

Une révolution technique ?

L'apparition de l'architecture gothique ne s'accompagne pas de bouleversements techniques significatifs, mais plutôt d'une évolution lente et irrégulière des méthodes de construction.

> PAR ARNAUD YBERT, DOCTEUR EN HISTOIRE DE L'ART À L'UNIVERSITÉ DE PICARDIE JULES-VERNE

« L'histoire de l'architecture au Moyen Âge n'est que l'histoire de la lutte des architectes contre la poussée et la pesanteur des voûtes » : si l'on en croit cette citation attribuée à Jules Quicherat

par Joris Karl Huysmans (*La Cathédrale*, 1898), l'architecture gothique semble être avant tout une question de mécanique et de technique. La gracilité apparente des plus grandes cathédrales invite en effet à déterminer les moyens à disposition des bâtisseurs, afin de comprendre les contraintes matérielles ayant pu infléchir leurs réalisations et ainsi d'éclairer les conditions de la création.

On ne cherche plus, en revanche, à faire surgir, au détour d'une équation, le secret de l'architecture gothique, d'ailleurs diverse et protéiforme. Son apparition n'a rien de brutal et son développement n'est nullement linéaire. Il est donc vain d'en chercher les raisons dans l'invention d'un procédé révolutionnaire. Elle est le miroir de la bouillonnante société qui l'a produite, laquelle connaît de nombreux changements politiques, économiques, religieux ou philosophiques, car la durée des chantiers et la multiplicité des acteurs font de la réalisation d'une église une œuvre collective. La médiocrité des transports impose l'usage prioritaire des ressources proches du chantier, tant géologiques, agricoles que forestières. Enfin, il n'est pas d'habitant qui ne soit concerné par l'érection d'un édifice de culte.

Il apparaît dès lors que ce qu'on appelle parfois révolution gothique n'est en fait, du point de vue du technicien, qu'une évolution progressive et inconstante. Timide au cours du premier art gothique (1140-1195), elle s'accélère brusquement à l'orée de l'époque classique (1195-1230), puis continue son cours durant la période rayonnante (1230-1350).

Le premier art gothique

L'avènement de l'architecture gothique en Île-de-France survient après presque deux siècles d'une croissance économique qui a vu l'Europe secouer « ses vieux haillons pour se vêtir d'un blanc manteau d'églises » (Raoul Glaber, vers 1040). Peu à peu, les édifices les plus prestigieux se dotent d'élévations rythmées par des travées de plusieurs niveaux bien alignés et articulés que couvrent des voûtes de pierre. Dès 1123, les vaisseaux de l'abbatiale de Cluny III (1088-1130) portent leur couverture en berceau brisé à plus de 30 m de hauteur. L'apparition du nouveau style dans les environs de Paris et la fièvre édilitaire qui s'ensuit ne constituent donc que la continuité de l'élan roman, lequel perdure en Bourgogne ou en Alsace. Les outils, les modes d'échafaudement, les machines utilisées ou l'organisation des chantiers ne semblent pas connaître de transformation notable. Les organes considérés comme spécifiquement gothiques sont en réalité utilisés depuis de nombreuses années.

L'usage de l'arc brisé se rencontre en effet dès la fin du ^x^e siècle. La voûte d'ogives apparaît dans les années 1090 en Angleterre et couvre déjà nombre d'églises du Nord de la France lorsque sont jetées les bases de la nouvelle abbatiale de Saint-Denis (peu avant 1140). L'arc-boutant, bien attesté dès les années 1140, serait peut-être la seule véritable innovation du premier art gothique mais des recherches récentes tendent à en attribuer la paternité au concepteur de Cluny III. Il en va ainsi des autres éléments des plans et des élévations, qui trouvent presque tous un antécédent roman. Nourrie d'un esprit dans lequel le rapport de l'homme à la nature et à son Créateur est profondément renouvelé, l'architecture gothique se fonde sur la place primordiale donnée à la lumière et le décroisement des espaces plutôt que sur tel élément architectural.



© GILLES MERMET/AGF

Les techniques jouent peu de rôle même si l'on voit poindre quelques discrètes nouveautés, comme le retour, vers 1150, des outils de taille à lame brettée (dentée), connus anciennement mais auxquels l'époque romane n'avait pas eu recours. À partir des années 1170, on utilise des barres de fer pour assurer la stabilité d'une construction, comme le prouve le transept sud de la cathédrale de Soissons et ses tirants fixés dans les tribunes. Les repères de pose parfois gravés sur les pierres indiquent une diversification des métiers : les professions de tailleur et d'appareilleur sont différenciées et les deux ouvriers ne peuvent pas communiquer directement. Les premiers édifices

✓ Le chantier d'une cathédrale.

Flavius Josèphe,
Les Antiquités judaïques.
Enluminure de Jean
Fouquet, vers 1410-1420.
Paris, Bibliothèque nationale.



gothiques ne sont ni plus hauts, ni plus larges que les créations romanes les plus importantes ; leurs masses en sont tout aussi étagées et ne suscitent donc pas de plus grandes difficultés de réalisation. Les techniques traditionnelles s'avèrent dès lors adéquates et rien ne justifie d'en changer. La construction des grandes cathédrales impose en revanche des modifications drastiques.

Les grandes modifications du XIII^e siècle

L'érection, au début des années 1190, des cathédrales de Bourges et surtout de Chartres et Reims entraîne des problèmes nouveaux. Si leur hauteur vertigineuse suscite l'admiration, le véritable défi se situe ailleurs, puisque des tours plus anciennes atteignaient sans mal les mêmes sommets. Les difficultés rencontrées résultent de deux facteurs : la nouvelle largeur des édifices impose d'une part la conception de structures provisoires (plateformes, échafaudages) beaucoup plus sophistiquées. La disparition des murs entre les baies complique d'autre part l'ancrage de ces structures indispensables à la réalisation des charpentes ou des voûtes : les maçonneries les plus hautes jouxtent le triforium, une quinzaine de mètres sous la clef de voûte. La méthode la plus facile – monter des échafaudages depuis le sol – aurait nécessité une quantité considérable de bois : or les forêts médiévales, sources essentielles d'approvisionnement en énergie, sont alors très sollicitées, si bien que les grands arbres sont rares dans les régions industrielles.

On préfère donc généralement bâtir des plateformes lancées en encorbellement, attestées par les empreintes de leur fixation visibles dans les murs et un croquis de Villard de Honnecourt. Aucune n'y est à proprement parler représentée, mais on y voit une petite structure triangulée, visiblement en bois, dont il est dit qu'il s'agit d'un pont. Or le constructeur souhaitant lancer une plateforme se retrouve dans la situation de celui qui voudrait franchir un précipice de 35 à 40 m de haut et d'environ 15 m de large.

Rationalisation et économie

Outre les questions purement techniques, la réalisation d'une grande église gothique représente une gageure économique que le gigantisme rend des plus épineuses. Le début du XIII^e siècle voit une rationalisation de la gestion des chantiers. L'analyse des piliers cantonnés (ornés de colonnes dans les angles) des cathédrales de Chartres, Reims et Amiens, commencées entre 1195 et 1220, montre la réduction du nombre de gabarits jusqu'à n'utiliser, au cours du chantier picard, qu'une seule forme de bloc de pierre comme s'il se fût agi de parpaings. Le tailleur et le maçon répètent la même action à chaque assise construite, ce qui représente un évident gain de productivité. Le carnet de Villard de Honnecourt témoigne de l'emploi de « moles » en bois, modèles grâce auxquels les pierres étaient ●●●

●●● Une rationalisation de la gestion des chantiers

directement façonnées en carrière, pour éviter le transport inutile de matière (70 % d'un bloc sont généralement perdus entre l'excavation et la taille). On constate conjointement un enrichissement de la trousse du tailleur qui dispose d'outils mieux adaptés à la diversité des matériaux.

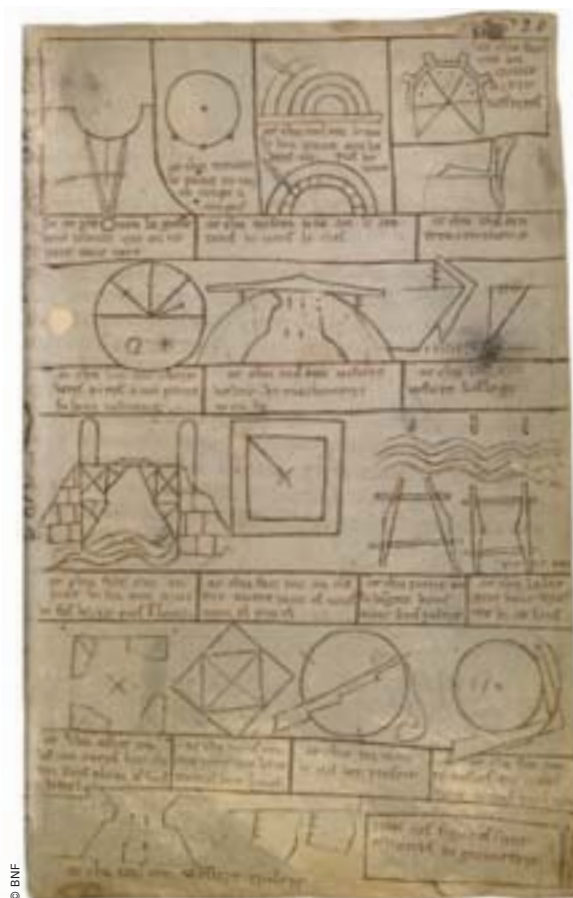
La volonté de hâter la mise en œuvre explique aussi l'emploi de méthodes surprenantes : les pierres de certains organes architecturaux ont été agrafées alors qu'aucun impératif mécanique ne le justifiait. Des liaisons solides étaient ainsi garanties et le chantier poursuivi sans attendre le séchage du mortier. Ces procédés ont permis que le gros œuvre de la cathédrale de Chartres soit achevé en vingt ans.

Les grands chantiers rayonnants

Le deuxième tiers du XIII^e siècle voit la raréfaction des chantiers en Île-de-France, la diffusion de l'architecture gothique vers l'Europe du centre et de l'ouest et la réalisation de projets d'une ambition alors inégalée. On lance des édifices à la fois plus hauts et plus larges, tout en réduisant les murs au profit des baies. Les structures provisoires s'adaptent et deviennent plus légères, tout comme les coffrages pour les voûtes d'ogives dont les soutiens sont directement incorporés aux nervures. Les blocs appartenant à différents organes architecturaux prennent des formes extrêmement complexes que seuls des plans de calepinage prévus à l'avance peuvent rendre réalisables. Le projet d'architecture est programmé et maîtrisé en détail avant le commencement du chantier, ce dont témoigne la multiplication des repères gravés sur les blocs. L'illustration la plus claire de ce phénomène est le développement de la fenêtre châssis : afin de pouvoir créer des remplages multipliant réseaux et polylobes, les constructeurs développent une fenêtre constituée d'éléments en pierre ajustés au sol avant la pose définitive, formant un cadre rigide monté comme une unité non assisée avec le reste de la maçonnerie. De cette manière, la baie résiste au tassement général du mur, l'assemblage gardant ses dimensions inchangées alors que le reste de la construction perd en hauteur lors du séchage du mortier.

Pour résoudre les problèmes que pose l'agrandissement des baies accueillant une mince paroi vitrée soumise au vent et la diminution des parties portantes en pierre, on utilise des quantités importantes de métal, jusqu'à 50 tonnes à la cathédrale de Beauvais. Le fer résiste en effet bien mieux que la pierre, notamment en traction, et peut donc discrètement remplacer de

Le projet d'architecture est programmé et maîtrisé en détail



© BNF

pesantes maçonneries. Il vaut mieux parfois plier que rompre et on recourt également à des galettes de plomb malléables pour mieux supporter les déformations. Ces techniques de pointe sont l'apanage des réalisations les plus ambitieuses car dans les édifices plus petits, les lignes et la modénature adoptent les goûts du jour en conservant les techniques traditionnelles. Les constats sur le terrain posent les jalons d'une histoire populaire des techniques mais ne permettent pas véritablement d'emprunter les méandres de la pensée médiévale qui engendrèrent ces innovations : il faudrait pour cela des sources écrites, presque inexistantes dans ce domaine.

Les ressorts de l'innovation technique

De nos jours, le progrès technique s'appuie sur une recherche fondamentale : il semble au contraire que le lent envol des sciences n'ait pas eu de réel impact sur les savoirs du praticien médiéval. Villard de Honnecourt ne connaissait vraisemblablement pas les théorèmes de Thalès ou de Pythagore, si ce n'est quelques résultats particuliers en découlant. Les constructeurs du XV^e siècle, dont le niveau technique est souvent époustoufflant, n'étaient pas plus savants. Et que dire des meilleurs architectes d'Europe réunis sur le chantier de la cathédrale de Milan, incapables de déterminer la hauteur d'un triangle équilatéral ou la longueur d'un arc de cercle ?

↗ **Carnet de Villard de Honnecourt, vers 1230.** Folio 20.

Manuscrits à peinture, parchemin. Paris, Bibliothèque nationale.

➤ **Les différents corps de métiers au XIII^e siècle.** Vitrail de Lazare et du Mauvais Riche financé par la corporation des maçons (détail), Saint-Étienne de Bourges.

Privés d'une approche théorique du monument, les bâtisseurs semblent suivre quelques règles constructives simples : le respect de l'aplomb, le soin porté à l'appareil et le choix circonstancié du matériau. Les études pétrographiques récentes montrent l'extrême diversité des pierres utilisées au sein d'un même édifice, toujours à bon escient. Les recherches métrologiques et mécaniques révèlent au contraire l'absence de corrélation entre les dimensions d'un organe architectural et les efforts qu'il doit supporter, ces derniers étant très inférieurs aux sollicitations maximales admissibles.

Les outils newtoniens, forces et contraintes, semblent ainsi inaptes à éclairer la conception médiévale des structures. Vus sous cet angle, les arcs brisés et les voûtes d'ogives ne seraient donc pas les géniaux artéfacts permettant de réduire et canaliser les poussées mais des éléments pratiques simplifiant la création architecturale. L'arc-boutant fait exception, car des textes médiévaux précisent qu'il contribue la voûte, encore que les paramètres retenus pour son élaboration diffèrent de ceux que l'ingénieur prendrait aujourd'hui en considération.

SAVOIR +

- COLOMBIER Pierre du. *Les Chantiers des cathédrales* (1953). Paris : Picard, 1992.
- RECHT Roland. *Les Bâtisseurs de cathédrales gothiques*. Strasbourg : Musées de la Ville de Strasbourg, 1989.
- RECHT Roland. *Le Dessin d'architecture : origine et fonctions*. Paris : Adam Biro, 1995.

Un esprit en lien avec son époque

Il semble en fait que la recherche de solutions techniques à l'époque gothique se fonde sur l'observation, comme le montrent quelques textes tardifs (xiv^e et xv^e siècles) dans lesquels les constructeurs rencontrant une difficulté sont invités à visiter des monuments anciens, antiques notamment. L'adoption de méthodes issues d'autres domaines est également envisageable : citons le génie militaire où les machines et les structures en bois démontables étaient d'un emploi courant. La rationalisation du chantier profite aussi du développement de l'industrie au cours du xiii^e siècle. Enfin, la multiplication des contacts entre l'Orient et l'Occident dut également être source de nombreux transferts techniques.

Voilà certainement pourquoi la plupart des inventions de la période gothique sont des redécouvertes de pratiques parfois millénaires. Le constructeur adapte plus qu'il n'innove, ce qui est paradoxal car les progrès sont réels. Mais n'est-ce pas le propre de l'esprit scolastique, si répandu alors, que de créer un raisonnement nouveau qui ne semble s'appuyer que sur des autorités anciennes ? ●

