niaiseries humaines; ce qui simplifie la question. Lorsqu'une seule courbe sert pour tous les arcs d'une voûte, et si ces arcs pivotent sur la pile support, il est clair que, au-dessus de chaque pile, chaque partie de voûte donne exactement la forme d'un pavillon de trompette<sup>1</sup>. Lorsque la portion supérieure de ces courbes composées seule est modifiée, afin de poser toutes les clefs et les liernes, par conséquent, de niveau ou dans un même plan horizontal, la forme en pavillon n'en existe pas moins jusqu'à une certaine hauteur au-dessus des naissances, et la variété des courbes supérieures modifie un peu la forme en pavillon, mais ne saurait la détruire pour l'œil. Il est clair aussi que les architectes devaient, par suite de l'adoption de ces arcs rayonnants donnant entre eux des angles égaux, quelle que fût la disposition des travées, soit carrées, soit barlongues, abandonner l'arc ogive, et donner à tous ces arcs rayonnants qui remplissent chacun une fonction semblable une section semblable. C'est ce qui arriva. Il était conforme à la marche logique des procédés adoptés par les constructeurs anglais de ne plus poser entre ces arcs des rangs de moellons, mais de les remplacer par de véritables panneaux de pierre, des dalles. Ce parti est adopté de l'autre côté de la Manche dès le xv<sup>e</sup> siècle, soit sur des arcs disposés en pavillon de trompette, soit sur des arcs formant une suite de pyramides curvilignes avec portion de berceau. C'est ainsi qu'est construite la voûte de la chapelle de Saint-George, à Windsor<sup>2</sup>. La figure 40 montre une de ces pyramides de voûtes à l'extrados; comment sont disposés les arcs portant feuillures A, et comment entrent dans ces feuillures les panneaux B de remplissage. Les arcs tiercerons, compris entre les arcs ogives O, aboutissent à une ligne de niveau DD'. A partir de cette ligne jusqu'à la ligne des clefs CC', la voûte forme un berceau composé de panneaux de pierre clavés, portant en relief, les compartiments simulant alors des pénétra-

<sup>1</sup> On a donné à cette forme la qualification de *voûte en éventail*; mais un éventail se développe dans un seul plan : il n'est pas besoin de faire ressortir le défaut de précision de cette dénomination.

<sup>2</sup> Voyez le mémoire de M. le professeur Willis, sur les voûtes anglaises du moyen âge, ou, dans le tome IV de la *Revue d'architecture* de M. Daly, la traduction de ce travail et les planches à l'appui.

tions d'arêtes, de tiercerons, de contre-liernes, etc. La ligne des clefs, ou la lierne qui réunit la clef E du formeret à la ligne DD', est horizontale, de telle sorte que les tiercerons compris entre les arcs ogives O et ces formerets sont taillés sur des courbes différentes ; de même pour les tiercerons compris entre les arcs ogives, d'après la méthode indiquée précédemment. Ainsi, dans cette voûte de la chapelle de Windsor,

40



plusieurs systèmes sont mis en pratique : le système des voûtes en portions de pyramides curvilignes, avec arcs pris sur des courbes différentes (sauf pour les sommiers) ; le système des grands claveaux larges et peu épais, comme des dalles clavées, enchevêtrées, complétant la voûte par un berceau, dans sa partie supérieure. Plus tard encore les arcs sont supprimés, et les voûtes anglaises ne se composent plus que d'un appareil de grandes dalles, avec nerfs saillants à l'intérieur pris dans la masse

et figurant encore les arcs de la structure qui n'existent plus de fait. C'est ainsi que sont construites les voûtes les plus récentes de la cathédrale de Peterborough et celles de la chapelle de Henri VII à Westminster.

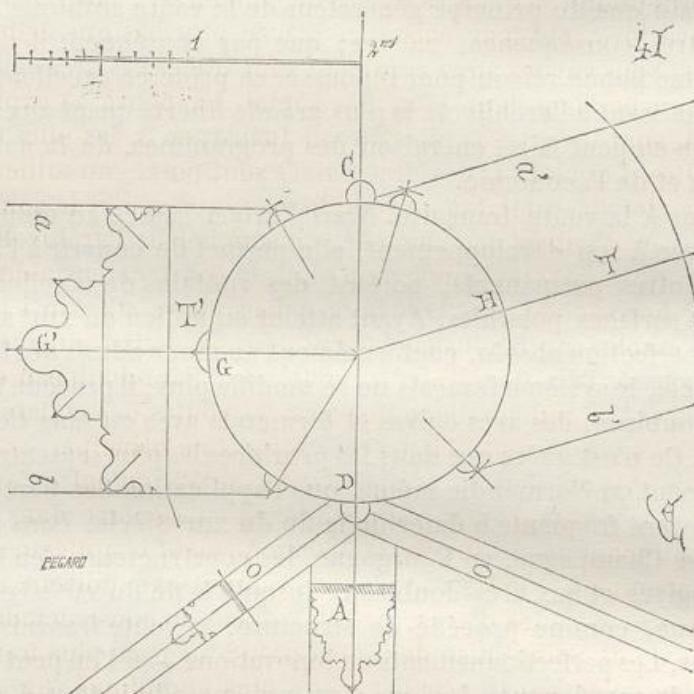
Ces sortes de voûtes sont très-plates. Ainsi la voûte dont la figure 40 présente l'extrados n'a, comme flèche, qu'un peu plus du quart de son diamètre. Cela seul indique les avantages que l'on pouvait tirer de ce mode de structure.

Nous avons cru nécessaire de nous étendre quelque peu sur les combinaisons qui ont amené les constructeurs anglais aux formes de voûtes en apparence si différentes des nôtres, bien que partant d'un même principe. Cette digression tend à démontrer que, d'un même principe, quand on le suit avec méthode, il peut sortir des déductions très-variées. Il est certain que du principe génératrice de la voûte gothique on peut tirer d'autres conséquences encore ; que par conséquent il ne peut y avoir aucune bonne raison pour repousser ce principe excellent en lui-même, et laissant à l'architecte la plus grande liberté quant aux applications qu'on en peut faire, en raison des programmes, de la nature des matériaux et de l'économie.

Revenons à la voûte française. Nous l'avons laissée au moment où, étant arrivée à son développement, elle permet de couvrir à l'aide des arcs ou cintres permanents, portant des voûtains de moillon piqué, toutes les surfaces possibles. Ayant atteint au milieu du XIII<sup>e</sup> siècle un degré de perfection absolu, conformément au mode admis dès le milieu du XII<sup>e</sup> siècle, le système français ne se modifie plus ; il procède toujours de l'arc-doubleau, des arcs ogives et formerets avec ou sans tiercerons et liernes. Ce n'est guère que dans les provinces les plus septentrionales, et notamment en Normandie même, que l'application des tiercerons et liernes devient fréquente à dater de la fin du XIII<sup>e</sup> siècle. Dans l'Île-de-France, en Champagne, en Bourgogne, les constructeurs s'en tiennent aux arcs ogives et aux arcs-doubleaux jusqu'à la fin du XV<sup>e</sup> siècle. A ce point de vue, comme procédé de structure, la voûte française ne se modifie pas. Les perfectionnements ou innovations — si l'on peut appeler innovation la conséquence logique d'un système admis tout d'abord — ne portent que sur les naissances de ces voûtes. Nous avons vu qu'en Angleterre, au moyen des courbes composées, on avait évité les difficultés résultant des courbes de rayons différents pour bander les remplissages, puisque, dans ces voûtes anglaises, dès le XIV<sup>e</sup> siècle, la courbe inférieure est la même pour tous les arcs d'une voûte. En France, sauf de très-rares exceptions, qui appartiennent à une époque relativement récente, la courbe composée n'est pas employée, les formerets, arcs-doubleaux et arcs ogives ont chacun leur courbe, qui est toujours un segment de cercle. Comme on sentait de plus en plus la nécessité de placer les clefs de ces arcs au même niveau, afin de ne pas perdre de place et de pouvoir passer les entrails des charpentes immédiatement

au-dessus de l'extrados des voûtes, lorsque ces arcs avaient des ouvertures très-différentes, il fallait, ou que leur brisure donnât des angles très-différents, c'est-à-dire que les uns fussent très-aigus, les autres très-obtus, ou que les naissances de ces arcs fussent placées à des niveaux différents<sup>1</sup>. C'est ce dernier parti qui prévalut, car les constructeurs cherchaient à donner aux arcs en tiers-point d'un même édifice, — au moins pour les arcs-doubleaux, formerets et archivoltes, — des angles de brisure à la clef qui ne fussent pas trop inégaux. Les naissances de ces divers arcs furent donc une de leurs plus grandes préoccupations.

Le chœur de la cathédrale de Narbonne, commencé à la fin du XIII<sup>e</sup> siècle et conçu évidemment par un maître très-habille, présente,



sous le rapport de la construction des voûtes, de précieux renseignements<sup>2</sup>. Le dernier pilier des travées parallèles à l'axe du chœur, qui commence les travées rayonnantes, est disposé rigoureusement et le plus économiquement possible pour recevoir les arcs qu'il doit porter. La figure 41 donne la section horizontale de ce pilier sous les voûtes du collatéral. L'archivolte de la partie parallèle à l'axe du chœur occupe

<sup>1</sup> Voyez, à ce sujet, à l'article CONSTRUCTION, le chapitre VOUTE.

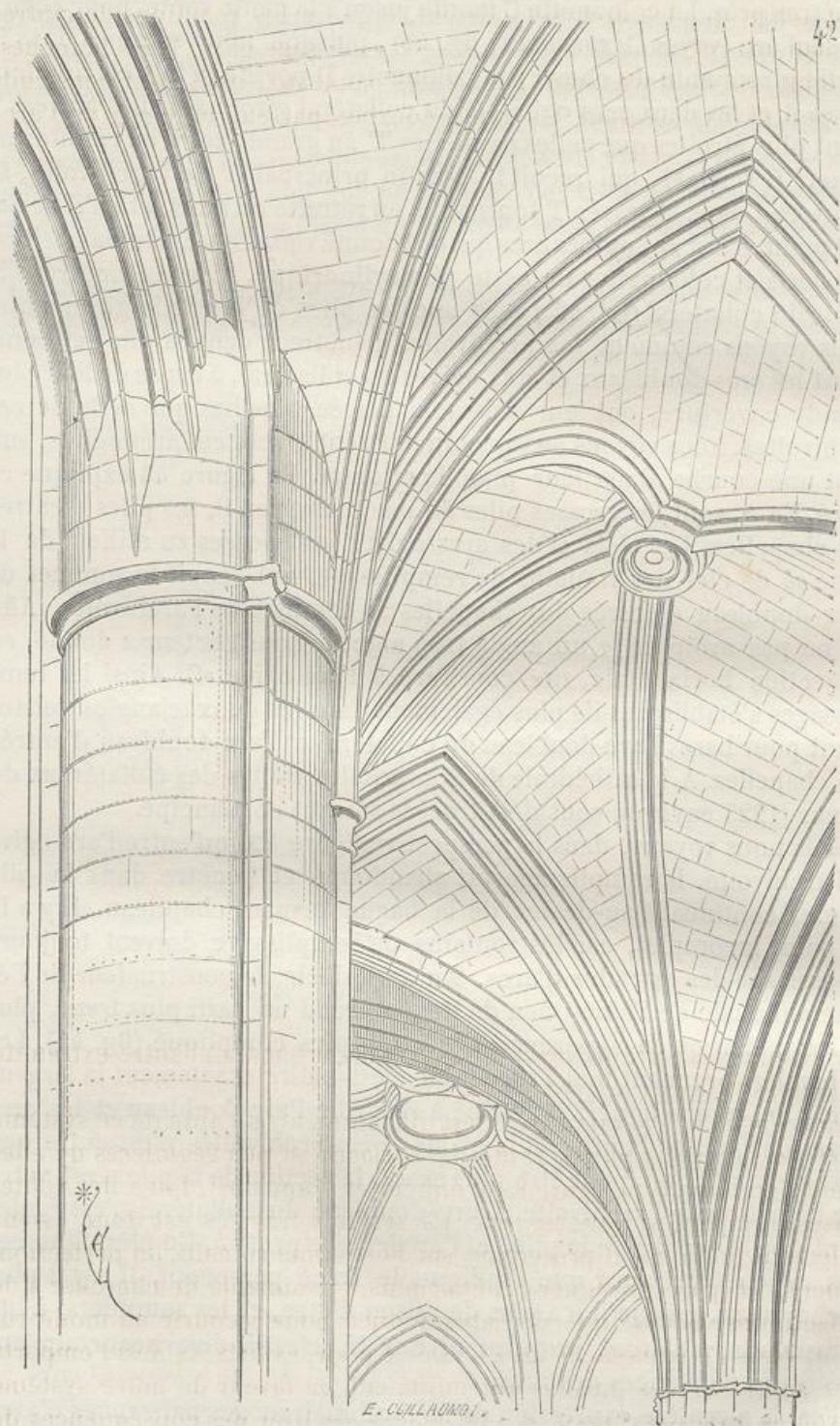
<sup>2</sup> Voyez CATHÉDRALE, fig. 48. La cathédrale de Narbonne est singulièrement pauvre en sculptures. Il semble que le maître de l'œuvre ait concentré toutes ses ressources pour obtenir une construction irréprochable comme conception et comme exécution.

toute la largeur *ab*, et celle de la première travée tournante la même largeur *a'b'*. Ces archivoltes ont l'épaisseur totale de la pile, à quelques centimètres près. La colonnette C monte jusqu'à la haute voûte, pour porter un seul arc (voyez CATHÉDRALE, fig. 48), puisque nous sommes dans la partie gironnante du chœur; la colonnette D porte à la fois et l'arc-doubleau A et les deux arcs ogives O du collatéral gironnant. Les travées T étant plus étroites que celles parallèles T' au grand axe, il en résulte que le nerf G vertical, qui reçoit le boudin principal G' de l'archivolte, se trouverait, dans la travée T tournante, en retraite du nu H, et qu'il ne paraît point. Ainsi ce sont les arcs qui ont donné rigoureusement la position des nerfs et colonnettes de cette pile cylindrique. Si nous montrons la voûte du collatéral (fig. 42), avec une des piles de la partie gironnante, nous voyons comment les archivoltes pénètrent dans la pile, et comment les arcs-doubleaux et arcs ogives du collatéral, à cause de leur plus grande ouverture, ont leur naissance placée plus bas que celle de ces archivoltes. Nous voyons aussi comment sont tracés ces arcs ogives, suivant une courbe dans leur plan horizontal. La figure 43 explique ce tracé. En A, sont les grosses piles du sanctuaire; en B, les piles d'entrée des chapelles. Les clefs C des arcs ogives sont posées au milieu de la ligne *ab* de clef des voûtains de remplissage, qui réunit le sommet de l'arc-doubleau d'entrée des chapelles au sommet de l'archivolte. Afin de ne pas avoir en *e* un angle trop aigu, le constructeur a donné, en projection horizontale, une courbure à l'arc ogive *eC*. Ainsi les remplissages s'établissent-ils plus également dans les deux triangles voisins ayant pour bases l'arc-doubleau du collatéral et l'arc-doubleau d'entrée des chapelles. A la cathédrale de Bourges, les voûtes des collatéraux du chœur (1225 environ) sont déjà tracées suivant ce principe.

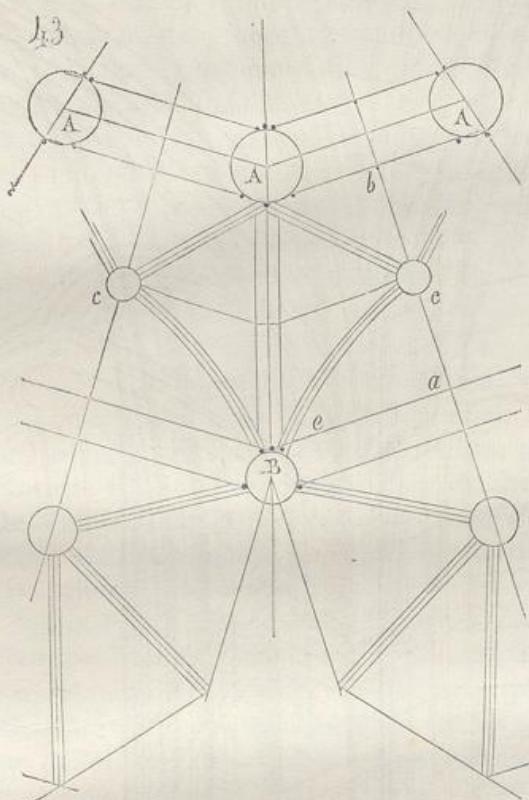
Mais nous voyons, dans la perspective figure 42, qu'entre l'arc ogive et l'archivolte, le remplissage est abandonné et pénètre dans la pile même, continuant au-dessus de la bague formant chapiteau. Il y a là un point incomplet, car les voûtains de remplissage doivent toujours reposer sur des extrados d'arcs. Au XIV<sup>e</sup> siècle, le constructeur de l'église abbatiale de Saint-Ouen de Rouen prend un parti plus franc, plus logique, bien qu'en apparence beaucoup plus compliqué (fig. 44). Les archivoltes prennent tout l'espace *ab*, c'est-à-dire exactement la largeur de la pile, moins le nerf C destiné à recevoir l'arc-doubleau et les arcs ogives des voûtes hautes, et le profil de ces archivoltes n'est autre que celui de la pile, ou, pour être plus exact, la section de la pile n'est autre que la section de l'archivolte. L'arc-doubleau du collatéral n'est également que le profil *g* de la pile, et l'arcogive le profil *h*. En élévation, ces arcs se pénètrent ainsi que l'indique le tracé perspectif. Il n'y a plus de chapiteau, puisqu'il n'a plus de raison d'être, et les sommiers, à lits horizontaux, s'élèvent jusqu'au niveau N, c'est-à-dire beaucoup au-dessus des naissances des arcs.

C'est la dernière expression de la combinaison des naissances d'arcs

de voûtes en France, et ce parti fut suivi jusqu'à l'époque de la renaiss-



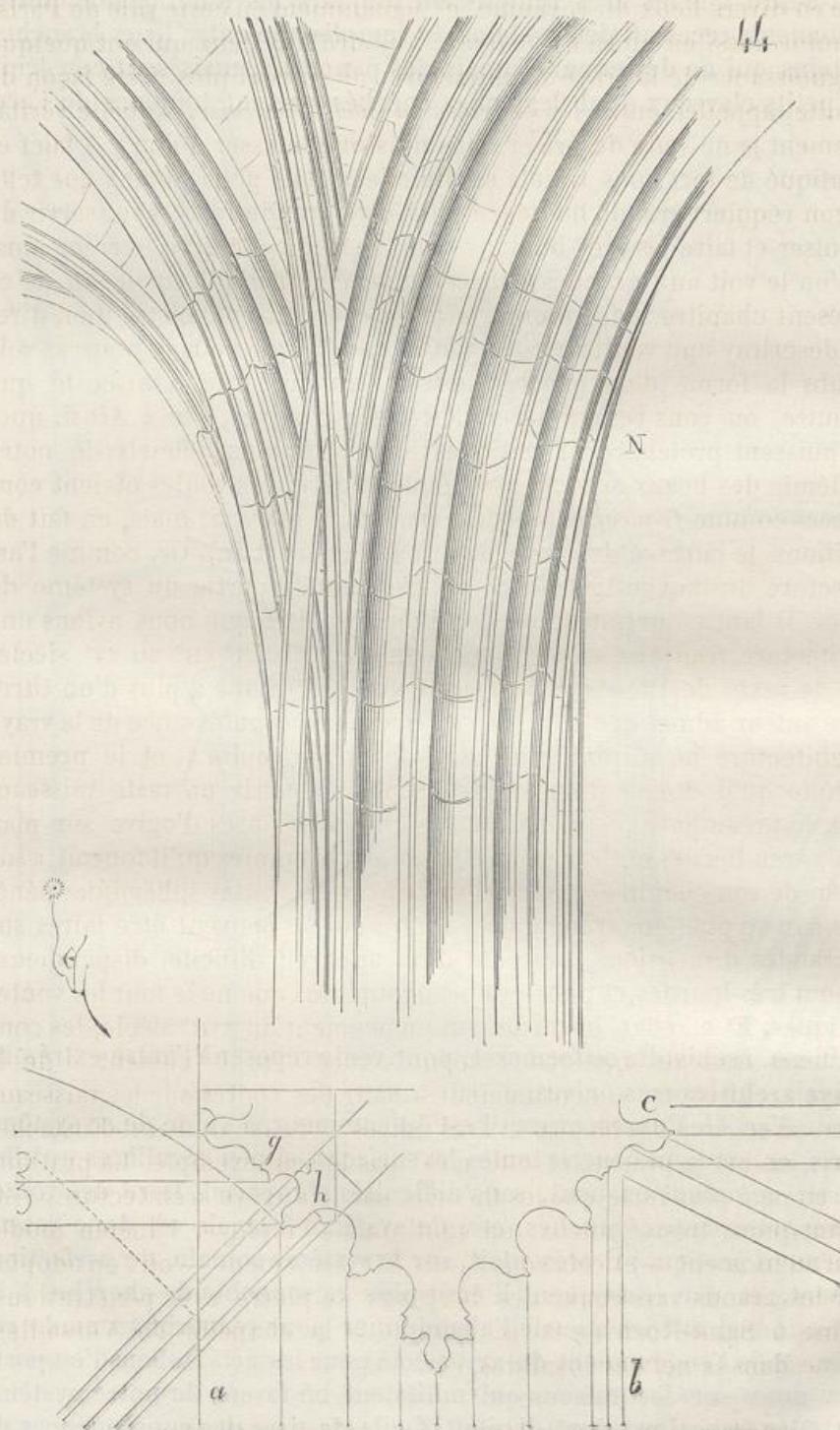
sance. Ce sont là des conséquences rigoureuses du principe de la voûte trouvée au XII<sup>e</sup> siècle; mais, quant au mode de structure, il ne varie pas, c'est-à-dire que les arcs remplissent toujours les fonctions de cintres permanents recevant des voûtains de remplissage entre leurs branches, voûtains qui ne deviennent jamais des panneaux, mais sont construits par petits claveaux dont les rangs courbés partent toujours de l'arc-



doubleau, archivolte ou formeret, pour venir reposer à l'autre extrémité en biais, sur les arcs ogives.

Dans l'article CONSTRUCTION, il est dit comment, à l'aide de ce système de voûtes, on peut couvrir toutes les surfaces, si peu régulières qu'elles soient; comment on peut, sans difficultés d'appareil, faire des voûtes biaises, rampantes, gauches, etc. Ce système français est donc essentiellement pratique; il présentait, sur le système romain, un perfectionnement, et par conséquent il était plus raisonnable de chercher à le perfectionner encore que de l'abandonner pour recourir au mode romain. Mais l'engouement du XVI<sup>e</sup> siècle pour les arts italiens l'emporta chez nous sur les raisons qui militaient en faveur de notre système de voûtes françaises, dont il était facile de tirer des conséquences de

plus en plus étendues. Philibert de l'Orme, dans son *Traité d'architec-*



ture<sup>1</sup>, s'exprime ainsi au sujet de ces voûtes : « Ces façons de voûtes ont été trouvées fort belles, et s'en voit de bien exécutées et mises en œuvre en divers lieux du royaume, et signamment en ceste ville de Paris, comme aussi en plusieurs autres. Aujourd'huy ceux qui ont quelque cognissance de la vraye Architecture, ne suivent plus ceste façon de voulte, appellée entre les ouvriers *la mode française*, laquelle véritablement je ne veux despriser, ains plustot confesser qu'on y a faict et pratiqué de fort bons traicts et difficiles. Mais pour autant que telle façon requiert grande boutée, c'est-à-dire grande force pour servir de poulser et faire les arcs-boutans, afin de tenir l'œuvre serrée, ainsi qu'on le voit aux grandes églises, pour ce est-il que sur la fin de ce présent chapitre, pour mieux faire entendre et cognoistre mon dire, je descririray une voulte avec sa montée, telle que vous la pourrez voir sous la forme d'un quarré parfaict, autant large d'un costé que d'autre, ou vous remarquerez la croisée d'ogives, etc. » Ainsi, quoi que puissent prétendre les critiques plus ou moins officiels de notre Académie des beaux-arts, au XVI<sup>e</sup> siècle encore, ces voûtes étaient considérées comme *françaises* (par les ouvriers, il est vrai; mais, en fait de traditions, le langage des ouvriers est le plus certain). Or, comme l'architecture du moyen âge dérive en très-grande partie du système de voûtes, il faut en prendre son parti, et admettre que nous avions une architecture française et reconnue comme telle du XII<sup>e</sup> au XV<sup>e</sup> siècle. Mais le texte de Philibert de l'Orme est intéressant à plus d'un titre. Notre auteur admet que ceux qui ont quelque « cognissance de la vraye architecture ne suivent plus ceste façon de voulte », et le premier exemple qu'il donne d'une voûte propre à couvrir un vaste vaisseau, après ce préambule, est une voûte gothique en arcs d'ogive sur plan carré, avec liernes et tiercerons. Quant aux exemples qu'il fournit « sur la fin de son chapitre », ce sont des tracés de voûtes sphériques pénétrées par un plan quadrangulaire, voûtes qui ne peuvent être faites sur de grandes dimensions, qui sont d'un appareil difficile, dispendieux, qui sont très-lourdes, et poussent beaucoup plus que ne le font les voûtes gothiques. Et en effet, jusqu'au commencement du XVII<sup>e</sup> siècle, les constructeurs français, quelque « cognissance » qu'ils eussent « de la vraye architecture », continuaient à bâtir des voûtes sur les vaisseaux larges, avec arcs-doubleaux et arcs ogives : l'église de Saint-Eustache, à Paris, en est la preuve, et elle n'est pas le seul exemple. La pratique était en ceci plus forte que les théories sur « la vraye architecture », et, n'ayant point trouvé mieux, on continuait à employer l'ancien mode, jusqu'au moment — et cela sous Louis XIV seulement — où l'on adopta, pour les grands vaisseaux, des berceaux de pierre avec pénétrations, comme à Saint-Roch de Paris, comme à la chapelle de Versailles, comme dans la nef des Invalides, etc.

<sup>1</sup> *L'Architecture* de Philibert de l'Orme. Paris, 1576, livre IV, chap. VIII.

Or, ce genre de voûtes est un pas en arrière, non un progrès. Les berceaux ont une poussée continue et non répartie sur des points isolés ; ils sont très-lourds, s'ils sont de pierre ; leur effet n'est pas heureux, et les pénétrations des baies dans leurs reins produisent des courbes très-désagréables, que les Romains, avec juste raison, évitaient autant que faire se pouvait.

On voit donc percer dans le texte naïf du bon Philibert de l'Orme ce sentiment d'exclusion quand même, à l'égard des procédés du moyen âge, qui s'est développé depuis lui avec moins de bonté. En effet, en marge du texte que nous venons de citer, il est dit en manière de vedette : « L'auteur approuver la façon moderne (de l'Orme désigne ainsi les voûtes gothiques) des voûtes, *toutes fois* ne s'en vouloir ayder. » Pourquoi, puisqu'il les approuve ? Il ne nous le dit pas. Quoi qu'il en soit et bien qu'il ne s'en aidât pas, il construisit, comme tous ses confrères, des voûtes en arcs d'ogive, et il eut raison, car la plupart des exemples qu'il donne comme des nouveautés n'ont réellement rien de pratique ni de sérieux, s'il s'agit de fermer de grands espaces. En ceci Philibert de l'Orme prélude à la critique (si l'on peut donner ce nom à un blâme irraisonné) de la structure du moyen âge. Depuis lui, cette critique, quoique moins naïve, ne raisonne pas mieux ; mais elle est plus exclusive encore, et ne dirait pas, en parlant de la façon des voûtes du moyen âge, « laquelle véritablement je ne veux despriser, ains plustôt « *confesser* qu'on y a faict et pratiqué de fort bons traicts et difficiles ». Ce sont choses qu'on ne confesse plus au xix<sup>e</sup> siècle, parce que les esprits logiques de notre temps pourraient répondre : « Si vous confessez que le mode a du bon, pourquoi ne vous en servez-vous pas ? » Mieux vaut ne rien dire, ou battre l'eau, que de provoquer de pareilles questions.

La renaissance, quoi qu'en dise Philibert de l'Orme, ne change donc pas de système de voûtes pour les grands vaisseaux, et pour cause ; mais elle compliqua ce système. Elle multiplia les membres secondaires plutôt comme un motif de décoration que pour obtenir plus de solidité. Et en effet les voûtes qu'elle construisit sont en assez mauvais état ou même sont tombées, tandis que la durée des voûtes des cathédrales de Chartres, de Reims, d'Amiens, défieront encore bien des siècles. Les voûtes hautes de l'église Saint-Eustache de Paris ne furent faites que pendant les dernières années du xvi<sup>e</sup> siècle, elles ne sont pas très-solides ; leurs sommiers ne sont pas combinés avec adresse, les arcs sont bandés en pierres inégales de lit en lit, ce qui, comme nous le disions plus haut, est une cause de déformations. Parmi ces voûtes datant du xvi<sup>e</sup> siècle, on peut citer, comme remarquables, celles qui fermaient le chœur de l'église Saint-Florentin (Yonne), et qui dataient du milieu de ce siècle<sup>1</sup>.

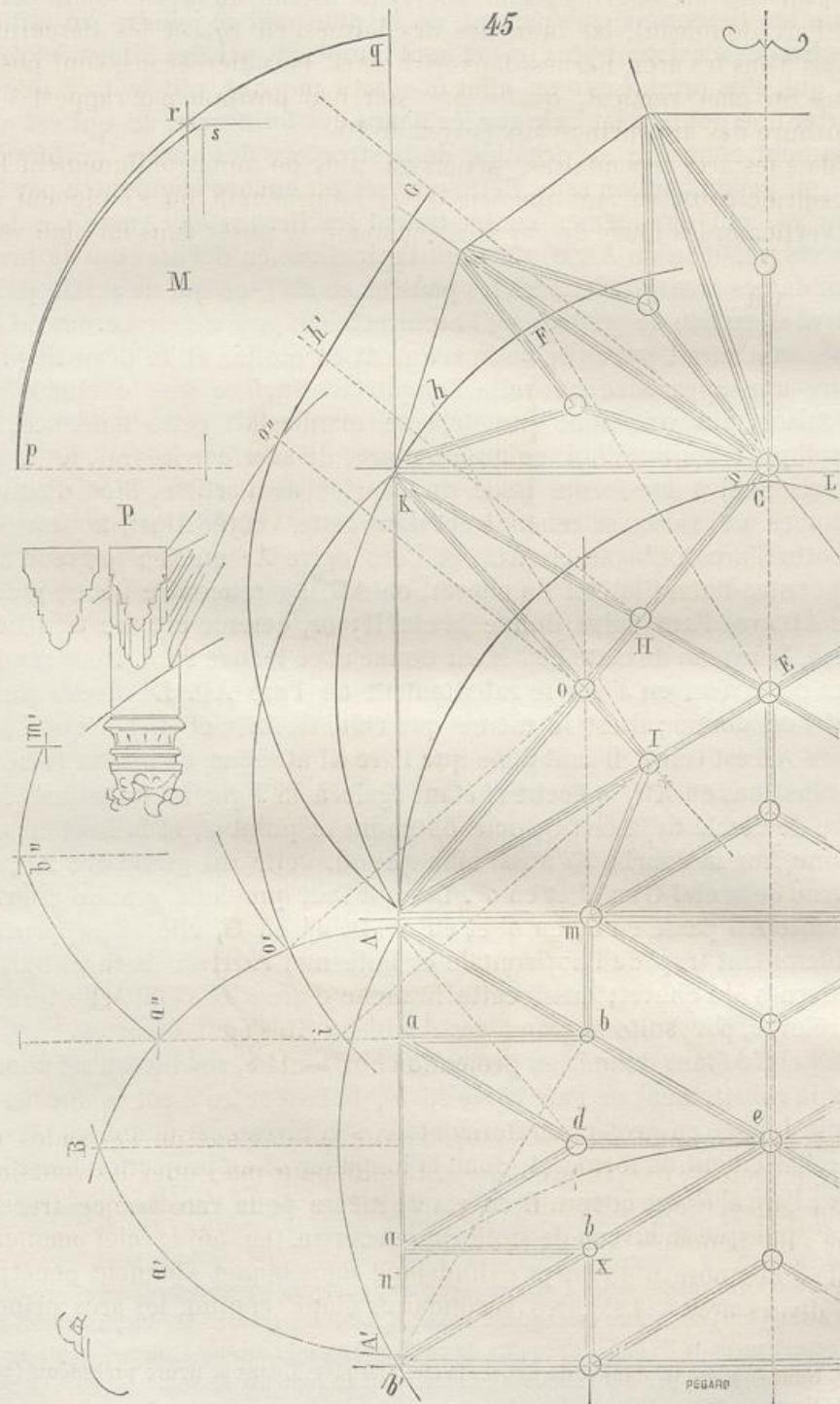
<sup>1</sup> Les arcs-boutants qui contre-butaient ces voûtes étaient mal combinés, comme il arrive à presque tous les arcs-boutants de cette époque ; puis les parements extérieurs des

Nous donnons (fig. 45) la projection horizontale de la moitié de ces voûtes, au chevet de l'église. L'arc-doubleau et l'arc ogive composent, comme dans la voûte du moyen âge, l'ossature principale de la structure; mais les tiercerons qui partent de la pile pour se joindre au milieu des liernes n'existent plus ici, et sont remplacés par des intermédiaires *ab*, qui, s'ils produisent un effet décoratif piquant, ont le tort de reporter une poussée latérale sur les flancs des formerets, ce qui est absolument contraire au principe de la structure des voûtes gothiques, et, qui pis est, au bon sens. Cette poussée est encore augmentée par les arcs *ad*, qui eux-mêmes contre-butent les liernes *de*. Aussi ces formerets (rabattus en AA'B) s'étaient-ils inclinés en dehors sous la pression de ces arcs qui viennent les pousser en *a'a''*, ce qui ne serait point arrivé si, au lieu de ces arcs *ab*, l'architecte eût posé des tiercerons *Ad...*; mais on n'aurait pas eu ce compartiment en étoile, et le désir de produire une apparence nouvelle l'emportait sur ce que commandait la raison. On voit donc que déjà se manifestait cette tendance, si développée aujourd'hui en architecture, de sacrifier le vrai, le sage, le raisonné, à une forme issue du caprice de l'artiste. Bien d'autres entorses à la raison se rencontrent dans cette voûte. Ainsi, nous avons rabattu l'arc-doubleau en AC, et l'arc ogive *Ae* en AF; le grand arc AD contre-butant la clef du chevet, en AG. La rencontre de ce grand arc AD avec l'arc ogive donne la clef H; or, comme cet arc ogive est tracé, le niveau de cette clef H est donné et se trouve en *h*. Nous reportons ce niveau en *h'* sur le rabattement de l'arc AD. Le niveau de la clef I est donné; il est le même que celui de la clef H, puisque l'arc ogive AE est tracé. Il faut donc que l'arc KI atteigne ce niveau I; nous le rabattons en *Ki*, la flèche *Ii* étant égale à la ligne *Ih*. Rabattant sur l'arc de cercle *Ki* la clef O, nous obtenons le point *o'*, et la hauteur *Oo'* donne, sur la courbe *Ki* aussi bien que sur celle du grand arc AD, le niveau de la clef O en *o'* et en *o''*. Donc il faut que cette grande courbe butante AD passe en G, en *h'* et en *o''*. De *o''* en G, elle se rapproche évidemment trop de l'horizontale et bute mal l'arrivée des arcs ogives et liernes du chevet; aussi cette branche d'arc *o''G* s'était-elle tordue et relevée, par suite le grand arc-doubleau KL s'était déformé.

La clef *b* étant donnée en projection horizontale, son niveau est donné sur le rabattement de l'arc ogive en *b'*; la rencontre *a* sur le formeret étant donnée en projection horizontale, son niveau est donné en *a''* sur le rabattement du formeret, donc la longueur *ab* en projection horizontale; l'arc *a''b''* est connu. Il en est de même pour l'arc *bm*, rabattu en *b''m'*, puisque le niveau de la clef *m* est connu.

contre-forts avaient été sapés à diverses époques; quelques tassements s'étaient produits. Il y a vingt ans, ces voûtes menaçaient ruine, il fallut les refaire. M. Piéplu, architecte du département de l'Yonne, s'acquitta de ce travail avec beaucoup d'adresse, il y a quelques années; mais, par des raisons d'économie, on se contenta de voûtes simples en arcs d'ogive. Nous donnons ici les voûtes anciennes, relevées avant la démolition.

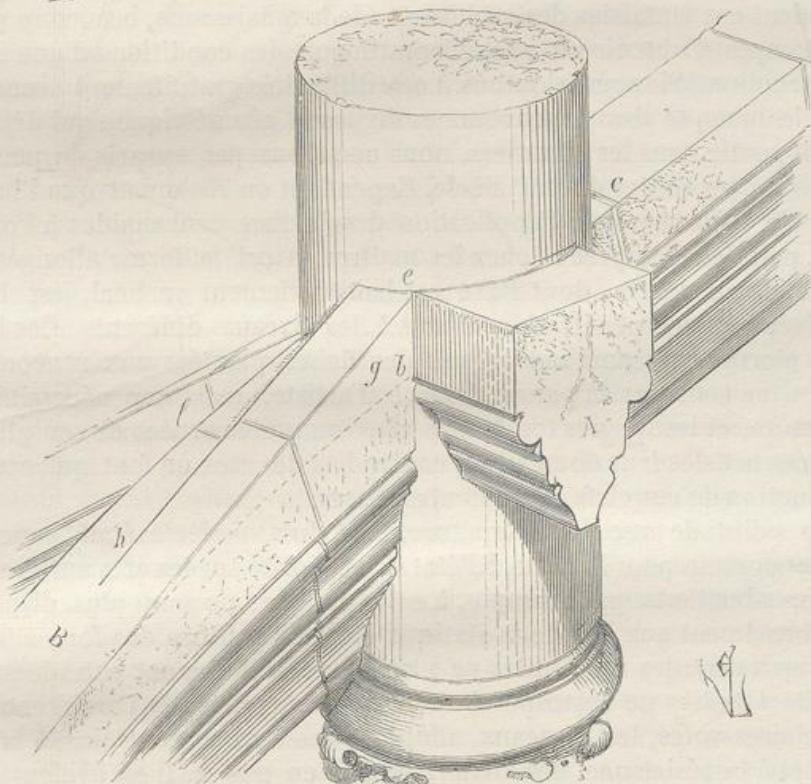
Quant aux liernes *de*, elles sont prises sur un arc de cercle qui réunirait la clef *B* du formeret à la clef *e* des arcs ogives. Cet arc de



lierne est rabattu de *n* en *e*, *n* donnant le niveau de la clef *B* du formeret par rapport au niveau de la clef *e* des arcs ogives. En *M* sont rabattus les arcs ogives *pq* du chevet (le niveau de la clef étant celui de l'arc-doubleau), les branches des liernes en *rq*, et les tiercerons en *ps*. Tous les arcs, liernes, fausses liernes, faux tiercerons, sont posés dans un plan vertical, quelle que soit leur position par rapport à la courbure des arcs principaux (voyez en *P*).

Mais les arcs secondaires, pénétrant plus ou moins obliquement les arcs principaux, suivant que ceux-ci se rapprochent ou s'éloignent de la verticale, les joues de ces arcs secondaires, posés dans un plan ver-

46



tical, se trouvent l'une au-dessus, l'autre au-dessous de l'extrados de l'arc principal; il en résultait une difficulté pour maçonner les voûtains. Pour sauver cette difficulté, les architectes de la renaissance tracent une clef pendante à ces points de rencontre (fig. 46)<sup>1</sup>; clef pendante qui se compose d'un corps cylindrique dans lequel viennent pénétrer les divers arcs<sup>2</sup>. Les arcs secondaires étant, comme les arcs prin-

<sup>1</sup> Nous supposons, dans cette figure, la clef marquée X dans la figure précédente (45).

<sup>2</sup> Voyez CLEF.

paux, posés dans un plan vertical, l'extrados de la fausse lierne A arrive horizontalement contre le corps cylindrique, tandis que l'extrados de l'arc ogive B le pénétrerait en *b* du côté de sa naissance, et en *c* du côté de son sommet; il y aurait donc une différence de niveau entre le point *b* et le point *c*. Et de *b* en *c*, comment poser les moellons de remplissage? Les constructeurs ont donc augmenté la hauteur des joues de ces arcs principaux en arrivant près de ces clefs, ainsi que l'indique le supplément *g*, pour araser le point *e*, et cela en raison du niveau de ces points d'arrivée des liernes, fausses liernes ou faux tiercerons. Il y aurait, par exemple, un décrochement en *h* à l'arrivée de l'arc ogive B, puisque l'extrados du faux tierceron *l* n'arriverait pas au niveau de l'extrados de la fausse lierne A. On voit quelles complications de coupes produisaient ces fantaisies des architectes de la renaissance, beaucoup plus préoccupés d'obtenir un effet décoratif que des conditions d'une sage construction. Si nous ajoutons à ces difficultés gratuitement accumulées le manque des connaissances du tracé géométrique, qui déjà se faisait sentir dans les chantiers, nous ne serons pas surpris du peu de durée de ces voûtes du XVI<sup>e</sup> siècle. Cependant on reconnaît que l'habitude de raisonner sur l'application des formes convenables à l'objet n'est point encore perdue chez les maîtres. Ainsi la forme allongée de ces clefs pendantes, dont l'axe est habituellement vertical, est bien motivée par ces pénétrations d'arcs à des niveaux différents. Ces longues pierres qui semblent à l'œil des fiches plantées aux rencontres d'arcs, ne sont pas là par un caprice d'artiste, mais une nécessité de structure, et les queues tombantes plus ou moins ornées de sculptures que ces artistes leur donnent en contre-bas des arcs ne font qu'accuser la fonction de ces clefs de rencontre d'arcs.

Au point de vue de la structure, l'art du XVI<sup>e</sup> siècle était, pour les voûtes comme pour le reste, à l'état d'infériorité sur les arts antérieurs. Les arcs-boutants, par exemple, à cette époque, ne sont plus disposés conformément aux lois de la statique et de l'équilibre des forces (voy. ARC-BOUTANT); les archivoltes ne sont plus régulièrement extadossées, les lits d'assises ne correspondent plus aux membres de l'architecture; les claires-voies, les meneaux, adoptent des formes contraires à la nature et à la résistance des matériaux mis en œuvre. Il est évident que les architectes, préoccupés avant tout d'appliquer certaines formes appartenant à un autre mode de structure que celui adopté en France en raison des matériaux et de leur emploi judicieux, abandonnent à des mains subalternes le tracé de cet appareil, qui n'est plus d'accord avec ces formes empruntées ailleurs. Les maîtres du XV<sup>e</sup> siècle étaient meilleurs constructeurs, meilleurs praticiens et traceurs que ceux du XVI<sup>e</sup>; ceux du XIV<sup>e</sup> siècle l'emportaient sur les maîtres du XV<sup>e</sup>, et peut-être ceux du XIII<sup>e</sup> l'emportaient-ils encore sur ceux du XIV<sup>e</sup>. Cependant les appareilleurs du XVI<sup>e</sup> siècle étaient des génies, si nous les comparons à ceux du XVII<sup>e</sup> siècle, car il n'est pas de structure plus grossière et plus

mal tracée en France, à moins de remonter aux plus mauvaises époques de l'école romane, que celle de ce XVII<sup>e</sup> siècle, que l'on s'efforce d'imiter aujourd'hui.

Les voûtes françaises et anglaises, parties toutes deux du même point au XII<sup>e</sup> siècle, étaient arrivées au XVI<sup>e</sup>, dans l'un et l'autre pays, à des résultats très-différents et qui donnent la mesure exacte des aptitudes des deux peuples. D'après ce que nous avons vu précédemment, on observera qu'en se perfectionnant conformément à la méthode admise dès le XIII<sup>e</sup> siècle, les voûtes anglaises, malgré leur apparence compliquée, arrivent de fait, au contraire, à l'emploi d'un procédé très-simple, en ce qu'une courbe peut suffire à tous les arcs d'une voûte, ou que (si ces arcs doivent atteindre à la clef un même niveau) les courbes différentes dans une partie seulement de leur développement, sont tracées par un procédé très-simple; que tous ces arcs restent indépendants, et ne sont reliés que par des entretoises d'un seul morceau, qui n'ont qu'un rôle secondaire et ne peuvent en rien influer sur la courbe principale admise pour les arcs; que les remplissages ne sont plus que des panneaux, aussi faciles à tracer qu'à poser. Dans les voûtes françaises, nous voyons que les constructeurs en viennent à multiplier les arcs; ils les croisent, de telle façon que la courbure de ces arcs doit être distincte pour chacun d'eux; que ces courbures sont commandées par des niveaux donnés par le tracé préalable sur plan horizontal; que ces arcs sont dépendants les uns des autres, et que, par conséquent, ces constructeurs ne sont plus les maîtres, ainsi, de donner à ces courbes les flèches nécessaires en raison de leur fonction, de leur résistance ou de leur action de poussée et de butée; qu'en un mot, ces constructeurs français du XVI<sup>e</sup> siècle abandonnent un système judicieux et parfaitement entendu (celui du XIII<sup>e</sup> siècle), pour se lancer dans des combinaisons indiquées seulement par la fantaisie. Le réseau de la voûte anglaise de la fin du XV<sup>e</sup> siècle est solide, méthodique: c'est la conséquence d'une longue expérience fidèle au principe posé. Le réseau de la voûte française au XVI<sup>e</sup> siècle n'est pas solide, parce que les arcs qui s'entrecroisent par suite d'un caprice de l'artiste, sans l'intervention d'une nécessité et de la raison, ont des actions différentes, les unes molles et faibles, les autres actives et puissantes. Au lieu de rendre la voûte française en arc d'ogive plus solide qu'elle ne l'était, par l'adjonction de tous ces arcs secondaires, les architectes français l'altèrent, lui enlèvent ses qualités d'élasticité, de force et de liberté. Aussi ces voûtes du XVI<sup>e</sup> siècle sont-elles, la plupart, proches de leur ruine, lorsqu'elles ne sont pas déjà tombées.

Alors, au XVI<sup>e</sup> siècle, nos architectes cherchent, à l'aide d'un savoir médiocre d'ailleurs, à faire des tours de force, et notre Philibert de l'Orme lui-même, malgré son rare mérite, n'est pas exempt de ce travers. Le pédantisme s'introduit dans l'art, et le vrai savoir, le savoir pratique, fait défaut. On veut oublier et l'on oublie les vieilles méthodes,

les principes établis sur une longue expérience; méthodes et principes que l'on pouvait perfectionner sans se lancer dans des théories enfantines et très-superficielles. Il n'est pas douteux, rien qu'à examiner les monuments existants, que les maîtres du XIII<sup>e</sup> siècle savaient la géométrie et en comprenaient surtout les applications beaucoup mieux que les maîtres du XVI<sup>e</sup> siècle. Mais les premiers ne s'amusaient pas à la montre, ils se servaient de la science, ainsi que les vrais savants s'en servent, comme d'un moyen, non pour en faire parade. Les architectes de la renaissance prenaient déjà le moyen pour la fin; et, comme il arrive toujours en pareil cas, on possède une classe de théoriciens spéculatifs passablement pédants, et en arrière une masse compacte ignorant les procédés les plus simples. Au XVI<sup>e</sup> siècle, on faisait des livres dans lesquels on discutait Vitruve tant bien que mal, où l'on donnait les proportions des ordres, où l'on couvrait des pages d'épures destinées à éblouir le vulgaire, mais on inclinait à construire très-mal, très-grossièrement, dans un pays où l'art de la construction avait atteint un développement prodigieux, comme science d'abord, puis comme emploi raisonné des matériaux et de leurs qualités. L'art s'échappait des mains du peuple, de ces corporations d'artisans, pour devenir l'apanage d'une sorte d'aristocratie de moins en moins comprise, parce qu'elle laissait de côté les principes issus du génie même du pays pour une sorte de formulaire empirique, inexpliqué et inexplicable comme une révélation. Il était évident que tout ce qui pouvait tendre à discuter ce formulaire présenté en manière de dogme devait être repoussé par ce corps aristocratique des nouveaux maîtres, dont l'Académie des beaux-arts conserve aujourd'hui encore les doctrines avec plus de rigueur que jamais. C'est pourquoi, de temps à autre, nous voyons, du sein de ce corps et de ses adeptes les plus fervents, s'échapper une protestation contre l'étude de notre art français du moyen âge et les applications étendues qu'on en peut faire. C'est pourquoi aussi nous ne cessons pas et nous ne cesserons pas de tenter de développer cette étude, de faire entrevoir ses applications, bien convaincu de cette vérité affirmée par l'histoire: que les corps ne sont jamais plus exclusifs qu'aux jours où ils sentent leur pouvoir ébranlé.



YMAGERIE, s. f. — Voyez SCULPTURE.

YRAIGNE, s. f. (vieux mot). Panneau de fil de fer. Voyez GRILLAGE.

YRE, s. f. (vieux mot). Cour, aire.