



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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

Viollet-le-Duc, Eugène-Emmanuel

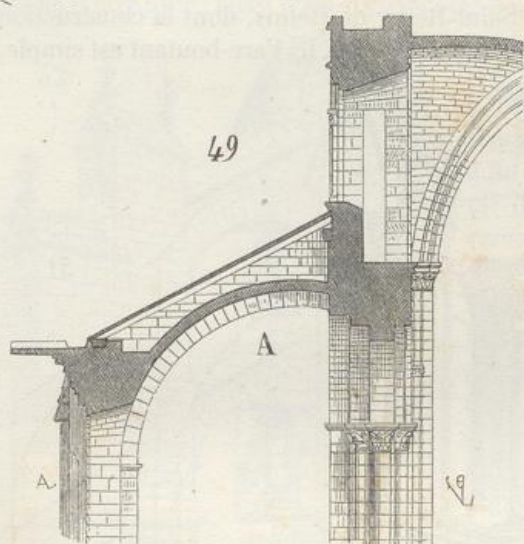
Paris, 1858

Arc-boutant

[urn:nbn:de:hbz:466:1-79991](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-79991)

ARC-BOUTANT. Ce sont les arcs extérieurs qui, par leur position, sont destinés à contre-butter la poussée des voûtes en arcs d'ogives. Leur naissance repose sur les contre-forts, leur sommet arrive au point de la poussée réunie des arcs doubleaux et des arcs ogives. Suivant les goûts de chaque école, on a beaucoup blâmé ou beaucoup loué le système des arcs-boutants; nous n'entreprendrons pas de les défendre ou de faire ressortir leurs inconvénients; il n'y a qu'une chose à dire à notre sens sur ce système de construction, c'est qu'il est l'expression la plus franche et la plus énergique du mode adopté par les constructeurs du moyen âge. Jusqu'à leur application dans les églises gothiques, tout est tâtonnement; du moment que les arcs-boutants sont nettement accusés dans les constructions, la structure des églises se développe dans son véritable sens, elle suit hardiment la voie nouvelle. Demander une église gothique sans arcs-boutants, c'est demander un navire sans quille, c'est pour l'église comme pour le navire une question d'être ou de n'être pas. Le problème que les architectes de l'époque romane s'étaient donné à résoudre était celui-ci : élever des voûtes sur la basilique antique. Comme disposition de plan, la basilique antique satisfaisait complètement au programme de l'église latine : grands espaces vides, points d'appui minces, air et lumière. Mais la basilique antique était couverte par des charpentes, l'abside seule était voûtée; or dans notre climat les charpentes ne préservent pas complètement de la neige et du vent; elles se pourrissent assez rapidement quand on n'emploie pas ces dispositions modernes de chéneaux en métal, de conduits d'eau, etc., procédés qui ne peuvent être en usage qu'au milieu d'un peuple chez lequel l'art de la métallurgie est arrivé à un haut degré de perfection. De plus, les charpentes brûlent, et un édifice couvert seulement par une charpente que l'incendie dévore est un édifice perdu de la base au faite. Jusqu'aux ^{x^e} et ^{x^e} siècles, il n'est question dans les documents écrits de notre histoire que d'incendies d'églises qui nécessitent des reconstructions totales. La grande préoccupation du clergé, et par conséquent des architectes qui élevaient des églises, était dès le ^{x^e} siècle de voûter les nefs des basiliques. Mais les murs des basiliques portés par des colonnes grêles ne pouvaient présenter une résistance suffisante à la poussée des voûtes hautes ou basses. Dans le centre de la France les constructeurs, vers le ^{x^e} siècle, avaient pris le parti de renoncer à ouvrir des jours au sommet des murs des nefs hautes, et ils contre-buttaient les voûtes en berceau de ces nefs hautes, soit par des demi-berceaux, comme dans la plupart des églises auvergnates, soit par de petites voûtes d'arêtes élevées sur les bas côtés. Les nefs alors ne pouvaient être éclairées que par les fenêtres de ces bas côtés presque aussi hautes que les grandes nefs. Les murs extérieurs, épais et renforcés de contre-forts, maintenaient les poussées combinées des grandes et petites voûtes (voy. ARCHITECTURE RELIGIEUSE). Mais dans le nord de la France ce système ne pouvait prévaloir; de grands centres de population exigeaient de vastes églises, on avait besoin de lumière, il fallait prendre des jours directs dans les murs des nefs, et renoncer par conséquent à contre-butter les voûtes hautes par des demi-berceaux continus élevés

sur les bas-côtés. Dans quelques églises de Normandie, celles entre autres de l'abbaye aux Hommes et de l'abbaye aux Dames de Caen, les constructeurs avaient cherché un moyen terme : ils avaient élevé sur des piles fort épaisses les grandes voûtes d'arêtes des nefs hautes, et ménageant de petits jours sous les formerets de ces voûtes, ils avaient cherché à contre-butter leur poussée par un demi-berceau continu bandé sur le triforium (49). Mais ce demi-berceau n'arrive pas au point de la poussée de ces voûtes hautes. Et pourquoi un demi-berceau continu pour maintenir une voûte d'arête dont les poussées sont reportées sur des points espacés au droit de chaque pile ? Il y a quelque chose d'illogique dans ce système qui dut bientôt frapper des esprits enclins à tout ramener à un principe vrai et pratique. Or, supposons que le demi-berceau A figuré dans la coupe de la nef de l'abbaye aux Hommes (49) soit coupé par tranches, que ces tranches soient conservées seulement au droit des poussées des arcs doubleaux et des arcs ogives, et supprimées entre les piles, c'est-à-dire dans les parties où les poussées



des grandes voûtes n'agissent pas, l'arc-boutant est trouvé ; il permet d'ouvrir dans les travées des jours aussi larges et aussi bas que possible. Le triforium n'est plus qu'une galerie à laquelle on ne donne qu'une importance médiocre. Le bas côté, composé d'un rez-de-chaussée, est couvert par un comble à pente simple. Ces murs épais deviennent alors inutiles, les piles des nefs peuvent rester grêles, car la stabilité de l'édifice ne consiste plus que dans la

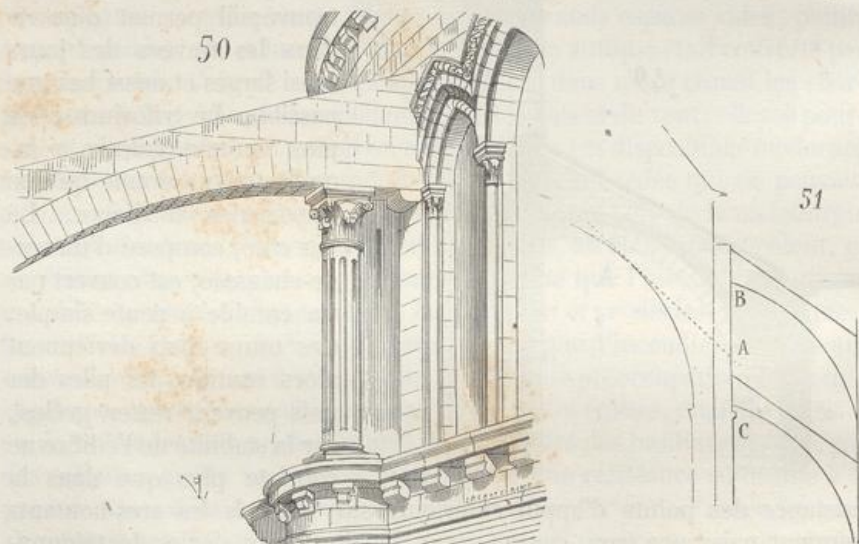
résistance des points d'appui extérieurs sur lesquels les arcs-boutants prennent naissance (voy. CONTRE-FORT). Il fallut deux siècles de tâtonnements, d'essais souvent malheureux, pour arriver à la solution de ce problème si simple, tant il est vrai que les procédés les plus naturels, en construction comme en toute chose, sont lents à trouver. Mais aussi dès que cette nouvelle voie fut ouverte, elle fut parcourue avec une rapidité prodigieuse, et l'arc-boutant, qui naît à peine au ^{xiii}^e siècle, est arrivé à l'abus au ^{xiv}^e. Quelques esprits judicieux veulent conclure de la corruption si promptement du grand principe de la construction des édifices gothiques, que ce principe est vicieux en lui-même ; et cependant l'arc grec, dont personne n'a jamais contesté la pureté, soit comme principe, soit comme forme, a duré à peine soixante-dix ans, et Périclès n'était pas mort que déjà l'architecture des Athéniens arrivait à son déclin. Nous pensons, au contraire, que

dans l'histoire de la civilisation, les arts qui sont destinés à faire faire un grand pas à l'esprit humain sont précisément ceux qui jettent tout à coup une vive clarté pour s'éteindre bientôt par l'abus même du principe qui les a amenés promptement à leur plus grand développement (voy. ARCHITECTURE).

Les besoins auxquels les architectes du moyen âge avaient à satisfaire en élevant leurs églises les amenaient presque malgré eux à employer l'arc-boutant; nous allons voir comment ils ont su développer ce système de construction, et comment ils en ont abusé.

Ce n'est, comme nous venons de le dire, qu'à la fin du ^{xiii}e siècle que l'arc-boutant se montre franchement dans les édifices religieux du nord de la France; il n'apparaît dans le centre et le midi que comme une importation, vers la fin du ^{xiii}e siècle, lorsque l'architecture ogivale, déjà développée dans l'Ile-de-France, la Champagne et la Bourgogne, se répand dans tout l'Occident.

Nous donnons en première ligne et parmi les plus anciens l'un des arcs-boutants du chœur de l'église Saint-Rémy de Reims, dont la construction remonte à la dernière moitié du ^{xiii}e siècle (50). Ici l'arc-boutant est simple,



il vient contre-butter les voûtes au point de leur poussée, et répartit sa force de résistance sur une ligne verticale assez longue au moyen de ce contre-fort porté sur une colonne extérieure, laissant un passage entre elle et le mur au-dessus du triforium. Mais bientôt les constructeurs observèrent que la poussée des voûtes en arcs d'ogives d'une très-grande portée, agissait encore au-dessous et au-dessus du point mathématique de cette poussée. La théorie peut, en effet, démontrer que la poussée d'une voûte se résout en un seul point, mais la pratique fait bientôt reconnaître que cette poussée est diffuse et qu'elle agit par suite du glissement possible des claveaux des arcs et de la multiplicité des joints, depuis la naissance de ces arcs jusqu'à la moitié environ de la hauteur de la voûte (51). En effet, soit A

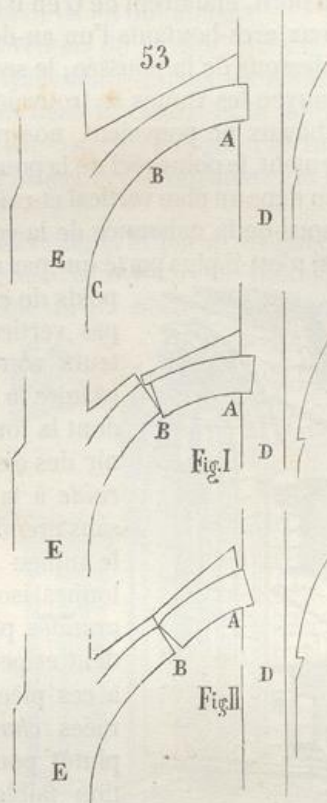
le point mathématique de la poussée d'une voûte en arc d'ogive, si la voûte a une portée de 10 à 15 mètres, par exemple, un seul arc-boutant arrivant en A ne suffira pas pour empêcher la voûte d'agir encore au-dessus et au-dessous de ce point. De même qu'en étayant un mur qui boucle, si l'on est prudent, on posera verticalement sur ce mur une couche en bois et deux étais l'un au-dessus de l'autre pour arrêter le bouclement; de même les constructeurs qui élevèrent, au commencement du ^{xiii}^e siècle, les grandes nefs des cathédrales du nord, établirent de C en B un contre-fort, véritable *couche* de pierre, et deux arcs-boutants l'un au-dessus de l'autre, le premier arrivant en C au-dessous de la poussée, le second en B au-dessus de cette poussée. Par ce moyen les voûtes se trouvaient *étré sillonnées* à l'extérieur, et les arcs doubleaux ne pouvaient, non plus que les arcs ogives, faire le moindre mouvement, le point réel de la poussée se trouvant agir sur un contre-fort maintenu dans un plan vertical et roidi par la butée des deux arcs-boutants. Au-dessous de la naissance de la voûte, ce contre-fort CB cessait d'être utile; aussi n'est-il plus porté que par une colonne isolée, et le



poids de ce contre-fort n'agissant pas verticalement, les constructeurs sont amenés peu à peu à réduire le diamètre de la colonne, dont la fonction se borne à prévenir des dislocations, à donner du *roide* à la construction des piles sans prendre de charge; aussi vers le milieu du ^{xiii}^e siècle ces colonnes isolées sont-elles faites de grandes pierres minces posées en délit et peuvent-elles se comparer à ces pièces de charpentes nommées *chandelles* que l'on pose plutôt pour roidir une construction faible que pour porter un poids agissant verticalement. Les voûtes hautes du chœur de la cathédrale de Soissons, dont la construction remonte aux premières années du ^{xiii}^e siècle, sont contre-butées par des arcs-boutants doubles (52) dont les têtes viennent s'appuyer contre des piles portées par des colonnes engagées.

Un passage est réservé entre la colonne inférieure et le point d'appui vertical qui reçoit les sommiers des voûtes. Il est nécessaire d'observer que le dernier claveau de chacun des arcs n'est pas engagé dans la pile et reste libre de glisser dans le cas où la

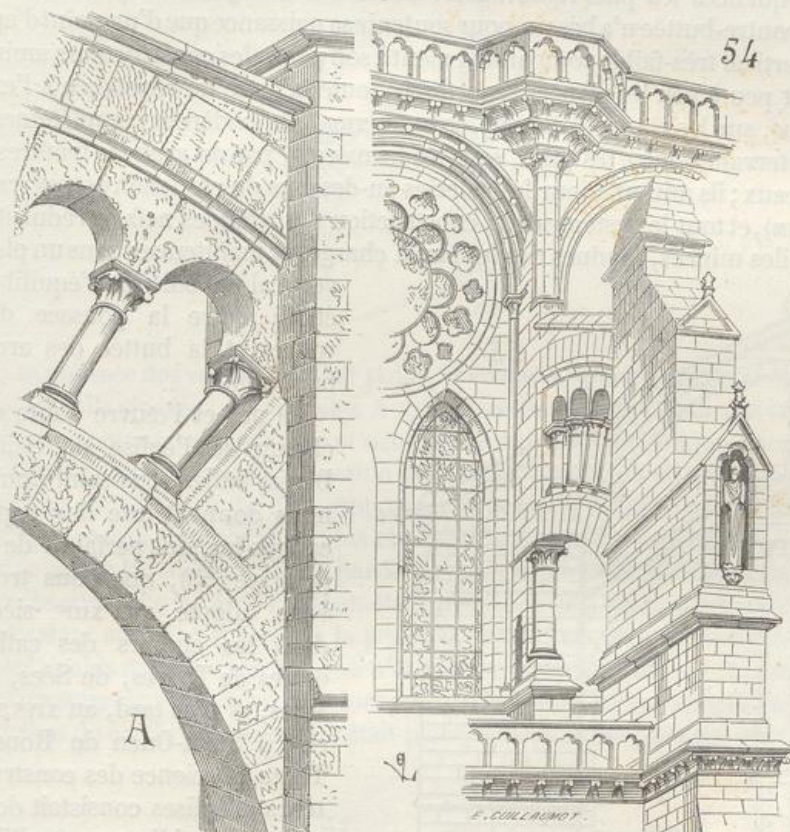
voûte ferait un mouvement par suite d'un tassement des points d'appui verticaux, c'est là encore une des conséquences de ce principe d'élasticité appliqué à ces grandes bâtisses et sans lequel leur stabilité serait compromise. La faculté de glissement laissée aux arcs-boutants empêche leur déformation, et il n'est pas besoin de dire qu'ils ne peuvent conserver toute leur force d'étrésillonnement qu'autant qu'ils ne se déforment pas. En effet (53), soit ABC un arc-boutant, la pile verticale D ve-



nant à tasser, il faudra, si l'arc est engagé au point A, qu'il se rompe en B, ainsi que l'indique la fig. 1. Si, au contraire, c'est le contre-fort E qui vient à tasser, l'arc étant engagé en A, il se rompra encore suivant la fig. 2. On comprend donc combien il importe que l'arc puisse rester libre en A pour conserver au moyen de son glissement possible la pureté de sa courbure. Ces précautions dans la combinaison de l'appareil des arcs-boutants n'ont pas été toujours prises, et la preuve qu'elles n'étaient pas inutiles, c'est que leur oubli a presque toujours produit des effets fâcheux.

La nef de la cathédrale d'Amiens, élevée vers 1230, présente une disposition d'arcs-boutants analogue à celle du chœur de la cathédrale de Soissons; seulement les colonnes supérieures sont dégagées comme les colonnes inférieures, elles sont plus sveltes, et le chaperon du second arc-boutant sert

de canal pour conduire les eaux des chéneaux du grand comble à l'extrémité inférieure de l'arc, d'où elles tombent lancées par des gargouilles (voy. CHÉNEAU, GARGOUILLE). Ce moyen de résistance opposé aux poussées des voûtes par les arcs-boutants doubles ne sembla pas toujours assez puissant aux constructeurs du XIII^e siècle; ils eurent l'idée de rendre solidaires les deux arcs par une suite de rayons qui les réunissent, les étrésillonnent et leur donnent toute la résistance d'un mur plein, en leur laissant une grande légèreté. La cathédrale de Chartres nous donne un admirable exemple de ces sortes d'arcs-boutants (54). La construction de cet édifice présente dans toutes ses parties

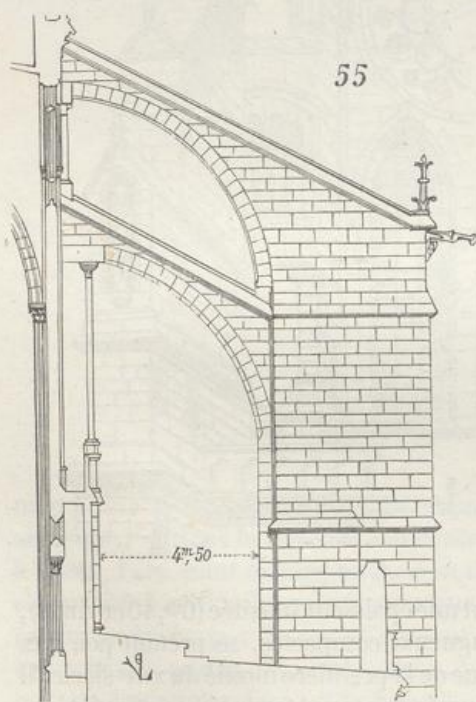


une force remarquable; les voûtes ont une épaisseur inusitée (0^m,40 environ), les matériaux employés, lourds, rugueux, compacts, se prêtant peu aux délicatesses de l'architecture gothique de la première moitié du XIII^e siècle. Il était nécessaire, pour résister à la poussée de ces voûtes épaisses et qui n'ont pas moins de 15 mètres d'ouverture, d'établir des buttées énergiques, bien assises; aussi, fig. A, on observera que tout le système des arcs pénètre dans les contre-forts, s'y loge comme dans une rainure, que tous les joints de l'appareil sont normaux aux courbes, qu'enfin c'est une construction entièrement oblique destinée à résister à des pesanteurs agissant obliquement.

Ce système d'étrésillonnement des arcs au moyen de rayons intermédiaires ne paraît pas toutefois avoir été fréquemment adopté pendant le *xiii^e* siècle; il est vrai qu'il n'y avait pas lieu d'employer des moyens aussi puissants pour résister à la poussée des voûtes, ordinairement fort légères, même dans les plus grandes églises ogivales. A la cathédrale de Reims les arcs-boutants sont doubles, mais indépendants l'un de l'autre; ils deviennent de plus en plus hardis vers le milieu du *xiii^e* siècle, alors que les piles sont plus grêles, les voûtes plus légères. Une fois le principe de la construction des églises gothiques admis, on en vint bientôt à l'appliquer dans ses conséquences les plus rigoureuses. Observant avec justesse qu'une voûte bien contre-buttée n'a besoin pour soutenir sa naissance que d'un point d'appui vertical très-faible comparativement à son poids, les constructeurs amincissent peu à peu les piles et reportèrent toute la force de résistance à l'extérieur, sur les contre-forts (voy. CONSTRUCTION). Ils évidèrent complètement les intervalles entre les piles, sous les formerets, par de grandes fenêtres à meneaux; ils mirent à jour les galeries au-dessous de ces fenêtres (voy. TRI-FORIUM), et tout le système de la construction des grandes nefs se réduisit à des piles minces, rendues rigides par la charge, et maintenues dans un plan

vertical par suite de l'équilibre établi entre la poussée des voûtes et la buttée des arcs-boutants.

La nef et l'œuvre haute du chœur de l'église de Saint-Denis, bâties sous saint Louis, nous donnent une des applications les plus parfaites de ce principe (55), que nous trouvons adopté au *xiii^e* siècle dans les chœurs des cathédrales de Troyes, de Sées, du Mans, et plus tard, au *xiv^e* siècle, à Saint-Ouen de Rouen. Toute la science des constructeurs d'églises consistait donc alors à établir un équilibre parfait entre la poussée des voûtes d'une part, et la buttée des arcs-boutants de l'autre. Et il faut dire que s'ils

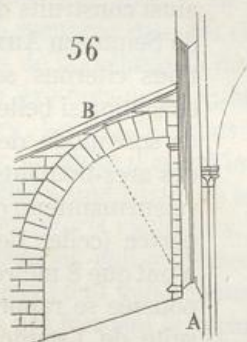


n'ont pas toujours réussi pleinement dans l'exécution, les erreurs qu'ils ont pu commettre démontrent que le système n'était pas mauvais, puisque malgré des déformations effrayantes subies par quelques-uns de ces monuments, ils n'en sont pas moins restés debout depuis six cents ans, grâce à l'élasticité de ce mode de construction. Il faut ajouter aussi que dans les

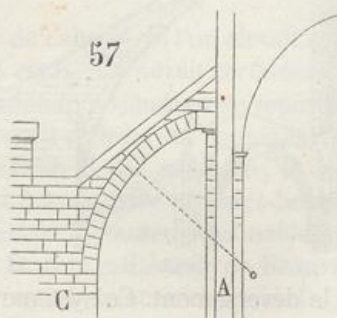
grands édifices bâtis avec soin, au moyen de ressources suffisantes et par des gens habiles, ces déformations ne se rencontrent pas, et l'équilibre des constructions a été maintenu avec une science et une adresse peu communes.

La courbure des arcs-boutants varie suivant la courbure des arcs doubleaux, le diamètre des arcs-boutants, leur épaisseur et l'épaisseur de la culée ou contre-fort.

Ainsi les arcs-boutants primitifs sont généralement formés d'un quart de cercle (56) ; mais leurs claveaux sont épais et lourds, ils résistent à l'action

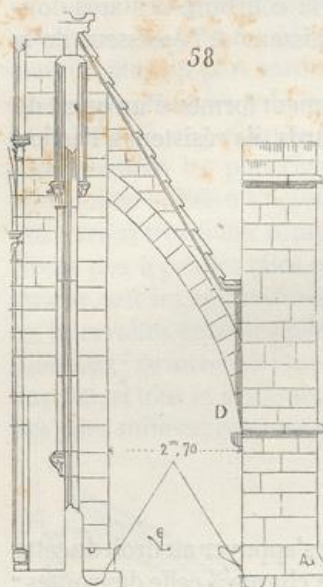


de la poussée des voûtes par leur poids, et venant s'appuyer au droit de cette poussée, ils ajoutent sur les piles A une nouvelle charge à celle des voûtes ; c'est une pesanteur inerte venant neutraliser une poussée oblique. Quand on comprit mieux la véritable fonction des arcs-boutants, on vit qu'on pouvait, comme nous l'avons dit déjà, opposer à la poussée oblique une résistance oblique et non-seulement ne plus charger les piles A d'un surcroît de poids, mais même les soulager d'une partie du poids des voûtes. D'ailleurs on avait pu observer que les arcs-boutants étant tracés suivant un quart de cercle, se relevaient au point B lorsque la poussée des voûtes était considérable, et que le poids des claveaux des arcs n'était pas exactement calculé de manière à conserver leur courbure. Dès lors les arcs-boutants furent cintrés sur une portion de cercle dont le centre était placé en dedans des piles des nefs (57) ;



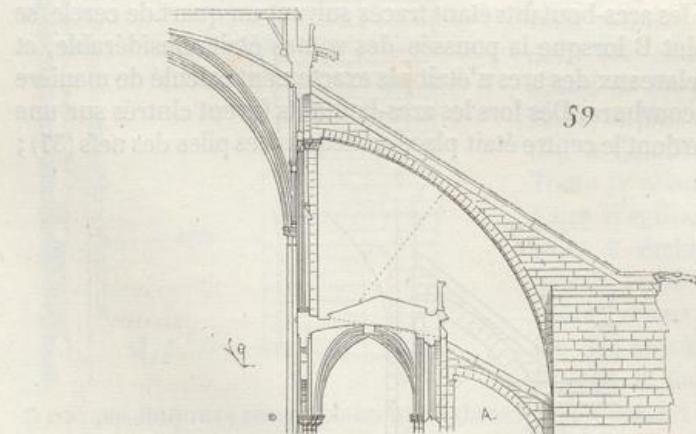
ils remplissaient ainsi la fonction d'un étai, n'opposaient plus une force pas-

siye à une force active, mais venaient porter une partie du poids de la voûte, en même temps qu'ils maintenaient son action latérale, et déchargeaient d'autant les piles A. Si, par une raison d'économie, ou faute de place, les culées C ne pouvaient avoir une grande épaisseur, les arcs-boutants devenaient



presque des piles inclinées, très-légèrement cintrées, opposant aux poussées une résistance considérable, et reportant cette poussée presque verticalement sur les contreforts. On voit des arcs-boutants ainsi construits dans l'église Notre-Dame de Semur en Auxois (58), monument que nous citerons souvent à cause de son exécution si belle et de l'admirable entente de son mode de construction. Toutefois des arcs-boutants ainsi construits ne pouvaient maintenir que des voûtes d'une faible portée (celles de Notre-Dame de Semur n'ont que 8 mètres d'ouverture), et dont la poussée se rapprochait de la verticale par suite de l'acuité des arcs-doubleaux, car ils se seraient certainement déversés en pivotant sur leur sommier D, si les arcs-doubleaux se rapprochant du plein cintre

eussent eu par conséquent la propriété de pousser suivant un angle voisin de 45 degrés. Dans ce cas, tout en cintrant les arcs-boutants sur un arc d'un très-grand rayon, et d'une courbure peu sensible par conséquent, on avait le soin de les charger puissamment au-dessus de leur naissance, près

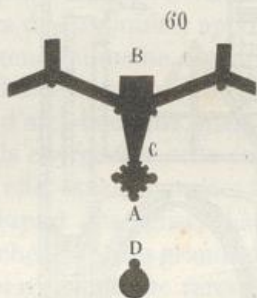


de la culée, pour éviter le déversement. Ce système a été adopté dans la construction des immenses arcs-boutants de Notre-Dame de Paris, refaits au xiv^e siècle (59). Ces arcs prodigieux, qui n'ont pas moins de 15 mètres

de rayon, furent élevés par suite de dispositions tout exceptionnelles (voy. CATHÉDRALE); c'est là un fait unique.

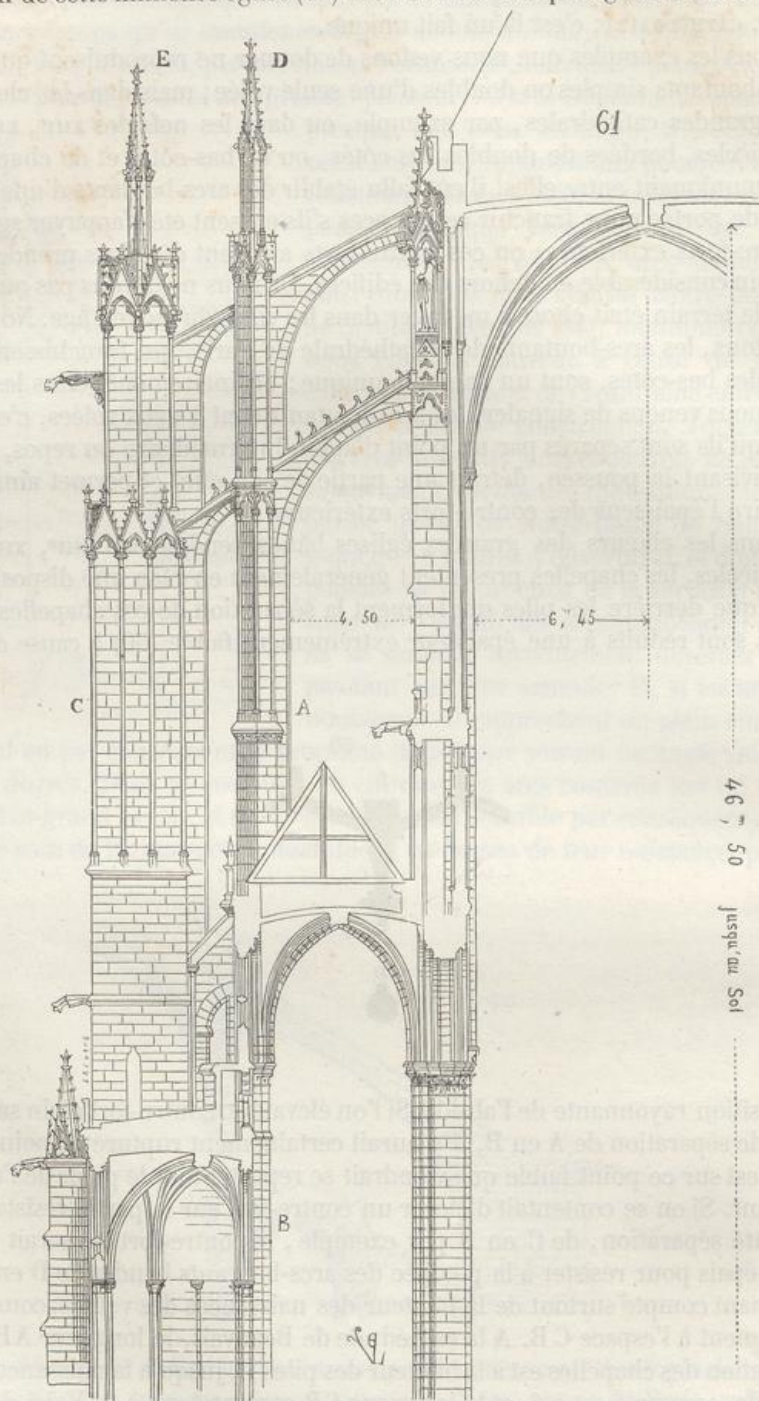
Tous les exemples que nous venons de donner ne reproduisent que des arcs-boutants simples ou doubles d'une seule volée; mais dans les chœurs des grandes cathédrales, par exemple, ou dans les nefs des XIII^e, XIV^e et XV^e siècles, bordées de doubles bas-côtés, ou de bas-côtés et de chapelles communiquant entre elles, il eût fallu établir des arcs-boutants d'une trop grande portée pour franchir ces espaces s'ils eussent été s'appuyer sur les contre-forts extérieurs, ou ces contre-forts auraient dû alors prendre un terrain considérable en dehors des édifices. Or nous ne devons pas oublier que le terrain était chose à ménager dans les villes du moyen âge. Nous le répétons, les arcs-boutants de la cathédrale de Paris, qui franchissent les doubles bas-côtés, sont un exemple unique; ordinairement, dans les cas que nous venons de signaler, les arcs-boutants sont à deux volées, c'est-à-dire qu'ils sont séparés par un point d'appui intermédiaire ou repos, qui, en divisant la poussée, détruit une partie de son effet et permet ainsi de réduire l'épaisseur des contre-forts extérieurs.

Dans les chœurs des grandes églises bâties pendant les XIII^e, XIV^e et XV^e siècles, les chapelles présentent généralement en plan une disposition telle que derrière les piles qui forment la séparation de ces chapelles, les murs sont réduits à une épaisseur extrêmement faible (60) à cause de la



disposition rayonnante de l'abside. Si l'on élevait un contre-fort plein sur le mur de séparation de A en B, il y aurait certainement rupture au point C, car c'est sur ce point faible que viendrait se reporter tout le poids de l'arc-boutant. Si on se contentait d'élever un contre-fort sur la partie résistante de cette séparation, de C en B par exemple, le contre-fort ne serait pas assez épais pour résister à la poussée des arcs-boutants bandés de D en C, en tenant compte surtout de la hauteur des naissances des voûtes, comparativement à l'espace C B. A la cathédrale de Beauvais, la longueur AB de séparation des chapelles est à la hauteur des piles D, jusqu'à la naissance de la voûte, comme 1 est à 6, et la longueur CB comme 1 est à 9. Voici donc comment les constructeurs du XIII^e siècle établirent les arcs-boutants du

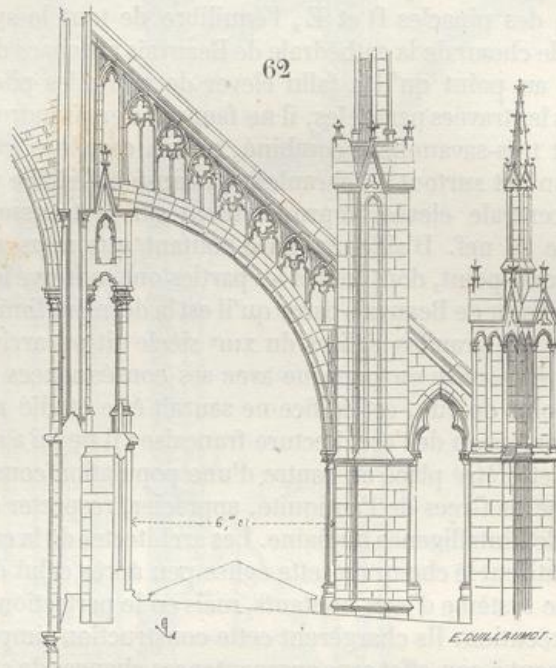
chœur de cette immense église (61). Pour laisser une plus grande résistance



à la culée des contre-forts A C, ils ne craignirent pas de poser la pile A en

porte-à-faux sur la pile B, calculant avec raison que la poussée des deux arcs-boutants supérieurs tendait à faire incliner cette pile A, et reportait sa charge sur son parement extérieur à l'aplomb de la pile B. Laissant un vide entre la pile A et le contre-fort C, ils bandèrent deux autres petits arcs-boutants dans le prolongement des deux grands, et surent ainsi maintenir l'aplomb de la pile intermédiaire A chargée par le pinacle D. Grâce à cette division des forces des poussées et à la stabilité donnée à la pile A et au contre-fort C par ce surcroît de pesanteur obtenu au moyen de l'adjonction des pinacles D et E, l'équilibre de tout le système s'est conservé ; et si le chœur de la cathédrale de Beauvais a menacé de s'écrouler au *xiv^e* siècle, au point qu'il a fallu élever de nouvelles piles entre les anciennes dans les travées parallèles, il ne faut pas s'en prendre au système adopté, qui est très-savamment combiné, mais à certaines imperfections dans l'exécution, et surtout à l'ébranlement causé à l'édifice par la chute de la flèche centrale élevée imprudemment sur le transept avant la construction de la nef. D'ailleurs, l'arc-boutant que nous donnons ici appartient au rond-point, dont toutes les parties ont conservé leur aplomb. Nous citons le chœur de Beauvais parce qu'il est la dernière limite à laquelle la construction des grandes églises du *xiii^e* siècle ait pu arriver. C'est la théorie du système mise en pratique avec ses conséquences même exagérées. A ce point de vue, cet édifice ne saurait être étudié avec trop de soin. C'est le Parthénon de l'architecture française ; il ne lui a manqué que d'être achevé, et d'être placé au centre d'une population conservatrice et sachant, comme les Grecs de l'antiquité, apprécier, respecter et vanter les grands efforts de l'intelligence humaine. Les architectes de la cathédrale de Cologne, qui bâtirent le chœur de cette église peu après celui de Beauvais, appliquèrent ce système d'arcs-boutants, mais en le perfectionnant sous le rapport de l'exécution. Ils chargèrent cette construction simple de détails infinis qui nuisent à son effet sans augmenter ses chances de stabilité (voy. CATHÉDRALE). Dans la plupart des églises bâties au commencement du *xiii^e* siècle, les eaux des chéneaux des grands combles s'égouttaient par les larmiers des corniches, et n'étaient que rarement dirigées dans des canaux destinés à les rejeter promptement en dehors du périmètre de l'édifice (voy. CHÉNEAU) ; on reconnut bientôt les inconvénients de cet état de choses, et, vers le milieu du *xiii^e* siècle, on eut l'idée de se servir des arcs-boutants supérieurs comme d'aqueducs pour conduire les eaux des chéneaux des grands combles à travers les têtes des contre-forts ; on évitait ainsi de longs trajets, et on se débarrassait des eaux de pluie par le plus court chemin. Ce système fut adopté dans le chœur de la cathédrale de Beauvais (fig. 61). Mais on était amené ainsi à élever la tête des arcs-boutants supérieurs jusqu'à la corniche des grands combles, c'est-à-dire bien au-dessus de la poussée des voûtes, comme à Beauvais, ou à conduire les eaux des chéneaux sur ces arcs-boutants au moyen de coffres verticaux en pierre qui avaient l'inconvénient de causer des infiltrations au droit des reins des voûtes. La poussée de ces arcs-boutants supérieurs, agissant à la tête des

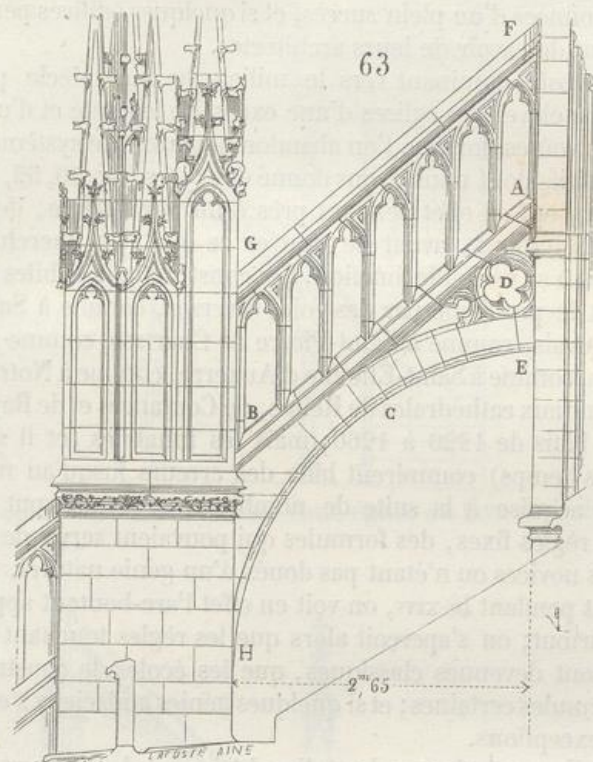
murs, pouvait causer des désordres dans la construction. On remplaça donc, vers la fin du ^{xiii}^e siècle, les arcs-boutants supérieurs par une construction à claire-voie, véritable aqueduc incliné qui étré sillonnait les têtes des murs, mais d'une façon passive et sans pousser. C'est ainsi que furent construits les arcs-boutants du chœur de la cathédrale d'Amiens, élevés vers 1260 (62). Cette première tentative ne fut pas heureuse. Les



arcs-boutants, trop peu chargés par ces aqueducs à jour, purent se maintenir dans le rond-point, là où ils n'avaient à contre-butter que la poussée d'une seule nervure de la voûte ; mais, dans la partie parallèle du chœur, là où il fallait résister à la poussée combinée des arcs doubleaux et des arcs ogives, les arcs-boutants se soulevèrent, et au ^{xv}^e siècle on dut bander, en contre-bas des arcs primitifs, de nouveaux arcs d'un plus grand rayon, pour neutraliser l'effet produit par la poussée des grandes voûtes. Cette expérience profita aux constructeurs des ^{xiv}^e et ^{xv}^e siècles, qui combinèrent dès lors les aqueducs surmontant les arcs-boutants, de façon à éviter ce *relèvement* dangereux. Toutefois, ce système d'aqueducs appartient particulièrement aux églises de Picardie, de Champagne et du nord, et on le voit rarement employé avant le ^{xvi}^e siècle dans les monuments de l'Île-de-France, de la Bourgogne et du nord-ouest.

Voici comment, au ^{xv}^e siècle, l'architecte qui réédifia en grande partie

le chœur de l'église d'Eu sut prévenir le relèvement des arcs-boutants surmontés seulement de la trop faible charge des aqueducs à jour. Au lieu de poser immédiatement les pieds-droits de l'aqueduc sur l'extrados de l'arc (63), comme dans le chœur de la cathédrale d'Amiens, il établit



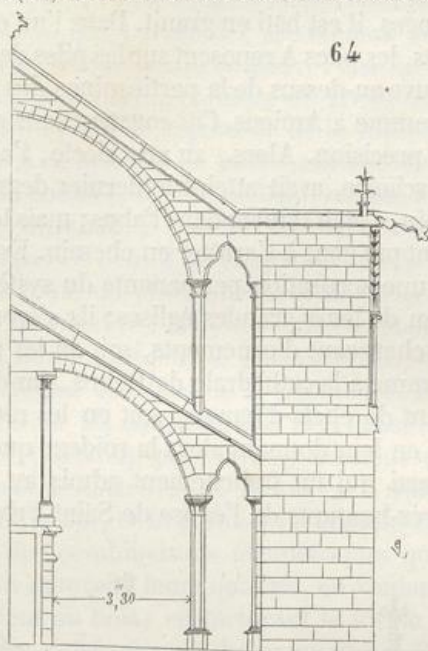
d'abord sur cet extradós un premier *étau* de pierre AB. Cet étau est appareillé comme une plate-bande retournée, de façon à opposer une résistance puissante au relèvement de l'arc produit au point C par la poussée de la voûte ; c'est sur ce premier étau, rendu inflexible, que sont posés les pieds-droits de l'aqueduc, pouvant dès lors être allégé sans danger. D'après ce système, les ajours D ne sont que des étrésoillons qui sont destinés à empêcher toute déformation de l'arc de E en C ; l'arc ECH et sa tangente AB ne forment qu'un corps homogène parfaitement rigide par suite des forces contraires qui se neutralisent en agissant en sens inverse. L'inflexibilité de la première ligne AB étant opposée au relèvement de l'arc, le chaperon FG conserve la ligne droite et forme un second étau de pierre qui maintient encore les poussées supérieures de la voûte ; la figure ECHFG présente toute la résistance d'un mur plein sans en avoir le poids. Ces arcs-boutants sont à doubles volées, et le même principe est adopté dans la construction de chacune d'elles.

L'emploi de l'arc-boutant dans les grands édifices exige une science approfondie de la poussée des voûtes, poussée qui, comme nous l'avons dit plus haut, varie suivant la nature des matériaux employés, leur poids et leur degré de résistance. Il ne faut donc pas s'étonner si de nombreuses tentatives faites par des constructeurs peu expérimentés ne furent pas toujours couronnées d'un plein succès, et si quelques édifices périrent par suite du défaut de savoir de leurs architectes.

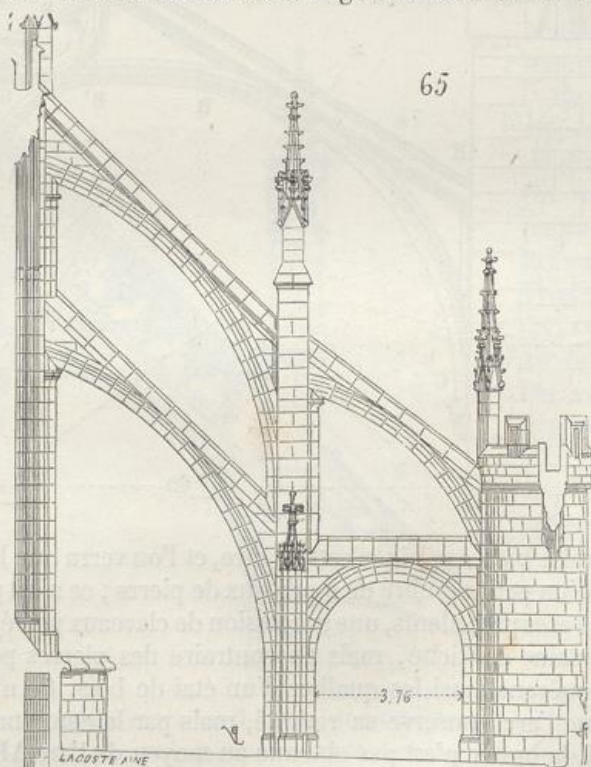
Lorsque le goût dominant vers le milieu du ^{xiii}e siècle poussa les constructeurs à élever des églises d'une excessive légèreté et d'une grande élévation sous voûtes, lorsque l'on abandonna partout le système des arcs-boutants primitifs dont nous avons donné des types (fig. 50, 52, 54), il dut y avoir, et il y eut en effet pendant près d'un demi-siècle, des tâtonnements, des hésitations, avant de trouver ce que l'on cherchait : l'arc-boutant réduit à sa véritable fonction. Les constructeurs habiles résolurent promptement le problème par des voies diverses, comme à Saint-Denis, comme à Beauvais, comme à Saint-Pierre de Chartres, comme à la cathédrale du Mans, comme à Saint-Étienne d'Auxerre, comme à Notre-Dame de Semur, comme aux cathédrales de Reims, de Coutances et de Bayeux, etc., tous édifices bâtis de 1220 à 1260; mais les inhabiles (et il s'en trouve dans tous les temps) commirent bien des erreurs jusqu'au moment où l'expérience acquise à la suite de nombreux exemples put permettre d'établir des règles fixes, des formules qui pouvaient servir de guide aux constructeurs novices ou n'étant pas doués d'un génie naturel. A la fin du ^{xiii}e siècle, et pendant le ^{xiv}e, on voit en effet l'arc-boutant appliqué sans hésitation partout; on s'aperçoit alors que les règles touchant la stabilité des voûtes sont devenues classiques, que les écoles de construction ont admis des formules certaines; et si quelques génies audacieux s'en écartent, ce sont des exceptions.

Il existe en France trois grandes églises bâties pendant le ^{xiv}e siècle, qui nous font voir jusqu'à quel point ces règles sur la construction des voûtes et des arcs-boutants étaient devenues fixes : ce sont les cathédrales de Clermont-Ferrand, de Limoges et de Narbonne. Ces trois édifices sont l'œuvre d'un seul homme, ou au moins d'une école particulière, et bien qu'ils soient élevés tous trois au delà de la Loire, ils appartiennent à l'architecture du nord. Comme plan et comme construction, ces trois églises présentent une complète analogie et ne diffèrent que par leur décoration; leur stabilité est parfaite; un peu froides, un peu trop soumises à des règles *classiques*, elles sont par cela même intéressantes à étudier pour nous aujourd'hui. Les arcs-boutants de ces trois édifices (les chœurs seuls ont été construits à Limoges et à Narbonne) sont combinés avec un grand art et une connaissance approfondie des poussées des voûtes; aussi dans ces trois cathédrales, très-légères d'ailleurs comme système de bâtisse, les piles sont restées parfaitement verticales dans toute leur hauteur, les voûtes n'ont pas une lézarde, les arcs-boutants ont conservé toute la pureté primitive de leur courbe.

Nous donnons ici (64) un des arcs-boutants de la cathédrale de Clermont-

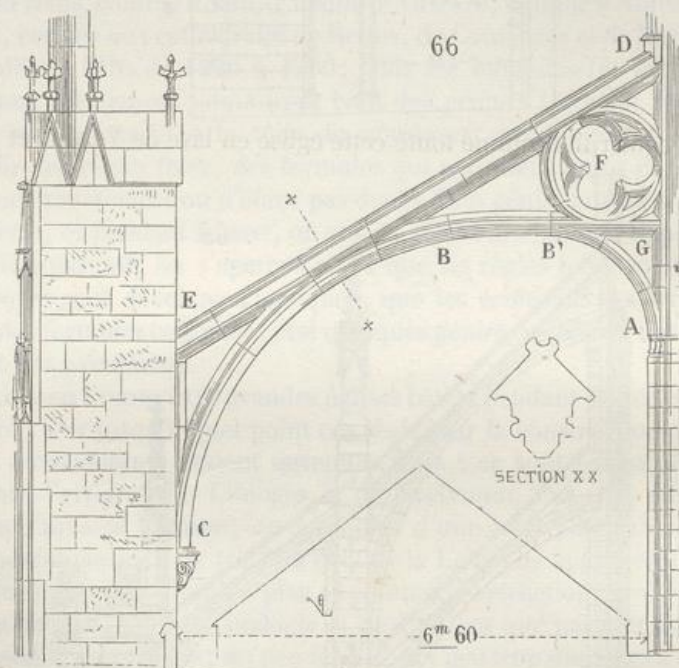


Ferrand, construits comme toute cette église en lave de Volvic; et (65) un



des arcs-boutants de la cathédrale de Narbonne, construits en pierre de

Sainte-Lucie, qui est un calcaire fort résistant. Quant au chœur de la cathédrale de Limoges, il est bâti en granit. Dans l'un comme dans l'autre de ces arcs-boutants, les piles A reposent sur les piles de tête des chapelles, et le vide AB se trouve au-dessus de la partie mince des murs de séparation de ces chapelles, comme à Amiens. Ces constructions sont exécutées avec une irréprochable précision. Alors, au xiv^e siècle, l'arc-boutant, sous le point de vue de la science, avait atteint le dernier degré de la perfection; vouloir aller plus loin, c'était tomber dans l'abus; mais les constructeurs du moyen âge n'étaient pas gens à s'arrêter en chemin. Évidemment ces *étais* à demeure étaient une accusation permanente du système général adopté dans la construction de leurs grandes églises; ils s'évertuaient à les dissimuler, soit en les chargeant d'ornements, soit en les masquant avec une grande adresse, comme à la cathédrale de Reims, par des têtes de contre-forts qui sont autant de chefs-d'œuvre, soit en les réduisant à leur plus simple expression, en leur donnant alors la roideur que doit avoir un étai. C'est ce dernier parti qui fut franchement admis au xiv^e siècle dans la construction des arcs-boutants de l'église de Saint-Urbain de Troyes (66).

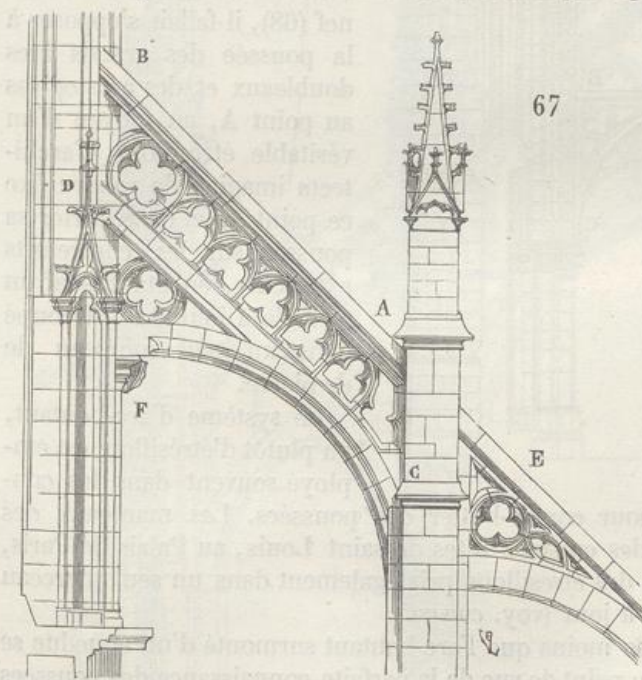


Que l'on veuille bien examiner cette figure, et l'on verra que l'arc-boutant se compose d'un petit nombre de morceaux de pierre; ce n'est plus, comme dans tous les arcs précédents, une succession de claveaux peu épais, conservant une certaine élasticité, mais au contraire des pierres posées bout à bout, et acquérant ainsi les qualités d'un étai de bois. Ce n'est plus par la charge que l'arc conserve sa rigidité, mais par la combinaison de son appareil. Ici, la buttée n'est pas obtenue au moyen de l'arc ABC, mais par l'étai de pierre DE. L'arc ABC, dont la flexibilité est d'ailleurs neutralisée

par l'horizontale BG et le cercle F, n'est là que pour empêcher l'étau DE de fléchir. Si l'architecte qui a tracé cet arc-boutant eût pu faire tailler le triangle DBG dans un seul morceau de pierre, il se fût dispensé de placer le lien AB'. Toutefois, pour oser appareiller un arc-boutant de cette façon, il fallait être bien sûr du point de la poussée de la voûte et de la direction de cette poussée, car si ce système de buttée eût été placé un peu au-dessus ou au-dessous de la poussée, si la ligne DE n'eût pas été inclinée suivant le seul angle qui lui convenait, il y aurait eu rupture au point B. Pour que cette rupture n'ait pas eu lieu, il faut supposer que la résultante des pressions diverses de la voûte agit absolument suivant la ligne DE. Ce n'est donc pas trop s'avancer que de dire : le système de l'arc-boutant, au ^{xiv}e siècle, était arrivé à son développement le plus complet. Mais on peut avoir raison suivant les règles absolues de la géométrie, et manquer de sens. L'homme qui a dirigé les constructions de l'église de Saint-Urbain de Troyes était certes beaucoup plus savant, meilleur géomètre que ceux qui ont bâti les nefs de Chartres, de Reims ou d'Amiens ; cependant ces derniers ont atteint le but, et le premier l'a dépassé en voulant appliquer ses matériaux à des combinaisons géométriques qui sont en complet désaccord avec leur nature et leurs qualités, en voulant donner à la pierre le rôle qui appartient au bois, en torturant la forme et l'art enfin, pour se donner la puérile satisfaction de les soumettre à la solution d'un problème de géométrie. Ce sont là de ces exemples qui sont aussi bons à

étudier qu'ils sont mauvais à suivre.

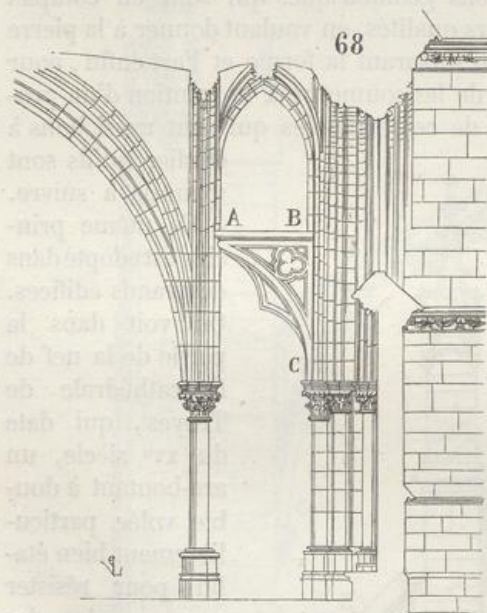
Ce même principe est adopté dans de grands édifices. On voit dans la partie de la nef de la cathédrale de Troyes, qui date du ^{xv}e siècle, un arc-boutant à double volée particulièrement bien établi pour résister aux poussées des grandes voûtes. Il se compose de deux buttées rigides de pierre réunies par une arcature à jour (67) ; la buttée inférieure



est tangente à l'extrados de l'arc, de manière à reporter la poussée sur la naissance de cet arc, en le laissant libre toutefois par la disposition de l'ap-

pareil. Les pieds-droits de l'arcature à jour sont perpendiculaires à la direction des deux buttées, et les étré sillonnent ainsi beaucoup mieux que s'ils étaient verticaux, comme dans les arcs-boutants des chœurs de la cathédrale d'Amiens et de l'église d'Eu, donnés figures 62 et 63. Ces deux buttées rigides AB, CD, ne sont pas parallèles, mais se rapprochent en AC comme deux étais de bois, afin de mieux reporter la poussée agissant de B en F sur l'arc-boutant unique de la première volée E. La buttée rigide AB sert d'aqueduc pour les eaux du comble. Par le fait, cette construction est plus savante que gracieuse, et l'art ici est complètement sacrifié aux combinaisons géométriques.

Ce système d'arcs-boutants à jour, rigides, fut quelquefois employé avec bien plus de raison lorsqu'il s'agissait de maintenir une poussée agissant sur un vide étroit, comme dans la Sainte-Chapelle basse de Paris (xiii^e siècle). Là, cet arc-boutant se compose d'une seule pierre évidée venant opposer une résistance fort légère en apparence, mais très-rigide en réalité, à la pression d'une voûte. La Sainte-Chapelle basse du Palais se compose d'une nef et de deux bas-côtés étroits, afin de diminuer la portée des voûtes



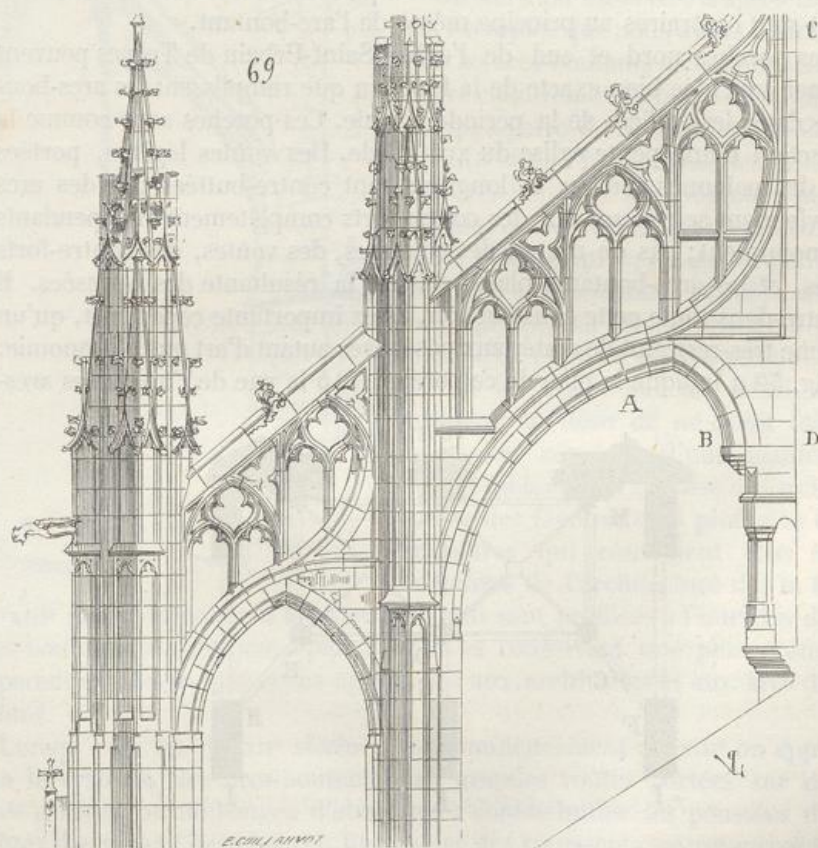
dont on voulait éviter de faire descendre les naissances trop bas; mais les voûtes de ces bas-côtés atteignant la hauteur sous clef des voûtes de la nef (68), il fallait s'opposer à la poussée des grands arcs doubleaux et des arcs ogives au point A, au moyen d'un véritable étré sillon. L'architecte imagina de rendre fixe ce point A, et de reporter sa poussée sur les contreforts extérieurs, en établissant un triangle à jour ABC découpé dans un seul morceau de de pierre.

Ce système d'arc-boutant, ou plutôt d'étré sillon, est employé souvent dans les constructions civiles pour contre-butter des poussées. Les manteaux des quatre cheminées des cuisines dites de saint Louis, au Palais de Paris, sont maintenus par des étré sillons pris également dans un seul morceau de pierre découpé à jour (voy. CUISINE).

Il n'en résulte pas moins que l'arc-boutant surmonté d'un aqueduc se perfectionne sous le point de vue de la parfaite connaissance des poussées pendant les xiv^e et xv^e siècles, comme l'arc-boutant simple ou double. Les constructeurs arrivent à calculer exactement le poids qu'il faut donner aux

aqueducs à jour pour empêcher le soulèvement de l'arc. Le caniveau qui couronne l'aqueduc devient un étai par la force qu'on lui donne aussi bien que par la manière dont il est appareillé.

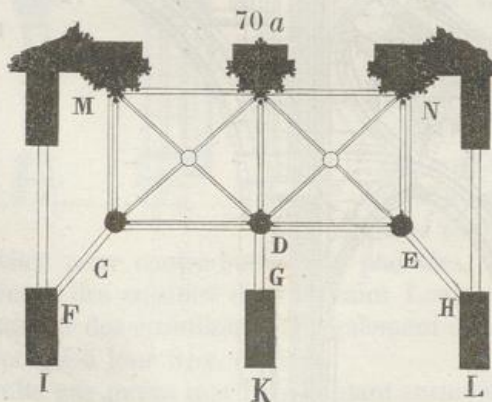
Comme il arrive toujours lorsqu'un système adopté est poussé à ses dernières limites, on finit par perdre la trace du principe qui l'a développé. A la fin du ^{xv}^e siècle et pendant le ^{xv}^e, les architectes prétendirent si bien améliorer la construction des arcs-boutants, qu'ils oublièrent les conditions premières de leur stabilité et de leur résistance; au lieu de les former d'un simple arc de cercle venant franchement contre-butter les poussées, soit par lui-même, soit par sa combinaison avec une construction rigide servant d'étai, ils leur donnèrent des courbes composées, les faisant porter sur les piles des nefs en même temps qu'ils maintenaient l'écartement des voûtes. Ils ne tenaient plus compte ainsi de cette condition essentielle du glissement des têtes d'arcs, dont nous avons expliqué plus haut l'utilité; ils fendaient à pousser les piles en dedans, au-dessous et en sens inverse de la poussée des voûtes. Nous donnons ici (69) un des arcs-boutants de la



nef de l'église Saint-Wulfrand d'Abbeville, construit d'après ce dernier

principe pendant les premières années du ^{xv}^e siècle. Ces arcs ont produit et subi de graves désordres par suite de leur disposition vicieuse. Les contre-forts extérieurs ont tassé ; il s'est déclaré des ruptures et des écrasements aux points A des arcs, les sommiers B ayant empêché le glissement qui aurait pu avoir lieu sans de grands inconvénients. Les arcs rompus aux points A ne contre-buttent plus les voûtes, qui poussent et écrasent, par le déversement des murs, les aqueducs supérieurs ; en même temps ces arcs, déformés, chargés par ces aqueducs qui subissent la pression des voûtes, agissent puissamment sur les sommiers B, et, poussant dès lors les piliers vers l'intérieur à la naissance des voûtes, augmentent encore les causes d'écartement. Pour nous expliquer en peu de mots, lorsque des arcs-boutants sont construits d'après ce système, la poussée des voûtes qui agit de C en D charge l'arc A verticalement, en augmentant la pression des pieds-droits de l'aqueduc. Cette charge verticale, se reportant sur une construction élastique, pousse de A en B. Or, plus la poussée de A en B est puissante, et plus la poussée des voûtes agit en C par le renversement de la ligne DC. Donc les sommiers placés à la tête des arcs-boutants en B sont contraires au principe même de l'arc-boutant.

Les porches nord et sud de l'église Saint-Urbain de Troyes peuvent donner une idée bien exacte de la fonction que remplissent les arcs-boutants dans les édifices de la période ogivale. Ces porches sont comme la dissection d'une petite église du ^{xiv}^e siècle. Des voûtes légères, portées sur des colonnes minces et longues, sont contre-buttées par des arcs qui viennent se reposer sur des contre-forts complètement indépendants du monument ; pas de murs : des colonnes, des voûtes, des contre-forts isolés, et les arcs-boutants placés suivant la résultante des poussées. Il n'entre dans toute cette construction, assez importante cependant, qu'un volume très-restreint de matériaux posés avec autant d'art que d'économie. La fig. 70 a indique le plan de ce porche, 70 b la vue de l'un de ses arcs-

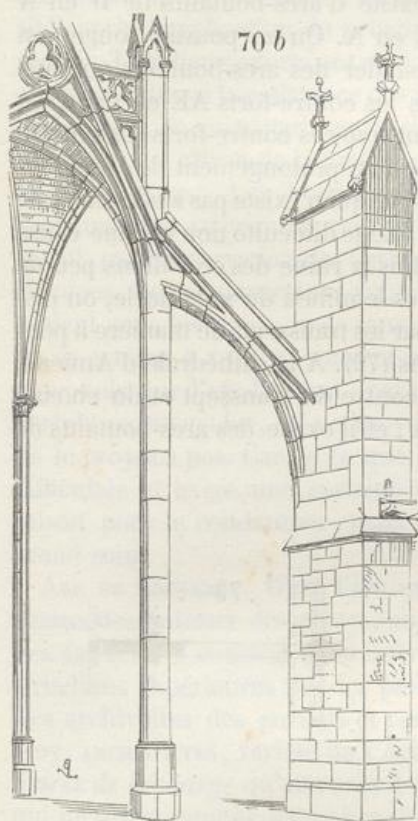


boutants d'angle. Comme dans toutes les bonnes constructions de cette époque, l'arc-boutant ne fait que s'appuyer contre la colonne, juste au point de la poussée, étayant le sommier qui reçoit les arcs doubleaux,

les archivolttes et les arcs ogives. Au-dessus des arcs-boutants les contre-forts sont rendus plus stables par des pinacles, et les colonnes elles-mêmes sont chargées et roidies par les pyramidions qui les surmontent. Il est aisé de comprendre, en examinant le plan A, comment les deux voûtes du porche, qui reposent d'un côté sur le mur du transept et de l'autre sur les trois colonnes CDE, ne peuvent se maintenir sur des points d'appui aussi grêles qu'au moyen de la buttée des trois arcs-boutants CF, DG, EH, reportant les résultantes de leurs poussées sur les trois contre-forts IKL. L'espace MCDEN est seul couvert, et forme comme

un grand dais suspendu sur de frêles colonnes. Cette élégante construction n'a éprouvé ni mouvement ni déversement, malgré son extrême légèreté, et quoiqu'elle ait été laissée dans les plus mauvaises conditions depuis longtemps.

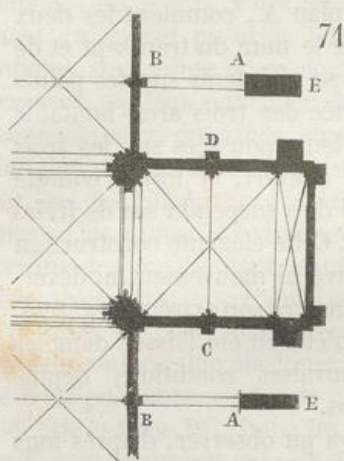
On aura pu observer, d'après tous les exemples que nous avons donnés, que les arcs-boutants ne commencent à être chanfreinés ou ornés de moulures qu'à partir de la deuxième moitié du ^{xiii}e siècle. En général, les profils des arcs-boutants sont toujours plus simples que ceux des arcs doubleaux ; il est évident qu'on craignait d'affaiblir les arcs-boutants exposés aux intempéries par des évidements de moulures, et qu'en se laissant entraîner à les tailler sur un profil, on obéissait au désir de ne point faire contraster ces arcs d'une manière désagréable avec la richesse des archivolttes des fenêtres et la profusion de moulures qui couvraient tous les membres de l'architecture dès la fin



du ^{xiii}e siècle. Cependant les moulures qui sont profilées à l'intrados des arcs-boutants sont toujours plus simples et conservent une plus grande apparence de force que celles appliquées aux archivolttes et aux arcs des voûtes.

Lorsqu'à la fin du ^{xii}e siècle et au commencement du ^{xiii}e on appliqua le système des arcs-boutants aux grandes voûtes portées sur des piles isolées, on ne songea d'abord qu'à contre-bouter les poussées des voûtes des nefs et des chœurs. Les voûtes des transepts, se retournant à angle droit, n'étaient contre-butées que par des contre-forts peu saillants. On se fiait sur le peu de longueur des croisillons composés de deux ou trois

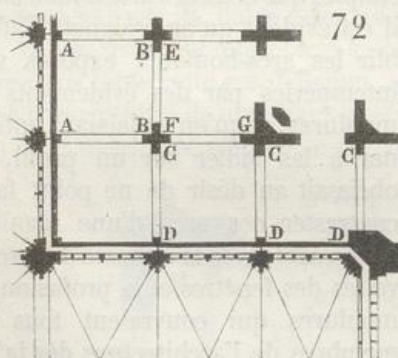
travées de voûtes, on supposait que les buttées des contre-forts des pignons et celles des murs des nefs suffisaient pour maintenir la poussée des arcs doubleaux entre ces buttées. A la cathédrale de Paris,



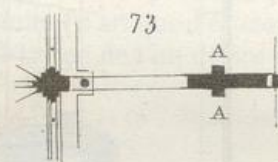
71

par exemple (71), il a toujours existé des arcs-boutants de A en B pour maintenir la poussée des voûtes de la nef et du chœur; mais l'écartement des voûtes des croisillons n'est maintenu que par les deux contre-forts minces D et C, et il n'a jamais existé d'arcs-boutants de D en A et de C en A. On ne pouvait songer en effet à bander des arcs-boutants qui eussent pris les contre-forts AE en flanc, en admettant que ces contre-forts fussent arrivés jusqu'au prolongement de l'arc doubleau CD, ce qui n'existe pas à la cathédrale de Paris. Cette difficulté non résolue causa quelquefois la ruine des croisillons peu de

temps après leur construction. Aussi, dès le milieu du ^{xiii}^e siècle, on disposa les contre-forts des angles formés par les transepts de manière à pouvoir butter les voûtes dans les deux sens (72). A la cathédrale d'Amiens, par exemple, ces contre-forts, à la rencontre du transept et du chœur, présentent en plan la forme d'une croix, et il existe des arcs-boutants de



72



73

D en C comme de A en B. Quand les arcs-boutants sont à doubles volées, la première volée est bandée de E en F comme de G en F.

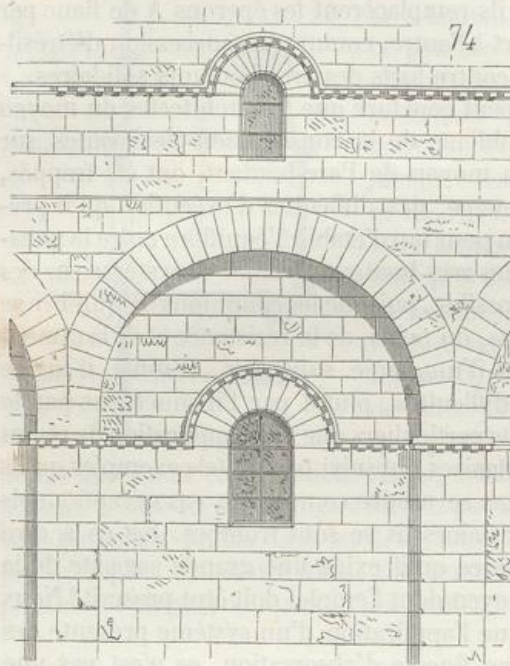
Souvent il arrivait aussi que les arcs-boutants des nefs ou des chœurs, poussant sur la tête de contre-forts très-larges mais très-minces, et qui n'étaient en réalité que des murs (73), comme aux chœurs de Notre-Dame de Paris, de l'église de Saint-Denis, de la cathédrale du Mans, tendaient à faire déverser ces murs; on établit également, vers le milieu du ^{xiii}^e siècle, des éperons latéraux A sur les flancs des contre-forts, pour prévenir ce déversement (voy. CONTRE-FORT).

On ne s'arrêta pas là ; ces masses de constructions élevées pour maintenir les arcs-boutants ne pouvaient satisfaire les constructeurs du xve siècle, qui voulaient que leurs édifices parussent plus légers encore qu'ils ne l'étaient réellement. Dans quelques églises, et notamment dans le chœur de l'église du Mont-Saint-Michel-en-Mer, ils remplacèrent les éperons A de flanc par des arcs bandés d'un contre-fort à l'autre, comme une succession d'étrésillons destinés à rendre tous les contre-forts des arcs-boutants solidaires.

De tout ce qui précède on peut conclure que les architectes du moyen âge, après avoir résolu le problème de la construction des voûtes sur des piles minces et isolées, au moyen de l'arc-boutant, ont été frappés, sitôt après l'application du principe, des difficultés d'exécution qu'il présentait. Tous leurs efforts ont eu pour but d'établir l'équilibre entre la poussée des voûtes et la résistance des arcs-boutants, à baser ce système sur des règles fixes, ce qui n'était pas possible, puisque les conditions d'équilibre se modifient en raison de la nature, du poids, de la résistance et de la dimension des corps. Les hommes d'un génie supérieur, comme il arrive toujours, ont su vaincre ces difficultés, plutôt par l'instinct que par le calcul, par l'observation des faits particuliers que par l'application de règles absolues. Les constructeurs vulgaires ont suivi tels ou tels exemples qu'ils avaient sous les yeux, mais sans se rendre compte des cas exceptionnels qu'ils avaient à traiter ; souvent alors ils se sont trompés. Est-ce à dire pour cela que l'arc-boutant, parce qu'il exige une grande sagacité de la part du constructeur, est un moyen dont l'emploi doit être proscrit ? Nous ne le croyons pas. Car de ce que l'application d'un système présente des difficultés et exige une certaine finesse d'observation, ce n'est pas une raison pour le condamner, mais c'en est une pour l'étudier avec le plus grand soin.

ARC DE DÉCHARGE. C'est l'arc que l'on noie dans les constructions au-dessus des linteaux des portes, au-dessus des vides en général et des parties faibles des constructions inférieures, pour reporter le poids des constructions supérieures sur des points d'appui dont la stabilité est assurée. Les archivoltes des portails et portes sont de véritables arcs de décharge (voy. ARCHIVOLTES, variété de l'Arc) ; toutefois on ne donne guère le nom d'*arcs de décharge* qu'aux arcs dont le parement affleure le nu des murs, qui ne se distinguent des assises horizontales que par leur appareil, et quelquefois cependant par une faible saillie. Dans les constructions romaines élevées en petits matériaux et en blocages, on rencontre souvent des arcs de décharge en briques et en moellons noyés en plein mur ; afin de reporter les pesanteurs sur des points des fondations et soubassements établis plus solidement que le reste de la bâtisse. Cette tradition se conserve encore pendant la période romane. Mais à cette époque les constructions en blocage n'étaient plus en usage, et on ne trouve que très-rarement des arcs destinés à diviser les pesanteurs dans un mur plein. D'ailleurs dans les édifices romans la construction devient presque toujours un motif de décoration, et, lorsqu'en maçonant on avait besoin d'arcs de décharge,

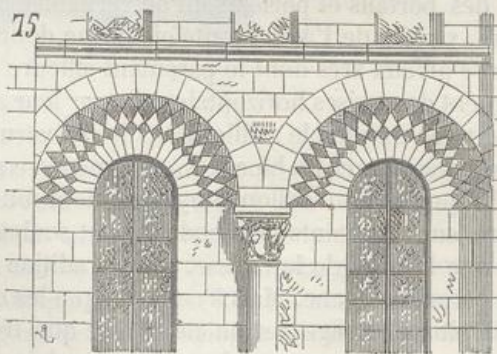
on cherchait à les accuser par une saillie, et même quelquefois par un filet orné ou mouluré à l'extrados. Tels sont les arcs de décharge qui se voient le long du mur des bas-côtés de l'église Saint-Étienne de Nevers (fin du ^x^e siècle) [74]. Ici ces arcs sont surtout destinés à charger



les piles des bas-côtés qui reçoivent les poussées des voûtes; les murs n'étant pas armés de contre-forts, ce surcroît de charge donne aux points d'appui principaux une grande stabilité. C'est un système qui permet d'élever des murs minces entre les piles destinées à recevoir le poids des constructions, il présente par conséquent une économie de matériaux; on le voit appliqué dans beaucoup d'églises du Poitou, de l'Anjou, de l'Auvergne et de la Saintonge pendant la période romane. Inutile d'ajouter que ces arcs de décharge sont toujours ex-

tradossés; puisque leur fonction essentielle est de reporter les charges supérieures sur leurs sommiers, ils doivent tendre à faire glisser les maçonneries sur leurs reins.

Le pignon du transept sud de l'église de Notre-Dame-du-Port à Clermont-Ferrand est ainsi porté sur deux arcs de décharge à l'extérieur, reposant sur une colonne (75). Souvent, dans l'architecture civile des ^x^e et ^{xii}^e siècles,



on rencontre des portes dont les linteaux sont soulagés par des arcs de décharge venant appuyer leurs sommiers sur une *portée* ménagée aux deux

extrémités des linteaux (76) ; quelquefois aussi au-dessus des linteaux on voit une clef posée dans l'assise qui les surmonte, et qui forme ainsi une

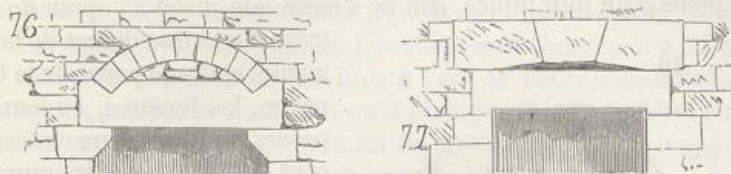
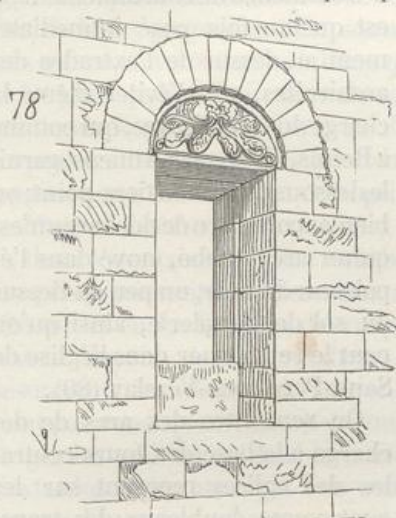


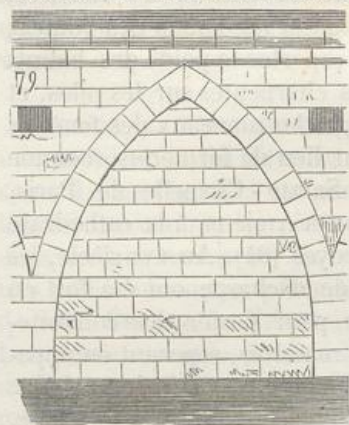
plate-bande appareillée reportant le poids des murs sur les deux pieds-droits (77). Un vide est laissé alors entre l'intrados de la clef et le linteau pour éviter la charge de cette clef en cas de mouvement dans les constructions. Des arcs de décharge sont posés au-dessus des ébrasements intérieurs des portes et des fenêtres dans presque tous les édifices civils du moyen âge.



Ces arcs sont plein cintre [78] (château de Polignac, Haute-Loire, XI^e siècle), rarement en tiers-point, et le plus souvent bombés seulement pour prendre moins de hauteur sous les planchers (voy. FENÊTRE). Pendant la période ogivale, les constructeurs ont à franchir de grands espaces vides ; ils cherchent sans cesse à diminuer à rez-de-chaussée les points d'appui, afin de laisser le plus de place possible à la foule, de ne pas gêner la vue. Ce principe les conduit à établir une partie des constructions supérieures en porte-à-faux. Si dans le travers

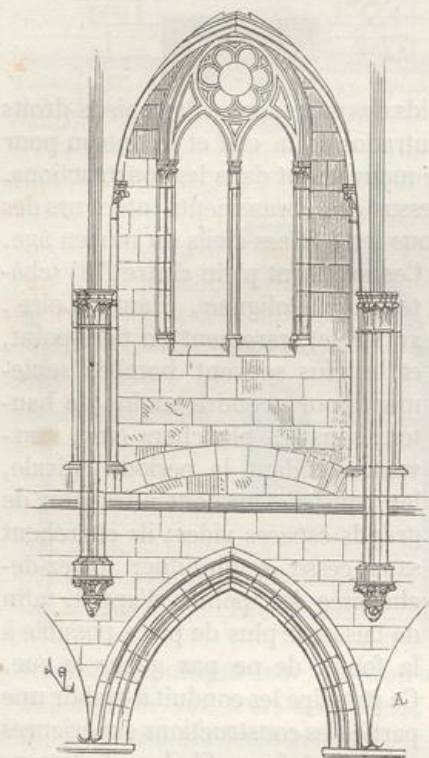
des nefs ils établissent des arcs-boutants au-dessus des bas-côtés, pour reporter la poussée des grandes voûtes à l'extérieur, il faut, dans le sens de la longueur, qu'ils évitent de faire peser les murs des galeries en porte-à-faux sur les voûtes de ces bas-côtés, trop légères pour porter la charge d'un mur si mince qu'il soit. Dès lors, pour éviter le fâcheux effet de ce poids sur des voûtes, des arcs de décharge ont été ménagés dans l'épaisseur des murs de fond des galeries au premier étage. Ces arcs reportent la charge de ces murs sur les sommiers des arcs doubleaux des bas-côtés (voy. CONSTRUCTION, GALERIE, TRIFORIUM).

On trouve des arcs de décharge en tiers-point dans les galeries hautes de Notre-Dame de Paris, dans le triforium des nefs des cathédrales d'Amiens (79),



de Reims, de Nevers. Mais à Amiens, les fenêtres supérieures étant posées sur la claire-voie intérieure du triforium, ces arcs de décharge ne portent que le poids d'un mur mince, qui ne s'élève que jusqu'à l'appui du fenestrage.

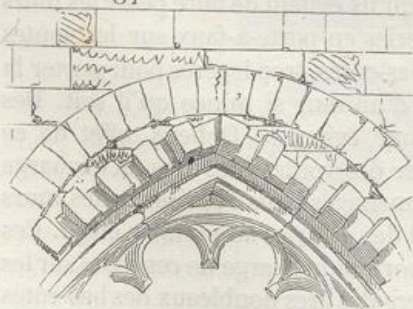
80



Dans les édifices de la Bourgogne, et d'une partie de la Champagne, les fenêtres, au lieu d'être posées sur l'arcature intérieure, sont en retraite sur les murs extérieurs du triforium. Dans ce cas, l'arc de décharge est d'autant plus nécessaire que ce mur extérieur porte avec le fenestrage la bascule des corniches de couronnement; il est quelquefois posé immédiatement au-dessus de l'extrados des archivoltes, afin d'éviter même la charge du remplissage, qui comme à Reims, à Paris et à Amiens, garnit le dessous de l'arc en tiers-point; ou bien encore l'arc de décharge n'est qu'un arc bombé, noyé dans l'épaisseur du mur, un peu au-dessus du sol de la galerie, ainsi qu'on peut le remarquer dans l'église de Saint-Père-sous-Vézelay (80).

On rencontre des arcs de décharge à la base des tours centrales des églises reposant sur les quatre arcs doubleaux des transepts, comme à la cathédrale de Laon; sous les beffrois des clochers, comme à Notre-Dame de Paris. Il en existe aussi au-dessus des voûtes,

81



pour reporter le poids des bahuts et des charpentes sur les piles, et soulager les meneaux des fenêtres tenant lieu de formerets, comme à la Sainte-Chapelle de Paris, comme à Amiens, à la cathédrale de Troyes (81). Au ^{xv}e siècle, les arcs de décharge ont été fort en usage pour porter des constructions massives, reposant en apparence sur des constructions à jour;

pour soulager les cintres des grandes roses du poids des pignons de face.

Il n'est pas besoin de dire que les arcs jouent un grand rôle dans la construction des édifices du moyen âge. Les architectes étaient arrivés, dès

le xiv^e siècle, à acquérir une connaissance parfaite de leur force de résistance et de leurs effets sur les piles et les murs; ils mettaient un soin particulier dans le choix des matériaux qui devaient les composer, dans leur appareil et la façon de leurs joints. L'architecture romaine n'a fait qu'ouvrir la voie dans l'application des arcs à l'art de bâtir; l'architecture du moyen âge l'a parcourue aussi loin qu'il était possible de le faire, au point d'abuser même de ce principe, à la fin du xv^e siècle, par un emploi trop absolu peut-être, et des raffinements poussés à l'excès.

La qualité essentielle de l'arc, c'est l'élasticité. Plus il est étendu, plus l'espace qu'il doit franchir est large, et plus il est nécessaire qu'il soit flexible. Les constructeurs du moyen âge ont parfaitement suivi ce principe en multipliant les joints dans leurs arcs, en les composant de claveaux égaux, toujours extradossés avec soin. Ce n'est qu'au xvi^e siècle, alors que l'art de bâtir, proprement dit, soumettait l'emploi des matériaux à des formes qui ne convenaient ni à leurs qualités, ni à leurs dimensions, que l'arc ne fut plus appliqué en raison de sa véritable fonction. Le principe logique qui l'avait fait admettre cessa de diriger les constructeurs. En imitant ou croyant imiter les formes de l'antiquité romaine, les architectes de la renaissance s'écartaient plus du principe de la construction antique que les architectes des xiv^e et xv^e siècles; ou plutôt, ils n'en tenaient nul compte. Si, dans leurs constructions massives, inébranlables, les Romains avaient compris la nécessité de laisser aux arcs une certaine élasticité en les extradossant, et en les formant de rangs de claveaux concentriques lorsqu'ils avaient besoin de leur donner une grande résistance, à plus forte raison dans les bâtisses du moyen âge, où tout est équilibre, et mouvement par conséquent, devait-on ne pas perdre de vue le principe qui doit diriger les architectes dans la construction des arcs. Du jour où l'on cessa d'extradosser les arcs, où l'on voulut les composer de claveaux inégaux comme dimension, et comme poids par conséquent, les appareiller à *crossettes*, et les relier aux assises horizontales, au moyen de joints droits à la queue, on ne comprit plus la véritable fonction de l'arc (voy. CONSTRUCTION, VOUTE).

ARCADE, s. f. Mot qui désigne l'ensemble d'une ouverture fermée par une archivolt. On dit : *les arcades de ce portique s'ouvrent sur une cour*. Le mot *arcade* est général, il comprend le vide comme le plein, l'archivolte comme les pieds-droits. On dit aussi : *arcade aveugle*, pour désigner une archivolt ou arc de décharge formant avec les pieds-droits une saillie sur un mur plein. Les arcs de décharge des bas-côtés de l'église de Saint-Étienne de Nevers (voy. ARC, fig. 74) sont des arcades aveugles. Les arcades aveugles sont très-souvent employées dans les édifices romans du Poitou, de l'Auvergne, de la Saintonge et de l'Angoumois; toutefois, quand elles sont d'une petite dimension, on les désigne sous le nom d'*arcature* (voy. ce mot). Les constructeurs de l'époque romane donnant aux murs de leurs édifices une forte épaisseur suivant la tradition romaine, et