

Les voûtes de João de Castilho au Portugal

Soraya Genin
José Carlos Palacios

João de Castilho, architecte né au pays basque espagnol, est l'auteur des meilleurs exemples d'architecture du gothique final au Portugal. Il est connu pour avoir introduit les nervures courbes, ainsi que pour divers ouvrages qu'il a dirigé, principalement dans le monastère des Hiéronymites à Lisbonne et au couvent du Christ à Tomar.

Nous faisons ici une présentation générale de ses voûtes. Nous nous sommes basés sur des sources bibliographiques et des observations sur place. Nos informations historiques proviennent essentiellement du chapitre que Rafael Moreira (1991), dans sa thèse de doctorat, a dédié à João de Castilho. Moreira n'hésite pas à parler d'un style « castillien » en soulignant la spécificité d'une oeuvre qui a si bien traduit la société de son époque.

Les voûtes du monastère des Hiéronymites et le couvent du Christ de Tomar sont présentées ici plus en détail, puisque nous disposons déjà des données de notre thèse de maîtrise (Monteiro, 1995), et des Projets de Conservation que nous coordonnons sur les voûtes de Jerónimos (Genin, 1999; Genin, 2002; Genin, 2003) et sur le Cloître de l'Aumônerie du couvent de Christ à Tomar (Genin, 2007). Nous avons effectué des levés topographiques et photogrammétriques des voûtes. Nous avons fourni des données et des dessins aux équipes de collaborateurs, à l'entreprise Gabinete de Projectos Barbosa Lourenço, Lda., pour l'étude de stabilité des voûtes par la méthode des éléments finis, ainsi qu'au Laboratoire National d'Ingénierie Civile (LNEC), pour des

sondages au radar sur l'extrados des voûtes de Jerónimos.

Cette présentation s'inscrit dans le cadre de notre recherche de doctorat qui est actuellement en cours sur les voûtes de Castilho, financé par une bourse du fond national de la recherche scientifique du Portugal, Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

PREMIÈRES RÉALISATIONS

La *Cathédrale de Burgos* constitue une des premières expériences de Castilho, grand chantier de l'époque, sur lequel il a dû travailler avec Simon de Cologne, au moment de la fermeture de la voûte de la *Chapelle du Connétable*, en 1495. C'est ici qu'il prend goût aux nervures courbes —introduites là pour la première fois dans la péninsule. Il se rend ensuite avec Simon de Cologne à la *Cathédrale de Séville*, ce qui lui vaudra son nom de *Juan de Castillo*, nom qui sera repris en 1507 à côté de ceux de Pedro de Trillo, de Juan Garnizo et de Pedro Millan, entre autres, alors que se termine la construction du dôme qui devait s'écrouler quelques années plus tard. En 1508 il est au Portugal, accompagné d'Alonso Rodriguez à Setúbal pour acheter de la pierre destinée à la cathédrale de Séville (Moreira, 1991).

Selon les sources, le premier ouvrage de Castilho est le chœur de la *Cathédrale de Braga* (fig. 1), datée de 1509 et considéré comme le premier ouvrage à nervures courbes au Portugal. À en croire certains auteurs



Figure 1
Choeur de la cathédrale de Braga

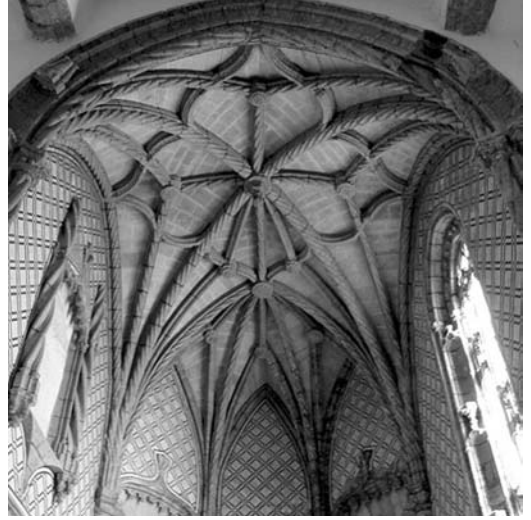


Figure 2
Choeur de l'église de Jésus de Setúbal

et comme on pourrait le penser en comparant les deux voûtes, il est possible qu'il ait participé à la construction du choeur de l'église du *Couvent de Jésus à Setúbal* (fig. 2). Ces deux voûtes possèdent un plan similaire: deux travées, voûtes en étoile et nervures curvilignes au sommet. Dans les travées de plan carré, les arcs s'apparentent à des pleins cintres sur les diagonales et à des ogives au niveau des doubleaux et formerets (comme dans les voûtes à croisée d'ogives). Les nervures courbes sont plus petites et perpendiculaires au sol, comme les clefs. On trouve à Setúbal une claire hiérarchie entre les diagonales, plus grandes, et les liernes et tiercerons, de dimensions moindres. On ne trouve pas à Braga une telle hiérarchie des nervures, qui présentent toutes un même profil, à l'exception des nervures séparant les travées, plus importantes.

En 1511, il signe le contrat pour la construction des nefs, arcs et porte *principale* de l'église *matrice de Vila do Conde*. On dit aussi qu'il est probablement l'auteur de ses voûtes à nervures. Ce sont des voûtes en étoile à quatre points. Les voûtes du choeur et des chapelles latérales ont des nervures curvilignes au sommet, en forme de fleurs et de cercles (fig. 3).

En 1513, il travaille à la *Cathédrale de Viseu*, à la demande de l'évêque Diego Ortriz de Villegas. On lui attribue généralement la voûte sous la tribune de l'en-

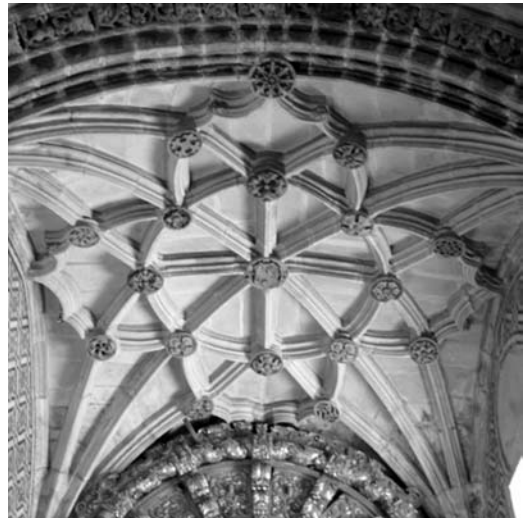


Figure 3
Chapelle de l'église de Vila do Conde

trée (fig. 4). Il s'agit d'une voûte extrêmement surbaissée, aux arcs transversaux en anse de panier presque plats. Les nervures longitudinales s'apparentent à des



Figure 4
Voûte sous la tribune de la cathédrale de Viseu

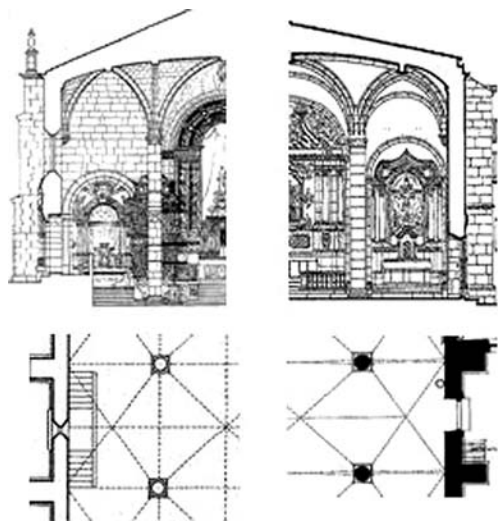


Figure 5
Plans et coupes comparés des nefs à Freixo de Espada-à-Cinta (à gauche) et à Arronches (à droite)

arcs de cercle. Les nervures prennent naissance à des hauteurs différentes et présentent plusieurs profils. Les plus grandes sont celles jouxtant la nef, suivies des dia-

gonales centrales et ensuite des diagonales latérales et des tiercerons et des curvilignes, qui sont décorés.

Les églises-halles de *Freixo de Espada-à-Cinta* et d'*Arronches* sont généralement attribuées à João de Castilho, par comparaison de leur architecture à celle des Hiéronymites à Lisbonne. C'est Mário Tavares Chicó (1954) qui souligne la similitude entre ces trois églises. Mendes Atanázio (1984) suggère qu'elles partagent une « même conscience architectonique ». Les deux églises possèdent trois nefs, sur 5 travées dont les diagonales s'apparentent à des pleins cintres et elles possèdent la même forme en berceau, suggérant qu'une seule voûte couvre les trois nefs de ces églises. À *Freixo de Espada-à-Cinta*, les traditionnels doubleaux et formerets sont toujours utilisés alors qu'à *Arronches*, le processus d'unification des nefs franchit un pas supplémentaire en supprimant les formerets. À *Freixo de Espada-à-Cinta*, les clefs centrales sont reliées par des liernes qui suivent, en le soulignant, l'axe de la voûte en berceau; les doubleaux et des formerets sont plus épais que les diagonales, suivi des liernes (fig. 5). La voûte de l'abside est constituée de liernes et de tiercerons en étoile et de nervures courbes au sommet, similaires à celles de l'église du Jésus de Setúbal et de la cathédrale de Braga. À *Arronches*, les différences de dimensions entre les nervures sont moins marquées sur la nef. Sous la tribune, les voûtes sont surbaissées et la voûte est en étoile; l'arc doubleau possède le plus grand profil, suivi de la diagonale et de la nervure centrale au sommet.

ŒUVRES MONASTIQUES

À partir de 1515, quand le roi Don Manuel devient son commanditaire, l'activité de João de Castilho est si intense qu'il n'est plus permis de douter de sa capacité de travail. Pendant 13 ans, il partage son temps entre les quatre plus importants chantiers de l'époque. Il est le maître d'œuvre du Couvent du Christ à Tomar, en 1515, du Monastère des Hiéronymites à Lisbonne en 1517, du Monastère d'Alcobaça en 1519 et du Monastère de Batalha en 1528.

Monastères de Alcobaça et de Batalha

En 1519, João de Castilho est nommé maître d'œuvre du Monastère d'Alcobaça. En juillet, il commence



Figure 6
Voûte au monastère de Alcobaça

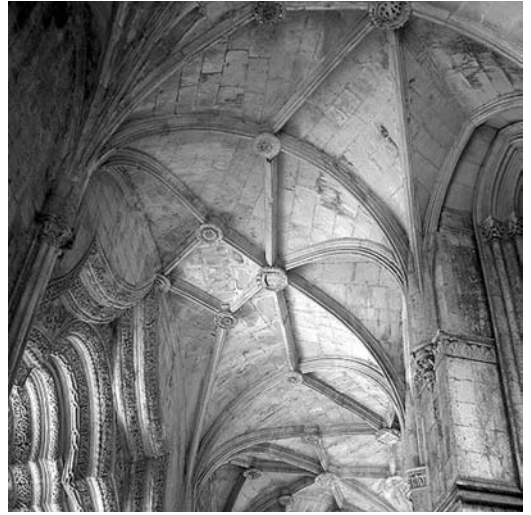


Figure 7
Voûte au monastère de Batalha

les travaux de la sacristie et de la bibliothèque. La voûte de la sacristie se serait effondrée et il ne subsiste que celle de l'accès à l'église. Il s'agit d'une voûte à liernes et à tiercerons, formant un hexagone central (fig. 6). Celui-ci forme un plan surbaissé au sommet, qui recoupe le plan formé par les nervures venant des consoles, un peu à la manière de la nef de Jerónimos. Après 1528, on n'a plus de traces de paiements se rapportant aux travaux du monastère de Alcobaça, lorsqu'il est responsable des travaux du monastère de Batalha.

Son intervention à *Batalha* (fig. 7), a dû se limiter au passage entre l'église et les *Chapelles imparfaites*. Ces voûtes présentent une trame de nervures sur différents plans, créant un espace sans travées mais uni par une hauteur constante. Selon Rafael Moreira (1991), les voûtes (inexistantes) des *Chapelles imparfaites* auraient été son grand échec, du fait de la trop grande portée qu'il fallait couvrir.

Monastère des Hiéronymites

Au monastère des Hiéronymites, Castilho sublime le système constructif gothique. On retrouve des paiements faits en avril 1516 pour le monastère, dont il est nommé maître d'œuvre de la sacristie en 1517, du

cloître et de la porte sud. En 1522, il signe un contrat avec le roi Don João III, pour construire les voûtes et piliers du transept de l'église. Il succède comme maître d'œuvre à Diogo Boytac. Parfois les attributions ne sont pas claires entre les deux, c'est le cas du cloître et de la voûte de la nef.

Le *cloître*, au niveau du rez-de-chaussée, présente des voûtes en étoiles dont tous les arcs sont surbaissés. Nous avons remarqué une différence entre le côté nord et le reste du cloître, susceptible d'indiquer où finit le travail de Boytac et commence celui de Castilho: les tas de charge de l'avant-dernière travée est et ouest présentent clairement deux détails différents au niveau de l'arrachement des nervures: celles au nord naissent progressivement alors qu'ailleurs elles reposent directement sur la console (fig. 8). Au nord, on trouve la décoration sur les arcs doubleaux, tandis qu'au sud elle est placée sur les diagonales; les clefs sont plus perfectionnées; l'unification des travées est mieux réussie grâce au même plan circulaire continu reproduit par les nervures au départ des consoles. Il s'agit bien ici soit de deux époques soit de deux architectes différents; peut-être Boitaca a-t-il commencé le cloître et Castilho a terminé l'aile nord. *Au premier étage*, on trouve des voûtes en étoiles plus simples. L'ogive est utilisée pour les doubleaux, et le plein cintre pour les diagonales; suite à l'alignement

de toutes les clefs sur une même hauteur, les liernes longitudinales forment une ligne horizontale continue qui unifie les différentes travées en renforçant l'horizontalité du cloître. On retrouve le même détail de la naissance des nervures, qui ressemblent à celles du rez-de-chaussée septentrional du cloître. Le profil des nervures est plus fin qu'à l'étage inférieur et ressemble beaucoup à celui de l'église.

La *sacristie* est en plan carré, avec une colonne centrale d'où partent de fines nervures en arc surbaissé. C'est à peine si l'on peut compter quatre voûtes en étoile tant l'unité domine entre elles, avec des nervures de profils presque égaux qui partent des consoles et de la colonne centrale, et des fines nervures courbes qui se répètent à chaque travée et relient les clefs au sommet de la voûte. Les nervures se recoupent au niveau du tas de charge et naissent à des hauteurs différentes. Sur les consoles, la décoration tend à se fondre avec l'arrachement des nervures (fig. 8).

La comparaison de la nef avec le transept nous amène à attribuer la voûte de la nef également à João de Castilho (Monteiro, 1995). Ces deux voûtes répondent très certainement à un même plan initial. Les nervures et les clefs, de la nef et du transept, présentent parfois des profils identiques. Le *transept* de Jerónimos possède une voûte de 18,60 mètres sans appui intermédiaire. Il ne s'agit pas d'une voûte en berceau, comme pourraient le faire croire les deux arcs doubleaux reliant les colonnes de la nef aux murs. Il s'agit sans doute là d'un impératif dicté par la grande portée à couvrir. La voûte a été réalisée au moyen d'une profusion de nervures de profil plus ou moins identique. Ce réseau de nervures donne forme à la voûte par un tracé géométrique complexe. Toutes les nervures sont verticales, sauf celles formant des cercles, qui sont perpendiculaires à la voûte. Elles naissent à des hauteurs différentes.

La transition entre le transept et la nef est parfaite: on remarquera les carrés centraux de la nef, dont le dernier est remplacé par un demi cercle, cercle dont on retrouve l'autre moitié dans le transept. Dans le transept, les arcs formerets possèdent le même rayon que les arcs en ogive des collatéraux de la nef. Dans la nef, les nervures courbes sont situées à l'intersection des reins des colonnes avec la voûte. Elles sont plus fines et dessinent des figures géométriques (octogones, carrés et losanges) sur le berceau. Elles séparent le plan de la voûte et les voûtains qui naissent au-dessus des colonnes. Les octogones et les carrés

centraux sont créés par des nervures de même courbure mais ils ne relèvent pas d'une structure cupulaire comme on pourrait le penser. Les vousoirs sont en effet tous concaves entre les nervures et les voûtains sont caractérisés par une double courbure (observation stéréoscopique). Les nervures de la nef ne présentent que deux profils de tailles différentes. On retrouve les nervures droites au niveau des reins et du sommet. Celles-ci se croisent au centre de leurs axes et des travées. La voûte de la nef a été conçue en éliminant des lignes parallèles et perpendiculaires aux murs. Aucune nervure n'effectue ainsi de liaison directe entre points d'appui. Les arcs traditionnels sont ici dédoublés et forment des triangles (figs. 9 et 13).

Comme le dit *Viollet-le-Duc* (1854-1868): «Quelle que soit la figure en plan de la surface à couvrir, le problème à résoudre est toujours celui-ci: 1° faire en sorte que cette surface soit divisée par les arcs diagonaux de manière à présenter une suite de triangles, car, avec ce système de voûte, on ne peut couvrir que des triangles; 2° disposer les arcs diagonaux ou ogives de telle façon que ces arcs se contrebutent à leur sommet, et que l'un d'eux ou plusieurs d'entre eux réunis ne puissent presser sur les autres de manière à les déformer». Nous avons en effet un système de triangles. La seule différence est que ce sont des triangles qui se contrebutent et non pas les traditionnels arcs doubleaux, formerets ou ogives. La multiplication des triangles forme un berceau qui normalement serait engendrée par la translation de l'arc doubleau. Ce système de triangulation permettant d'obtenir une forme précise est encore utilisé de nos jours. Mainstone (1995), qui a fait ce raisonnement, remarque que l'objectif principal est d'obtenir une régularité et une uniformité maximales en utilisant des éléments plus ou moins de même portée distribués uniformément sur la surface, au lieu de les faire converger tous vers le sommet. Structurellement, il s'agit d'une forme qui est rigide, grâce à sa propre courbure et à la rigidité de sa surface constituée de triangles.

Couvent du Christ à Tomar

Le Couvent du Christ de Tomar fut la grande œuvre de Castilho. Cet ensemble monumental peut lui être attribué en plus grande partie. Chef-d'œuvre de la Renaissance portugaise, ce nouveau couvent s'étend



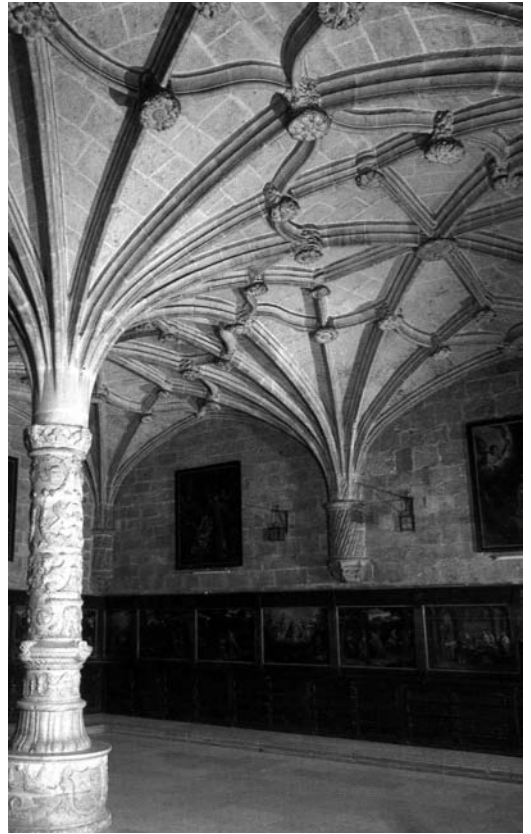
Figures 8 et 9

Voûtes du monastère de Jerónimos:

a. Tas de charge sur cul de lampe au rez-de-chaussée du cloître, montrant deux phases /architectes distincts

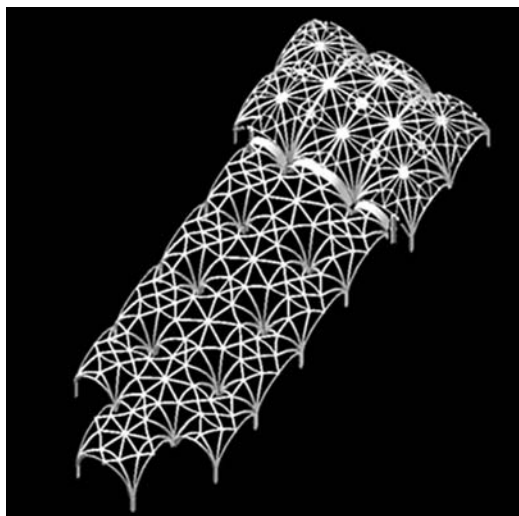
b. sacristie

c. représentation 3D de la nef et du transept (Genin, 2002)



Figures 8b

à l'ouest du château primitif et de la Rotonde des Templiers, transformée en chœur de l'église sur un projet de Diogo de Arruda (1510–1515). À partir de 1515, Castilho dirige les travaux. Il réalise le portail principal de l'église, l'arche d'accès au déambulatoire, les voûtes de la nef et de la tribune, et la salle du chapitre. On doit à Castilho les cinq cloîtres à l'ouest de l'église. Entre 1530 et 1532 il termine le grand cloître —qui sera ultérieurement partiellement démolli—, il bâtit des dortoirs et autres installations autour du «petit cloître» de Santa Barbara. En 1542 il interrompt les travaux pour construire la forteresse de Mazagão. En 1548, on sait qu'il fallait encore dresser des portes et fenêtres dans les cellules des collégiens et des plafonds en bois à l'étage du dortoir des frères. En 1551 la cuisine et la maison des novices étaient



Figures 9

en travaux, on carrelait la réserve et la terrasse de l'étage du dortoir au-dessus des cellules des collégiens et au-dessus de la librairie, la terrasse de l'infirmerie était presque achevée (Sá, 1999).

Les voûtes en briques sont les plus fréquentes à Tomar. Tous les plafonds sont surbaissés, en anse de panier. Le cloître de Santa Barbara et certaines autres salles rectangulaires possèdent des nervures diagonales entre les appuis et des arcs doubleaux au profil surbaissé en anse de panier. Dans les cloîtres de l'Aumônerie, Corvos et Micha, il n'y a pas de diagonales ni d'arcs doubleaux. On trouve des nervures croisées entre les appuis et l'axe de chaque travée, qui forment un losange central pratiquement horizontal (fig. 15). Des salles carrées recourent tantôt à des piliers centraux (p.ex. la cuisine), tantôt non, comme par exemple l'antichambre de la salle du chapitre dans laquelle on observe un grand carré central à son sommet, délimité par des nervures reliant chaque paire de consoles. La salle du chapitre possédait également une voûte surbaissée, qui couvrirait une portée supérieure et qui se serait écroulée précisément pour cette raison. Ici il est possible d'observer des détails de la voûte: des nervures en pierre avec queue, appuyées sur des consoles, soutiennent la voûte en briques disposées en rangées perpendiculaires aux murs; sur la voûte on trouve de la maçonnerie ordinaire, sur laquelle est posé le carre-

lage céramique de l'étage (fig. 10 a). Des voûtes en berceau présentent des caissons de style Renaissance; le réfectoire présente encore quant à lui un mode de construction gothique (fig. 10 b).

On ne trouve que peu d'exemples de voûtes en pierre à Tomar. La voûte de l'église est composée de trois travées, dont deux sont en plan carré et une en plan rectangulaire; les nervures diagonales sont apparemment en plein cintre et les doubleaux et les formerets en ogive. Les liernes et les tiercerons dessinent des étoiles à quatre points. Au sommet, on trouve des nervures courbes affectant des formes végétales, typiques du style manuelin (fig. 10 c). Les voûtes reposent sur des consoles qui sont reliées par un bandeau identique à celui qu'on trouve à Jerónimos, avec les fleurs caractéristiques de João de Castilho, comme l'a fait remarquer Maria Ealo de Sá, fleurs qu'on retrouve sur le portail de l'église (information orale). Dans l'escalier de la partie réservée aux novices, la voûte est parfaitement plate reposant sur des espèces de poutres imitant un plafond en bois.

On retrouve dans les deux derniers étages, des plafonds en bois, dans les cloîtres, couloirs et salles. On notera le style Renaissance flagrant du plafond de la chapelle des Rois Mages. Celle-ci adopte un plan symétrique et central, composé de caissons en bois.

Chapelle Nossa Senhora da Conceição

Dans cette chapelle, sa dernière œuvre, João de Castilho abandonne la technique de construction gothique qui recourt aux nervures. Les voûtes sont ici exécutées en pierre de taille, technique de la Renaissance. L'ouvrage présente des voûtes en berceau et en coupole, composées de caissons. On remarquera cependant encore la marque des arcs doubleaux dans la nef et des diagonales dans la coupole. Dans le chœur, une voûte en cul-de-four (fig. 11). Nous savons que le projet est de Castilho, bien qu'il ait été achevé par Diogo Torralva et Filipe Terzi (Sá 1999).

RELEVÉS ET SONDAGES

Église de Freixo de Espada-à-Cinta

À Freixo de Espada-à-Cinta, nous avons pu observer de près la voûte du chœur, actuellement en travaux

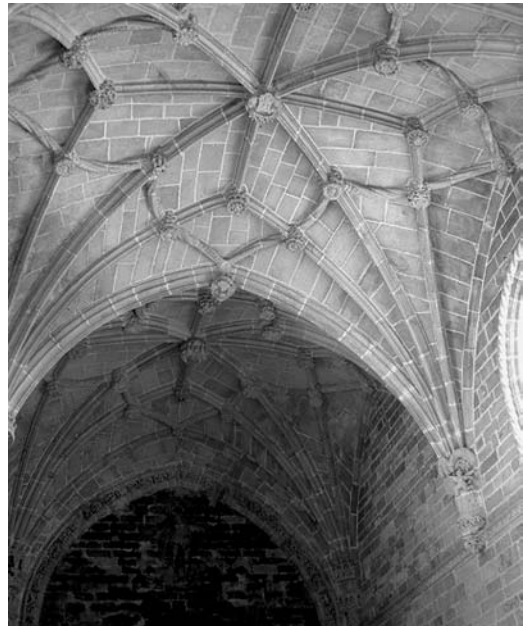


Figure 10
 Voûtes du couvent du Christ à Tomar: (à gauche) Détail constructif de la voûte de la salle du chapitre, avec nervure et en maçonnerie de briques; (au centre) voûte en berceau du réfectoire; (à droite) voûte de la nef et tribune de l'église



Figure 11
Voûtes de la nef (à gauche) et du chœur (à droite) de la chapelle de Nossa Senhora da Conceição

dirigés par l'Institut Portugais du Patrimoine Architectural (IPPAR): les queues des nervures courbes sont sur le même plan que l'extrados des voûtains qui sont d'une épaisseur variant entre 0,10m et 0,12m (fig. 12); les nervures droites en plan (diagonales et tiercerons) n'étaient pas visibles depuis l'extrados. Le remplissage des reins de la voûte est constitué de pierres maçonnées recouvertes d'une couche de mortier.

Église du Couvent des Hiéronymites

Plusieurs données ont récemment été publiées. Nous en rappellerons ici les aspects essentiels permettant d'en comprendre la construction, principalement des résultats de l'analyse de l'extrados.

Les tuiles de l'église ont été partiellement retirées afin de permettre d'accéder à l'extrados sur un module de la nef et des rangées représentatives du transept. Un



Figure 12
Extrados de la voûte du chœur de l'église de Freixo de Espada-à-Cinta: la queue des nervures courbes est au même niveau que l'extrados des voûtains



Figure 13
Représentation 3D de la travée de la nef de l'église des Hiéronymites: les nervures courbes au sommet, soulignent les figures géométriques et les lignes d'intersections de la voûte (Genin, 2002)

modèle tridimensionnel de la nef et du transept a été dessiné, ainsi que des plans et des profils définissant les épaisseurs de la voûte. Une fois les tuiles enlevées, nous avons fait procéder à des essais non destructifs, par sondages au radar et au détecteur de métal, et à des analyses des matériaux constituant le recouvrement des voûtes. Les forages de sondages n'ont porté que sur le matériau de remplissage. Les résultats ont montré que, au niveau du transept, la voûte présente des épaisseurs variables de 0,16m à 0,24m. Dans la nef, la voûte présente une épaisseur minimale de 0,14m au sommet et les voussoirs mesurent en moyenne 0,09m d'épaisseur (entre 0,08 et 0,10m); au niveau des colonnes, le radar a détecté une zone de réflexion, signalant probablement le remplissage des reins, à une hauteur variant de 0,35 et 0,40 depuis l'extrados. La détection de crampons métalliques n'a rien donné, bien que certaines sources aient établi qu'ils ont été utilisés pour solidariser les douelles des nervures. Deux trous de sondage ont été ouverts sur les nervures. L'extrados de la nervure courbe présente un profil de pose des voussoirs plus accentué (du même type que sur le chœur de l'église de Freixo de Espada-à-Cinta) que la nervure droite en plan (fig. 14). Quant à

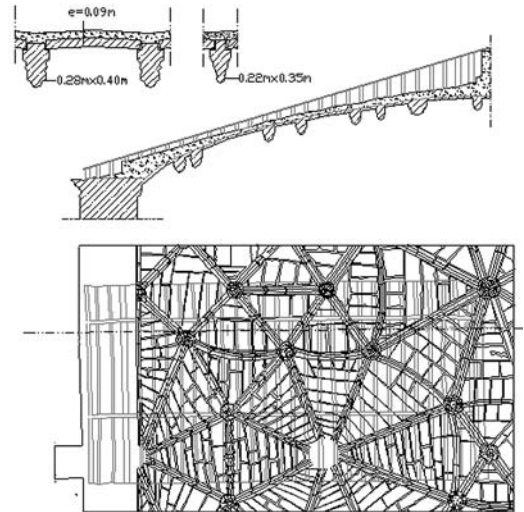


Figure 14
Plan d'un module d'une demi-travée (intrados et extrados superposés), coupe et détail des nervures (droites à gauche et courbes à droite) et des voussoirs de la nef (Genin, 2002)

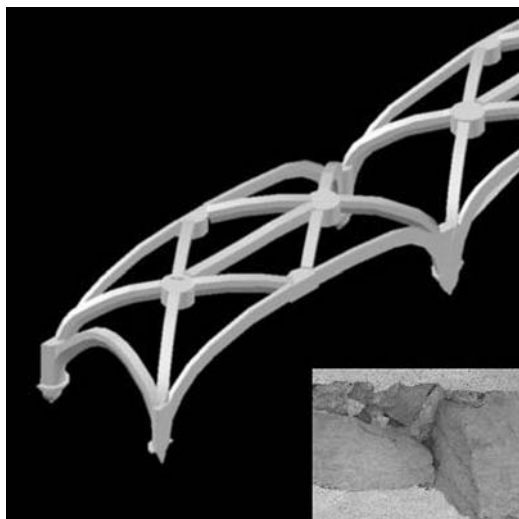


Figure 15
Représentation 3D d'une travée du cloître de l'Aumônerie de Tomar et détail de la voûte (Genin, 2007)

la structure, les données recueillies grâce à l'étude de la stabilité par les éléments finis ont confirmé les résultats des relevés effectués pour notre thèse de maîtrise: la voûte de la nef se comporte comme une voûte à trois nefs classique (écartement des colonnes vers l'extérieur), bien que son profil transversal fasse penser à une voûte en berceau.

Cloître Hospitalier du Couvent du Christ à Tomar

Le Cloître Hospitalier est composé de quatre ailes distinctes quant à leurs dimensions, en plan comme en hauteur. Les deux ailes que nous avons étudiées, au nord et à l'ouest, sont d'une largeur d'environ 3,16m et de 2,00 m. Elles sont délimitées d'un côté par des murs épais en maçonnerie mixte et de l'autre par des colonnes d'un diamètre d'environ 0,40m alternées avec des piliers/contreforts, tous reliés par des arcs en plein cintre. Deux forages d'inspection du cloître, dans l'aile ouest et dans l'aile nord, ont permis de procéder à une inspection par caméra boroscopique. Les mesures ont relevé des épaisseurs de 0,39m à l'ouest et de 0,20m au nord. Les voûtes sont constituées de briques maçonnées d'environ $0,27 \times 0,13 \times 0,04 \text{ m}^3$ et de joint

au mortier de chaux d'en moyenne 2 à 3 cm d'épaisseur. Le relevé a confirmé la forme des voûtes en berceau surbaissé d'arcs en anse de panier. Un losange se dessine au sommet, dont les nervures des bords sont courbes, mais quasiment au même niveau. Les nervures se croisent dans leur naissance et se dégagent ensuite à des hauteurs différentes. Leurs extrados est sur le même plan que les voûtes (fig. 15). Pour cette raison les nervures ne participent que peu à la structure. Les conclusions de l'étude de la stabilité ont apporté que le comportement de la voûte du cloître s'apparente à celle d'une voûte en berceau, sauf à ses extrémités. La voûte de l'aile nord, plus fine et couvrant une plus grande portée, est la plus fragile. Du point de vue structurel, l'influence des nervures est limitée: elles ne contribuent que pour 4% à la rigidité de la voûte et ne réduisent que légèrement les contraintes auxquelles celle-ci est soumise.

CONCLUSIONS

Les voûtes en pierre attribuées à João de Castilho sont des voûtes à nervures caractéristiques du gothique final, affectant normalement une forme étoilée. Souvent les diagonales ont une forme d'arc en plein cintre, et les doubleaux une forme d'arc en ogive, comme dans les croisées d'ogives. João de Castilho possède cette remarquable capacité d'obtenir une forme en se servant de triangles qu'il multiplie de manière à unifier l'espace de manière exceptionnelle, en supprimant les traditionnels doubleaux, formerets et diagonales. La triangulation simplifie la construction de la voûte et la pose des voussoirs.

Castilho utilise les nervures courbes de deux manières différentes: soit il les met sur le même plan que les diagonales et les tiercerons, soit il s'en sert pour délimiter de nouveaux plans surbaissés au sommet de la voûte (v. nef de Jerónimos). Par ailleurs, nous avons vu à Freixo de Espada-à-Cinta et à Jerónimos que, à l'extrados, ces nervures courbes sont sur le même plan que les douelles des voûtains. Par conséquent, leur hauteur de queue est égale à l'épaisseur des voûtains. Les nervures courbes étaient probablement mises en œuvre en même temps que les voûtains. On pourrait donc en déduire qu'elles ne sont pas tant des nervures que des voûtains. En effet, à Jerónimos, les nervures droites (en plan) sont plus basses que le plan de l'extrados; elles servent à la

pose des vousoirs. Dans les deux églises, les vouâtes sont fins (environ 0,9m et 0,12m respectivement). À Jerónimos, pour autant que nous ayons pu le constater, tous les vousoirs sont concaves.

Dans le Couvent du Christ, Castilho a surtout construit des vouâtes en briques en berceau surbaissé, avec des arcs en anse de panier. L'influence de la Renaissance se fait également sentir, avec des berceaux en caissons. Toutefois, cette forme est obtenue par des techniques gothiques, les nervures délimitant alors les caissons. Dans son dernier ouvrage cependant, la chapelle *Nossa Senhora da Conceição*, la nervure est abolie et remplacée par une vouâte en pierre de taille, typiquement renaissante.

LISTE DE RÉFÉRENCES

- Atanázio, M.C. Mendes. 1984. *A Arte do Manuelino*. Lisbonne: Editorial Presença.
- Chicó, Mário Tavares et Novais, Mário. 1954. *A Arquitectura Gótica em Portugal*. Lisbonne.
- Genin, Soraya. 1999. *Mosteiro dos Jerónimos, Projecto de conservação e consolidação do tecto da igreja-Análise de materiais e patologias*. Rapport pour le compte de l'IPPAR. Lisbonne.
- Genin, Soraya. 2002. *Mosteiro dos Jerónimos, Projecto de consolidação das abóbadas da igreja*. Plans dressés pour le compte de l'IPPAR. Lisbonne.
- Genin, Soraya. 2003. *Mosteiro dos Jerónimos, Conservação e consolidação do tecto da igreja*. Rapport pour le compte de l'IPPAR. Lisbonne.
- Genin, Soraya. 2006. *Convento de Cristo, Tomar. Estudo de patologias e estabilidade, e Projecto de consolidação das abóbadas do claustro da Hospedaria e salas adjacentes*. Rapport pour le compte de l'IPPAR. Lisbonne.
- Mainstone, R. 1975. *Developments in structural Form*, Cambridge, Mass..
- Monteiro, Soraya. 1995. *Étude descriptive de la vouâte de l'église du monastère de Santa Maria de Belém à Lisbonne*. Thèse de maîtrise en Conservation du Patrimoine Architectural et Urbain. Belgique: Katholieke Universiteit Leuven.
- Moreira, Rafael. 1991. *A Arquitectura do Renascimento no Sul de Portugal. A Encomenda Régia entre o Moderno e o Romano*. Thèse de doctorat en Histoire de l'Art. Lisbonne. Universidade Nova de Lisboa.
- Viollet Le-Duc, Eugène-Emmanuel. 1854–1868. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIème au XVème siècle*. Paris: F. de Nobele.
- Sá, Maria Ealo de. 1992. *El Arquitecto Juan de Castillo, Documentos históricos*. Vol. II. Merindad de Trasmiera.