

HORS-SÉRIE

Le nouvel **Observateur**

LES SECRETS DES CATHÉDRALES

BELG 5.30 € / LUX 5.30 € / SUISSE 8.60 FS / ALL 5.70 € / ESP 5.30 € / ITA 5.30 € / GRECE 5.30 € / PORT(Cont) 5.30 € / TOM 700 XPF /
DOM 5.30 € / RCI 4100 CFA / SGAL 4100 CFA / ZONE CFA 4100 / MAROC 50 DH / TUNISIE 5.70 DTU / CAN 8.95 SCAD / USA NY 8.95 \$

M 02802 - 1207 H - F: 5,00 € - RD



© GUY A. PIRELLI - JACQUES VASSEUR - IMAGE

À la lumière du laser

Grâce à la scanographie laser, il est possible de lire dans la structure du bâtiment l'histoire de sa construction. Une approche révolutionnaire

Par Andrew Tallon



Andrew Tallon est professeur d'histoire de l'art et d'architecture médiévale au Vassar College (USA). Il s'intéresse particulièrement à la structure des cathédrales, à l'histoire de leur restauration, et à la représentation virtuelle des espaces grâce, notamment, aux techniques du laser. Il a publié de nombreux articles et travaille actuellement sur un livre, *The Structure of Gothic*.

En 1904, le premier conservateur du Musée des Beaux-Arts de Brooklyn et le fils de l'inventeur du procédé de vulcanisation, William Henry Goodyear, écrivaient, non sans ironie, que « *la maçonnerie n'est ni mastic ni caoutchouc* ». Pourtant, les édifices gothiques, comme tous les bâtiments de maçonnerie, ploient et se courbent en s'adaptant aux effets des poussées s'exerçant constamment dans le bâtiment. Ils le font plus encore pendant les premiers mois suivant l'achèvement de la construction et l'enlèvement du cintrage, lorsque le mortier utilisé pour leur assemblage n'est pas encore sec. La plasticité du mortier et le fait que la taille des éléments architecturaux semble réduite au minimum, ont rendu ces déplacements visibles et parfois alarmants.

Les édifices gothiques étaient construits d'aplomb, comme en attestent l'état de la maçonnerie non soumise à des poussées, les textes contemporains et les illustrations des pratiques de construction des manuscrits et des vitraux dans lesquelles le fil à plomb est représenté parmi les principaux outils du maçon. Le degré à partir duquel le bâtiment n'est plus d'aplomb peut donc être « lu » comme le résultat de l'action combinée de forces : un indice donné au bâtisseur sur l'état de stabilité du bâtiment. Des documents de la fin du Moyen Âge suggèrent que mesurer la déformation d'un édifice via le fil à plomb, qui

pouvait être suspendu à partir d'un trou de la voûte ou du rebord du triforium, était un moyen utilisé régulièrement pour évaluer la « santé » d'un bâtiment médiéval – son succès (ou non) à gérer les poussées générées par le vent, les intempéries et le poids de la pierre.

Deux maçons parisiens, Gilles de Harlay et Nicolas Tiersault, ont réalisé une expertise le 8 avril 1572 à la cathédrale de Beauvais et ont fait usage du fil à plomb pour documenter les déformations plutôt alarmantes des piliers de la croisée du transept, qui ployaient sous le poids de l'énorme tour en cours de construction juste au-dessus. La tour s'est effondrée l'année suivante.

C'est une chose que de voir des déformations à l'œil nu, comme on peut le faire à Beauvais, ou d'utiliser un fil à plomb descendu par un trou de la voûte à un endroit parti-

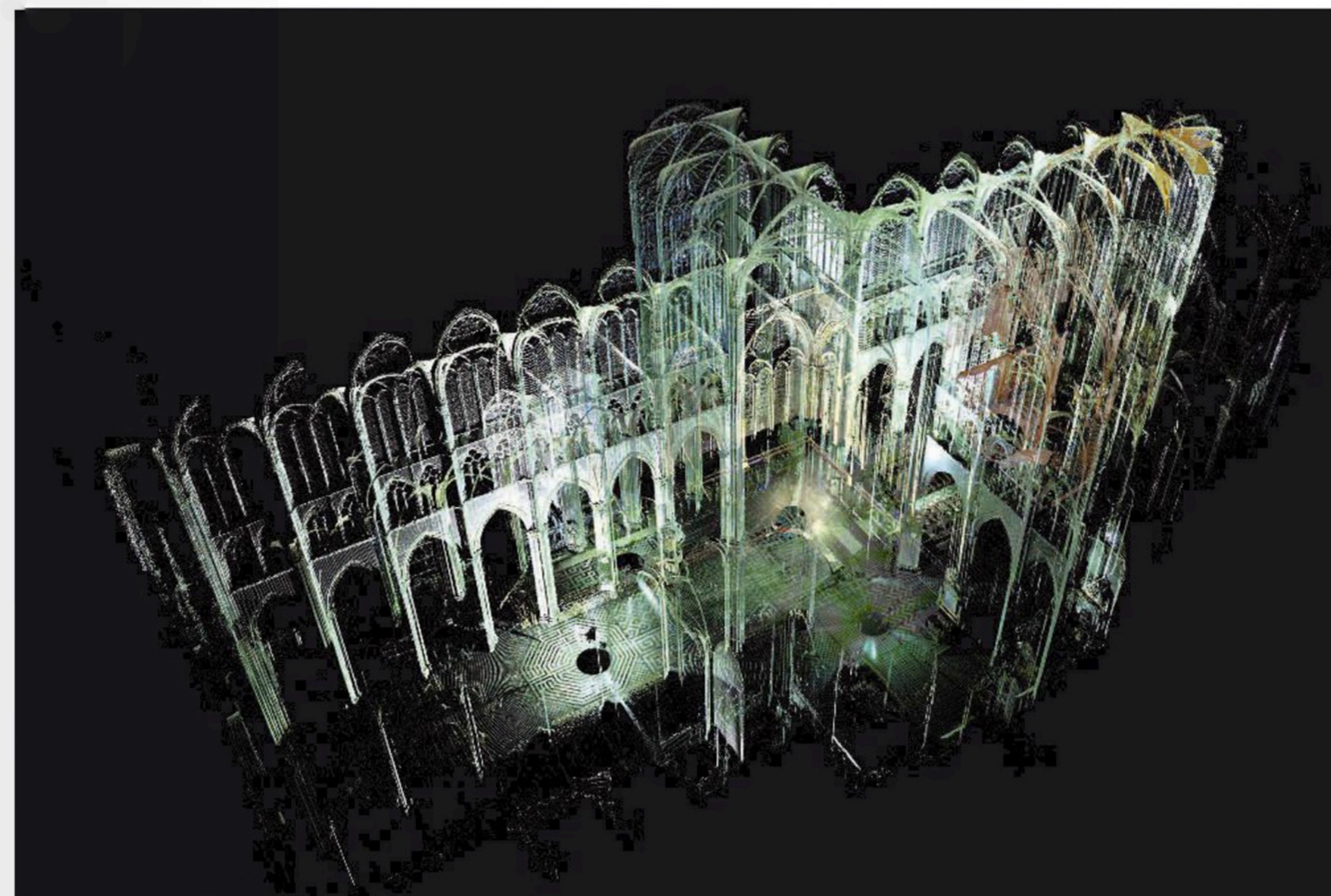
culièrement déformé, mais une tout autre chose que de les quantifier de manière rigoureuse.

Avec un scanner laser contrôlé par ordinateur, il est désormais possible de documenter dans un bâtiment, avec une étonnante précision, ces énigmatiques mouvements. Les mesures forment ce que l'on appelle un « nuage » de points, dont chacun est précis à quelques millimètres près sur une plage qui s'étend de 50 cm à 300 m.

Si un seul nuage donne beaucoup d'informations, il est nécessaire pour avoir une couverture suffisante dans un grand bâtiment comme la cathédrale d'Amiens, de numériser l'espace dans de nombreux endroits différents. Ces nuages sont assemblés dans un logiciel et peuvent être ensuite sectionnés pour réaliser des coupes et des plans qui seront ensuite analysés. Des mesures peu-



DR / ANDREW TALLON



vent également être prises à partir de n'importe quel point du bâtiment vers un autre, ou vers un plan de référence, équivalent numérique du fil à plomb.

Cette technique a permis de mieux comprendre, entre autres, la structure problématique de la cathédrale d'Amiens, qui, bien que représentée pendant de nombreuses années comme le summum de l'architecture gothique, a connu bien des difficultés. La structure de la nef, et en particulier les arcs-boutants, comme l'a montré le professeur Stephen Murray de l'Université de Columbia (États-Unis), a bien été conçue pour résister aux puissantes poussées des grandes voûtes. Les arcs-boutants ont été construits au milieu du XIII^e siècle par l'architecte Thomas de Cormont, à la suite des exemples éprouvés des cathédrales de Soissons et de Reims. Les arcs-boutants du chœur, cependant, ont fait l'objet d'une tout autre histoire. Ils ont été modernisés par Renaud, le fils de Thomas, mais avec des résultats désastreux. Des fissures

sont apparues lors de la construction ; des témoins archéologiques montrent des modifications hâtives dans leur conception en réponse aux mouvements imprévus (et indésirables) du bâtiment.

Qu'est-ce qui a mal tourné ? Le positionnement problématique des arcs-boutants par rapport aux voûtes et les déformations quasi catastrophiques qui en résultent deviennent clairs en employant une scanographie laser. En liant les scanners pris à l'intérieur et à l'extérieur du chœur, il est possible de voir que non seulement les arcs-boutants de Renaud de Cormont ont été placés beaucoup trop haut et étaient beaucoup trop fins pour vraiment contrebuter les voûtes, mais aussi que ce placement erroné a initié toute une série de déformations – un enregistrement du passage de ces poussées est resté à jamais gravé dans la pierre et le mortier. Les parois verticales du chœur de la cathédrale ont adopté une forme de S : un renflement vers l'extérieur en dessous des voûtes ren-

Chartres (p. 66) et Amiens (ci-dessus) passées au scanner.

Le scanner émet un rayon laser, balayant l'espace de 360 degrés horizontalement et 270 degrés verticalement grâce à un miroir tournant, par lequel il est capable de mesurer la distance entre lui-même et toutes les surfaces rencontrées à une vitesse approchant les cent mille fois par seconde.

contre un renflement vers l'intérieur juste au-dessous du triforium.

Une foule d'interventions ont été réalisées à la fin du Moyen Âge afin d'empêcher le bâtiment de se déplacer davantage. Les arcs-boutants du chœur ont été reconstruits et renforcés, et une chaîne de fer a été placée autour du niveau médian du bâtiment, à l'étage du triforium, pour arrêter ce qui a été sans aucun doute perçu comme un dangereux déplacement dans le vide.

Le scanner haute résolution nous permet de lire de telles histoires faites de succès et d'erreurs structurels directement dans la structure du bâtiment, et est, par conséquent, un outil révolutionnaire pour la compréhension du comportement des édifices gothiques. Lorsqu'il est utilisé de concert avec les méthodes traditionnelles de l'archéologie, il offre un nouveau regard sur les pistes de réflexion des bâtisseurs gothiques dans leurs batailles menées contre l'ennemi structurel gothique numéro un : la déformation. **A. T.**