



La cupola della Cappella di Anet: indagine sui tracciati tridimensionali

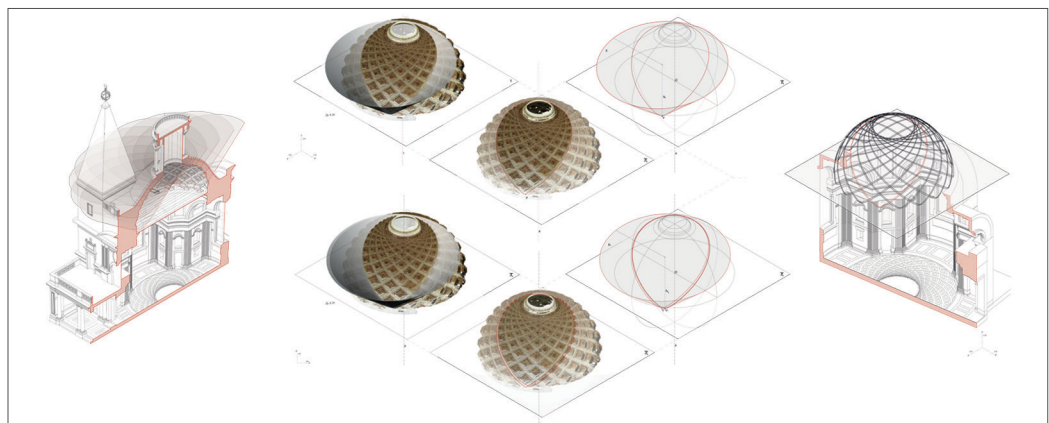
Alessio Bortot
Antonio Calandriello

Abstract

Nel 1986 Robin Evans (1944-1993) pubblica nel numero 530 di Dicembre di Casabella un articolo dal titolo *Traduzioni dal disegno all'edificio* – titolo che sarà ripreso nel 1997 per il testo *Translations from Drawing to Building* dello stesso autore –, in cui indaga il rapporto tra disegno e costruzione. Evans per la prima volta propone uno studio alternativo riguardante la decorazione della cupola della Cappella di Anet, una delle massime espressioni di stereotomia rinascimentale dell'architetto francese Philibert de l'Orme (1514-1570). Lo studio qui presente vuole proporre delle ulteriori riflessioni circa la natura di questa vertiginosa decorazione, basandosi su nuove indagini rese possibili grazie a rilievi tridimensionali e all'impiego di modelli digitali.

Parole chiave

Philibert de l'Orme, Castello di Anet, stereotomia, curve gobbe, analisi geometrica



Analisi della genesi geometrica delle nervature della cupola della cappella del Castello di Anet. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

Introduzione

Il *Château d'Anet*, situato nel nord della Francia nell'omonima cittadina, è una delle poche, e forse più significativa, testimonianze dell'abilità e del virtuosismo del 'pensiero' stereotomico di Philibert de l'Orme (1514-1570). In particolare nella cappella si ha la concreta materializzazione del "*pensée constructive*" di cui parla Philippè Potié (1954) nel suo *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive* [Potié 1996]. In effetti, la fabbrica rappresenta uno dei più raffinati esempi di unione perfetta tra bellezza formale e ricerca tettonica. La 'visione' stereotomica di de l'Orme trova nell'intero del complesso di Anet, e in particolar modo nella Cappella, lo spazio per esprimere liberamente tutto il suo carattere sperimentale.

Il complesso viene realizzato nella metà del XVI secolo per volontà di Diana de Poitiers (1500-1566), influente amante del re di Francia Enrico II (1519-1559). La cappella fu realizzata tra il 1549 e il 1552, originariamente inglobata nell'ala destra del castello che a oggi risulta distrutta. La sua posizione è facilmente identificabile grazie alle caratteristiche coperture piramidali delle due torri laterali e della lanterna che sovrasta la cupola (fig. 01).

De l'Orme è stato capace di organizzare in questo piccolo spazio sacro una curiosa trama di rapporti tra le vertiginose nervature della cupola e l'intreccio decorativo pavimentale che delle nervature sembra essere la proiezione a terra o addirittura *l'épure* (fig. 02).

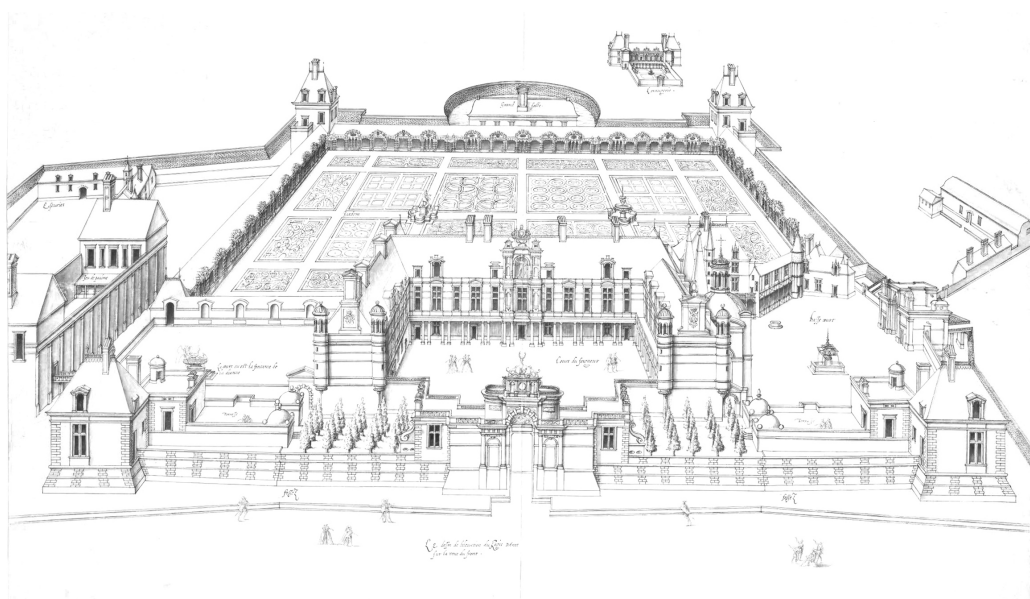


Fig. 01. Jacques Androuet du Cerceau, vista del castello di Anet, c. 1570. British Museum 1972 U.887; British Museum Creative Commons.

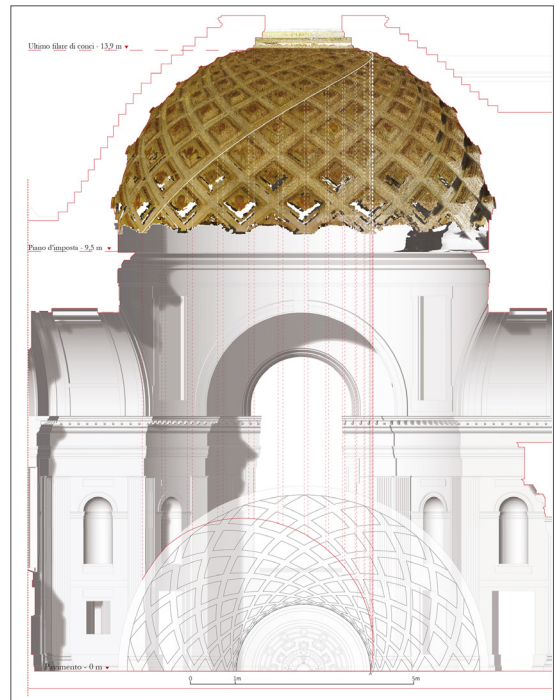
Lo straordinario fascino che questo ambiente emana ha da sempre attirato la curiosità di diversi studiosi, che si sono impegnati in diverse ricerche nel tentativo di rivelarne gli ambigui rapporti tra le parti, suggestionati da quanto affermato dallo stesso de l'Orme nel suo trattato *Le Première Tome de l'Architecture* (1567). L'architetto afferma di aver realizzato una decorazione sulla volta a *branches rampantes* che si riflette perpendicolarmente nella pavimentazione sottostante [De l'Orme, fol. I 12]. Questa affermazione ha condizionato diversi studiosi, tra cui Potié, tanto da portarlo a concludere che la pavimentazione costituisse *l'épure*, ovvero il disegno preparatorio in scala reale utilizzato nella stereotomia per dar forma ai singoli conci [Potié 1996, pp. 114-124]. Robin Evans è tra i primi sostenitori della non corrispondenza biunivoca tra il disegno pavimentale e il decoro della cupola.

Lo studioso lo deduce da una semplice osservazione: contando il numero di intersezioni delle nervature sulla volta e quelle che si creano nell'*opus sectile* della pavimentazione, i conti non tornano [Evans 1997, p.175]. In aggiunta, recenti studi lo confermano supportati da rilievi tridimensionali effettuati tramite laser scanner che hanno permesso di confrontare con precisione i due elementi (fig. 03) [Calandriello 2019, 1081-1086; Galletti 2021, pp. 253-284].



Fig. 02. Castello di Anet, vista interna della cappella. Foto di A. Calandriello.

Fig. 03. Analisi della corrispondenza ortogonale tra il decoro pavimentale e quello della volta. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.



A tal proposito sembra ragionevole poter sostenere che non sussiste un legame proiettivo tra le due decorazioni, resta tuttavia aperta da un lato la discussione sui modelli, architettonici e non [1], a cui de l'Orme si è ispirato per la decorazione; dall'altra il dibattito non si è ancora concluso circa le modalità di realizzazione di una così articolata decorazione che è parte integrante del concio lapideo che costituisce l'apparecchiatura stereotomica.

La superficie d'intradosso della cupola è costituita da una normale calotta, con all'apice un'apertura circolare, similmente al Pantheon, ma nel caso francese sormontata da una lanterna. Il rilievo decorativo è formato da un complesso reticolo di pannelli a losanga dai lati curvilinei, di dimensioni progressivamente decrescenti verso la sommità della calotta e dai costoni che li dividono. Trattasi quindi di una cupola 'nervata' sulla cui superficie d'intradosso diciotto nervature si 'avvitano' in un verso destrorso e le altre diciotto nel verso opposto, lasciando tra loro gli spazi occupati dai cassettoni romboidali. Ne consegue un denso susseguirsi di curve che per Evans possono essere assimilabili a porzioni della cosiddetta *finestra di Viviani* [2], capaci di proiettare la vista dell'osservatore verso l'alto in una vertigine ininterrotta. Come poc'anzi ricordato, recenti studi, supportati da rilievi con scanner 3D, hanno fatto emergere nuove informazioni sulla natura di queste curve e avanzare nuove ipotesi che riguardano la costruzione e la trasposizione del disegno degli elementi decorativi sulla superficie voltata. Sara Galletti sostiene che, per scoprire la genesi delle curve sottese alla decorazione, bisogna ragionare nelle due dimensioni, in quanto la stereotomia, secondo l'autrice, è una disciplina prettamente bidimensionale [Galletti 2021, pp. 262-268]. L'ipotesi avanzata dalla studiosa è che la natura delle curve sia policentrica, ovvero composta da due archi di circonferenza aventi diametri differenti: i centri di questi archi vengono individuati attraverso la regola dei "trois points perdus" (tre punti perduti) illustrata nel trattato da de l'Orme [De l'Orme 1567, ff. 55r-56v]; una delle due circonferenze è tangente internamente alla proiezione ortogonale dell'oculo e secante la circonferenza d'imposta della volta in due dei diciotto punti in cui è stata precedentemente suddivisa, pari al numero di nervature distribuite sulla cupola; la seconda circonferenza è tangente alla prima nei suddetti due punti e inoltre, tangente internamente all'equatore della calotta sferica. Le curve così trovate vanno proiettate ortogonalmente sulla superficie sferica della cupola per ottenere, se così si può dire, l'asse delle nervature. Secondo Galletti, queste curve costituiscono la traccia per il disegno di ciascun costolone applicando ancora il metodo dei "trois points perdus" che va reiterato fino

al completamento dell'intero *épure* della decorazione. Nel campo della stereotomia si ha quasi sempre a che fare con superfici morfologicamente molto complesse, si tratta spesso volte di superfici non sviluppabili nel piano, come nel caso della sfera. Per queste ragioni si ricorre a strategie di riduzione della superficie di intradosso della cupola sferica a porzioni di coni sviluppabili, per definire le vere dimensioni delle singole facce che devono essere scolpite per ciascun concio. Nel caso specifico a questa difficoltà si aggiunge la trasposizione della decorazione che deve coincidere perfettamente per poter apparire continua ed uniforme. Galletti sostiene che de l'Orme abbia utilizzato una tecnica, vicina alla stereotomia islamica e spagnola, che gli ha permesso di trasferire il disegno su ogni singolo concio prima di essere posato, escludendo di fatto la realizzazione della decorazione post posa in opera di tutta l'apparecchiatura stereotomica.

Analisi della natura geometrica delle curve che caratterizzano la decorazione della cupola

Esclusa la relazione proiettiva tra apparato decorativo emisferico e i tracciati marmorei presenti sul pavimento, ci si è interrogati sulla genesi geometrica delle curve gobbe che caratterizzano i costoloni, supportati dal modello digitale [3]. In primis è stata verificata l'idea di Robin Evans, ipotizzando la genesi delle curve in esame riconducibile all'intersezione tra cilindri circolari retti e sfera. Considerando la canonica costruzione dell'ippopedo, quella che prevede di fissare il diametro della circonferenza di base del cilindro pari al raggio della sfera, non sono state ottenute curve simili a quelle dei costoloni. Si è pensato quindi di variare la dimensione della base in modo tale da renderla tangente all'equatore della cupola e, al contempo, all'oculo dove si colloca la decorazione fitomorfa (fig. 04).

Anche questa verifica non ha dato i risultati sperati, ma prima di abbandonare l'ipotesi di Evans si è pensato di prendere in esame cilindri a base ellittica, posizionati in maniera analoga rispetto a quelli circolari descritti in precedenza (fig. 05).

Anche quest'ultimo tentativo si è rivelato infruttuoso, d'altro canto gioverà ricordare che Vincenzo Viviani (1622-1703) definì matematicamente la curva che ha preso il suo nome circa un secolo dopo la costruzione della Cappella. La fattualità temporale però non esclude che l'ippopedo non fosse già impiegato empiricamente ai tempi di de l'Orme negli ambienti dei lapicidi, studiato ad esempio attraverso i modelli lignei tanto decantati dallo stesso architetto nel suo trattato [Scolari 2005].

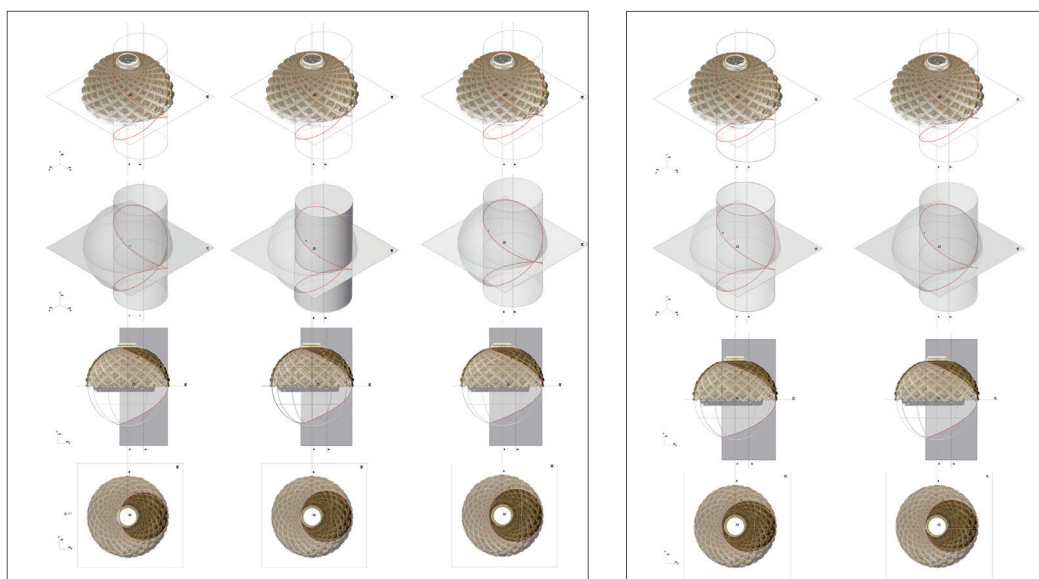


Fig. 04. Abaco delle diverse soluzioni adottate per verificare la corrispondenza tra le nervature della volta e le curve gobbe che si generano dall'intersezione di una sfera con un cilindro circolare retto. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

Fig. 05. Abaco delle diverse soluzioni adottate per verificare la corrispondenza tra le nervature della volta e le curve gobbe che si generano dall'intersezione di una sfera con un cilindro ellittico retto. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

Ipotizzando che il modello ispiratore di de l'Orme potesse derivare da una fascinazione verso l'astrolabica e la gnomonica, si è vagliata l'eventualità che le curve della volta emisferica potessero presentare delle analogie con i sistemi orari caratterizzanti i quadranti solari. In particolare, le curve dell'opera de l'ormiana ricordano quelle visibili nei sistemi orari italico e babilonico, ovviamente se calcolati su una superficie emisferica interna di una meridiana catottrica. I due sistemi, in voga all'epoca e spesso sovrapposti a quelli delle ore astronomiche e diseguali, prevedono entrambi la suddivisione del giorno in 24 ore, ma mentre quello italico considera il conteggio delle ore dal calar del sole, quello babilonico dal suo levare. La complementarità dei tracciati permetteva di conoscere il numero di ore mancanti al tramonto (sottraendo a 24 al valore dell'ora italica), e di sapere la durata del giorno chiaro (sottraendo 24 dall'ora babilonica). Tali curve si generano intersecando due fasci di piani, tra loro simmetrici, ad asse verticale e con centro di rotazione coincidente con il centro della sfera, con la superficie della cupola (fig. 06).

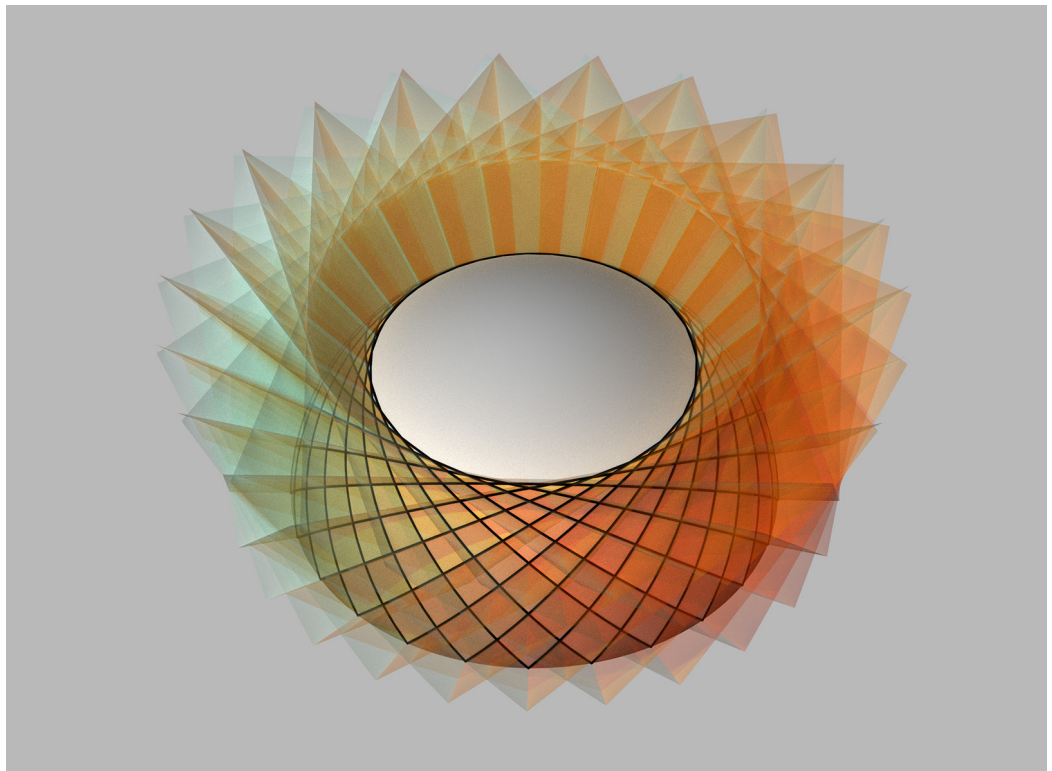


Fig. 06. Genesi geometrica, in un generico orologio solare, dei sistemi orari italico e babilonico se tracciati su una superficie emisferica. Elaborazione digitale A. Bortot

Per adeguarsi al disegno pavimentale il numero e l'inclinazione dei detti piani sono stati scelti in maniera da generare curve che avessero l'inizio, il centro e la fine il più possibile coincidenti con i tracciati pavimentali. L'ipotesi non è stata verificata dal confronto geometrico e quindi sono state passate al vaglio ulteriori curve gobbe.

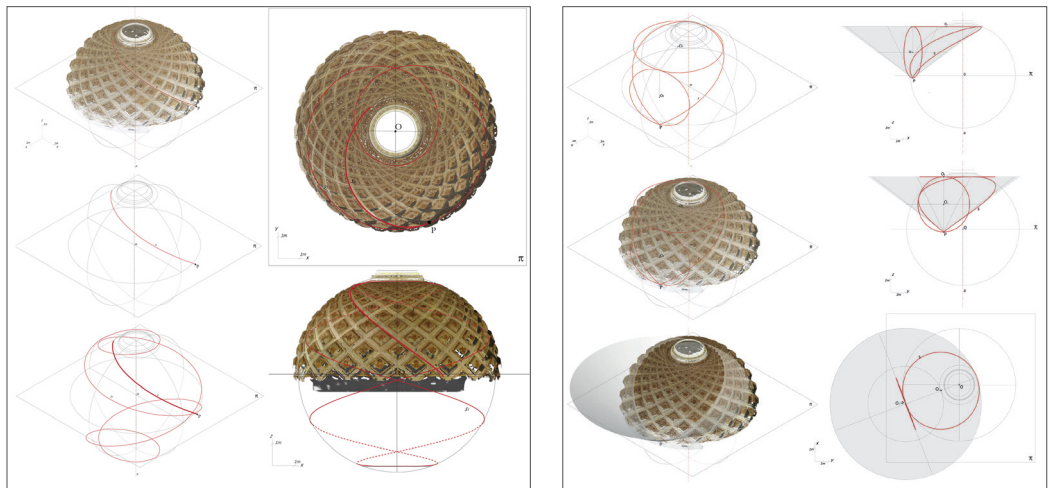
Non trascurando l'idea che le soluzioni stereotomiche relativamente alle superfici emisferiche possano essere state ispirate da altri ambiti di indagine [4], come quello dedicato al tracciamento delle rotte nautiche (in questo contesto ricordiamo le curve lossodromie e ortodromie), è stata investigata l'elica sferica. Come sappiamo, l'elica sferica (o *delia*) è determinata dalla traiettoria descritta da un punto P che si muove a velocità costante lungo un meridiano, che a sua volta ruota attorno all'asse polare. È stata quindi definita una curva *nurbs*, tracciata sulla *mesh*, il più possibile fedele all'andamento dei lacunari. Sono stati quindi disegnati paralleli e meridiani e, considerato l'angolo di incidenza della curva gobba precedentemente tracciata con quest'ultimi, si è notato come l'angolazione variasse sensibilmente

all'avvicinarsi della curva al polo. Il confronto tra l'andamento descritto della *nurbs* con l'elica sferica ottenuta in maniera analitica ha evidenziato l'incompatibilità delle due curve, escludendo anche quest'ipotesi (fig. 07).

Si è posta quindi l'attenzione sulla cicloide sferica, in particolare quella che proiettata su un piano orizzontale determina una cardiode. Come noto, la cicloide sferica deriva dal movimento di un punto appartenente ad una circonferenza verticale che ruota e si sposta attorno all'asse verticale della sfera seguendo una direttrice anch'essa circolare, ma posta sul piano orizzontale. La curva inoltre rappresenta l'intersezione di una sfera con un cono che ha il vertice sulla circonferenza soggetta al moto roto-traslatorio (fig. 08). Nel caso in esame la cicloide si racchiude su stessa e genera una curva con una sola cuspidale che si è rivelata prossima alla curva *nurbs* di riferimento tracciata in precedenza sulla *mesh* dei costoloni. L'indagine sulla cardiode ha suggerito di considerare curve generate dall'intersezione tra coni e sfera. Il risultato più fedele si è riscontrato intersecando la semisfera con un cono retto a base ellittica con vertice molto prossimo all'equatore (fig. 09). La curva gobba risultante segue quasi esattamente i profili dei cassettoni la cui definizione è avvenuta attraverso una serie polare dei detti coni ellittici (fig. 10).

Fig. 07. Verifica della corrispondenza delle curve della nervatura con un'elica sferica. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

Fig. 08. Verifica della corrispondenza delle curve della nervatura con una cicloide sferica. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.



Conclusioni

La cicloide nella sua forma planare era una curva nota all'epoca, i metodi per costruirla geometricamente erano stati infatti descritti da Albrecht Dürer (1471-1528) nel suo *Underweysung der Messung* (1525). Dal punto di vista matematico sarà invece Étienne Pascal a definirne la funzione, tanto che la curva è anche definita *Limaçon de Pascal* (1588-1651). Difficile pensare però che la sua forma come quadrica fosse controllabile geometricamente nelle tre dimensioni. Forse Philibert de l'Orme la visualizzò attraverso un modello fisico, per lui strumento privilegiato di progetto e controllo degli apparati stereotomici, come abbiamo già ricordato. In questa prospettiva di analisi la simulazione dei profili dei costoloni sarebbe potuta avvenire attraverso l'impiego di un modello in scala: una lampada ad olio posizionata sul piano d'imposta e al di sotto di un anello piatto in ottone avrebbe prodotto un cono luminoso e umbratile, la cui intersezione con la semisfera avrebbe evidenziato la curva in esame (fig. 11). In definitiva, sappiamo che tecniche skiografiche per la proiezione di immagini prospettiche e anche per il tracciamento di orologi solari erano oggetto di sperimentazione, spesso volte descritte all'interno dei numerosi trattati pubblicati in quegli anni. Per tali ragioni non ci sentiamo quindi di escludere a priori che uno strumento analogo a quello descritto potesse essere stato impiegato direttamente in cantiere per la definizione della scheletratura geometrica dell'apparato decorativo, supportato forse dall'impiego di funi a simulazione delle rette proiettanti.

Fig. 09. Verifica della corrispondenza delle curve della nervatura con quelle generate dall'intersezione tra un cono ellittico e una sfera. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

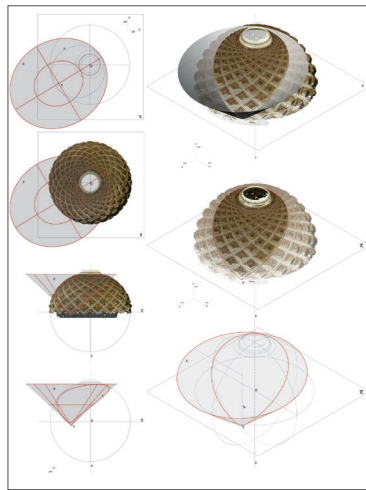


Fig. 10 Verifica della corrispondenza delle curve della nervatura con quelle generate dall'intersezione tra un cono ellittico e una sfera. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

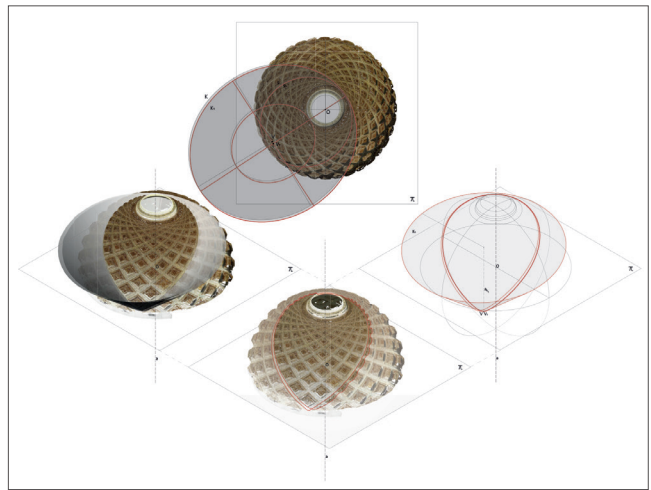
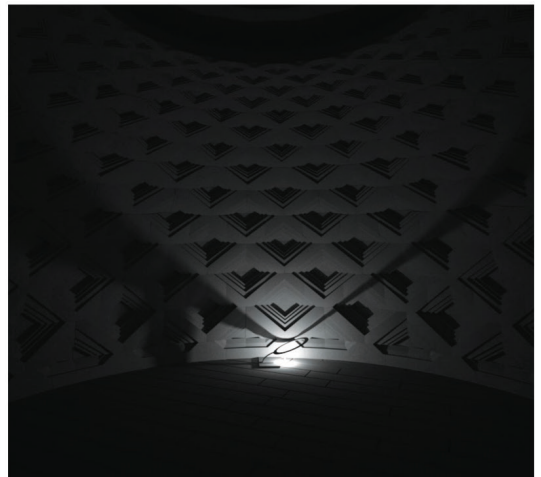
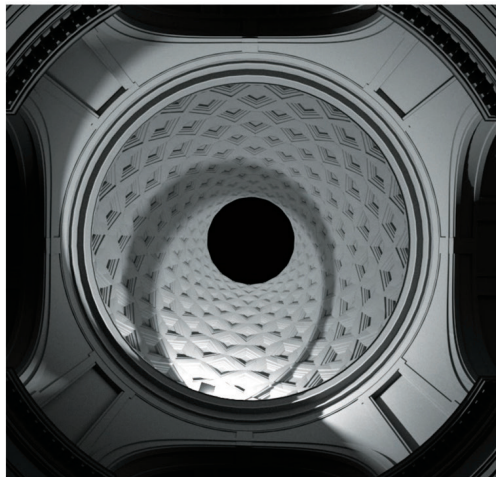


Fig. 11. Rendering di studio della verifica dell'ipotesi relativa alla proiezione skiografica per il tracciamento delle curve sulla superficie voltata. Elaborazione digitale E. Mattiuzzo, L. Scarpel.



Note

[1] Sui modelli architettonici si veda Blunt 1958; per le altre fonti si consulti Calandriello 2019 e Evans 1986, pp. 44-55.

[2] La *finestra di Viviani* è una curva sghemba che si ottiene dall'intersezione di un cilindro che attraversa una sfera ed è tangente al suo equatore, Evans la definisce anche *ippopedo*. Si veda Evans 1986, pp. 52-53.

[3] L'indagine è stata svolta in collaborazione con gli archh. Elena Mattiuzzo e Luana Scarpel nel corso della stesura della loro tesi di laurea. Mattiuzzo, Scarpel 2020.

[4] Su questo tema si veda ad esempio: Palacios Gonzalo 1987.

Riferimenti bibliografici

Blunt, A. (1958). *Philibert de l'Orme*. London: Zwemmer.

Calandriello, A. (2019). Terrestrial mirror, celestial mirror: the dome of Anet chapel. In Beraldi P. (a cura di). *Riflessioni l'arte del disegno/ il disegno dell'arte - The art of drawing/ the drawing of art*, pp. 1081-1086. Roma: Gangemi editore.

De l'Orme, P. (1567). *Le Premiere Tome de l'Architecture*. Paris: Federic Morel.

Evans, R. (1986). Traduzioni dal disegno all'edificio. In *Casabella*, n. 530, pp. 44-55.

Evans, R. (1997). *Translations from drawing to building and other essays*. London: Architectural Association.

Galletti, S. (2021). Philibert de L'Orme's Dome in the Chapel of the Château d'Anet: The Role of Stereotomy. In *Architectural History*, n. 64, pp. 253-284.

Mattiuazzo, E., Scarpel, L. (2020). *La cupola della Cappella di Anet: la stereotomia francese, fra geometria e pratica costruttiva*, tesi di laurea non pubblicata. Tesi di laurea in Architettura, relatore A. De Rosa, correlatori A. Bortot, A. Calandriello. Università luav di Venezia.

Palacios Gonzalo, J.C. (1987). La estereotomía de la esfera. In *Arquitectura*, n. 267, pp. 54-65.

Potí, P. (1996). *Philibert de l'Orme, figures de la pensée constructive*. Marseille: Parenthèses.

Scolari, M. (2005). *Il disegno obliquo. Una storia dell'antiprospectiva*. Venezia: Marsilio.

Autori

Alessio Bortot, Università di Trieste, alessio.bortot@iuav.it

Antonio Calandriello, Università luav di Venezia, acalandriello@iuav.it

Per citare questo capitolo: Bortot Alessio, Calandriello Antonio (2022). La cupola della Cappella di Anet: indagine sui tracciati tridimensionali/The dome of Anet Chapel: investigation on geometrical drawing. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 189-204.



The dome of Anet Chapel: investigation on geometrical drawing

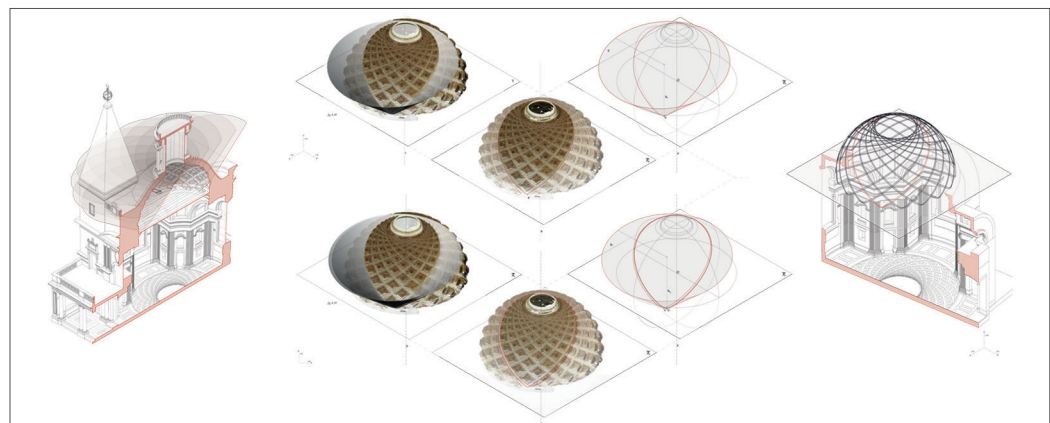
Alessio Bortot
Antonio Calandriello

Abstract

In 1986 Robin Evans (1944-1993) published in Casabella's (December n. 530) an article entitled *Traduzioni dal disegno all'edificio*, a work that was translated in 1997 for the text *Translations from Drawing to Building* by the same author. In this work he investigates the relationship between design and construction. Evans for the first time proposes an alternative study concerning the decoration of the dome of the Chapel of Anet, one of the greatest work of Renaissance stereotomy, designed by the French architect Philibert de l'Orme (1514-1570). The paper here presented intends to propose further considerations on the geometrical nature of this vertiginous decoration, based on new investigations obtained thanks to three-dimensional survey and the use of digital models.

Keywords

Philibert de l'Orme, Anet Castle, stereotomy, hunched curve, geometrical analysis



Analysis of the geometric genesis of the dome ribs of the Castle of Anet chapel. Drawings by: E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

Introduction

The Anet Castle is located in the north of France in the homonymous town. It is one of the few, and probably the most significant evidence of the skill and virtuosity of Philibert de l'Orme's stereotomic 'thought' (1514-1570). More in detail, in the chapel there is the concrete materialization of the "*pensée constructive*" mentioned by Philippe Potié (1954) in his *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive* [Potié 1996]. The building represents one of the most refined examples of the perfect union between formal beauty and tectonic research. The stereotomic 'vision' of de l'Orme finds in the whole of the Anet complex, and especially in the Chapel, the space to freely express all its experimental tendency.

The historical complex was built in the mid-16th century by the will of Diana de Poitiers (1500-1566), an influential lover of the King of France Henry II (1519-1559). The chapel was built between 1549 and 1552 and it was originally incorporated in the right area of the castle which is now destroyed. Its position is easily identifiable thanks to the characteristic pyramidal roofs of the two lateral towers and the lantern of the dome (fig. 01).

De l'Orme was able to organize in this small sacred space a curious plot of relationships between the vertiginous ribs of the dome and the decorative floor; in fact the curves on the ground seem to be the projection (or even the *épure*) of the ribs (fig. 02).

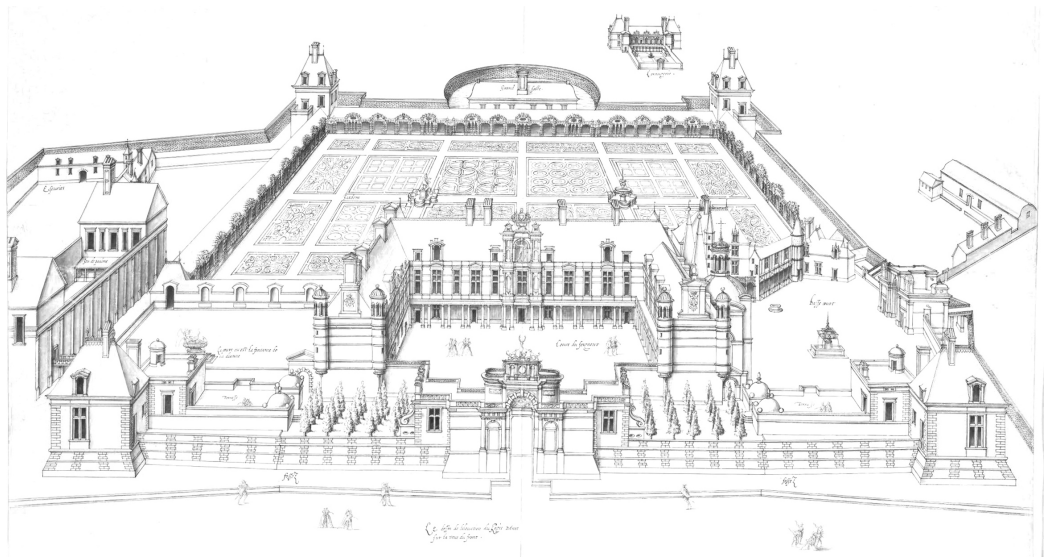


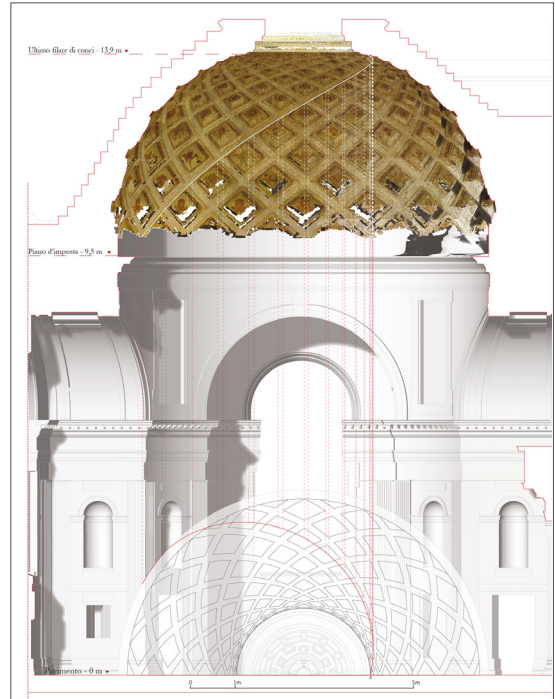
Fig. 01. Jacques Androuet du Cerceau, view of the castle of Anet, c. 1570. British Museum 1972 U.887; British Museum Creative Commons

The extraordinary charm characterizing this environment has always attracted the curiosity of many scholars, who have developed various researches in the attempt to reveal the ambiguous relationships between ceiling and floor; influenced by what de l'Orme stated in his treatise *Le Première Tome de l'Architecture* (1567). The architect claims to have created a decoration on the vault with *branches rampantes* which is perpendicularly reflected in the underlying flooring [De l'Orme, fol. 112]. This affirmation has conditioned several scholars, including Potié, who concluded that the decoration on the floor constitutes the *épure* or the preparatory full-scale drawing used in stereotomy to give shape to the individual ashlar [Potié 1996, pp. 114-124]. Robin Evans is one of the first supporters of the one-to-one mismatch between the floor design and the decoration of the dome. The scholar deduces it from a simple observation: counting the number of intersections of the ribs on the vault and those that are represented in the *opus sectile* of the floor; the result is not correct [Evans 1997, p.175]. In addition, recent studies confirm this, supported by three-dimensional surveys carried out by laser scanners which have allowed to compare the two elements with precision (fig. 03) [Calandriello 2019, 1081-1086; Galletti 2021, pp. 253-284].



Fig. 02. Castle of Anet, internal view of the chapel. Photo by A. Calandriello.

Fig. 03. Analysis of the orthogonal correspondence between the floor decoration and the vault. Digital processing E. Mattiuzzo, L. Scarpel.



With this regard, it seems reasonable to affirm that there is no projective relation between the two decorations. However it remains open the discussion on the reference models, architectural and otherwise [1], that inspired de l'Orme for the decoration. On the other hand, the debate is not yet concluded about how such an articulated decoration (integrated to the stone block that constitutes the stereotomic equipment) was built.

The intrados surface of the dome consists of a normal hemispherical dome, with a circular opening at the pole, similar to the Pantheon, but in the French case closed with a lantern on top. The decorative high relief is characterized by a complex lattice of diamond-shaped panels with curvilinear sides. The panels dimensions progressively decrease towards the top of the dome and by the ridges that divide them. It is therefore a 'ribbed' dome on whose intrados surface eighteen ribs 'screw' to the right, and the other eighteen in the opposite direction, leaving between them the spaces occupied by the rhomboidal coffers. The result is a dense succession of curves, for Evans comparable to portions of the so-called *finestra di Viviani* [2], able to project the viewer's sight upwards in an uninterrupted vertigo. As mentioned earlier, recent studies (supported by surveys with 3D scanners) have revealed new information on the nature of these curves, giving the chance to advance new hypotheses regarding the construction and transposition of the design of the decorative elements on the vaulted surface.

Sara Galletti affirms that to discover the genesis of the curves characterizing the decoration, we need to think in two dimensions, because in her opinion stereotomy need a two-dimensional key of analysis [Galletti 2021, pp. 262-268]. For the scholar the geometrical nature of the curves is polycentric, so it is composed by two arcs of circumference having different diameters: the centers of these arcs are identified through the rule of "*trois points perdus*" (three lost points) illustrated in the treatise by de l'Orme itself [De l'Orme 1567, ff. 55r-56v]. One of the two circumferences is internally tangent to the orthogonal projection of the oculus and secant the spring circumference of the vault in two of the eighteen points where it was previously divided (equal to the number of ribs distributed on the dome). The second circumference is tangent to the first in the aforementioned two points and also internally tangent to the equator of the spherical cap. The curves obtained in this way are projected orthogonally onto the spherical surface of the dome in order to achieve, so to speak, the axis of the ribs. According to Galletti, these curves represent the trace for the design of each rib,

again applying the “*trois points perdus*” method which must be repeated until the entire *épure* of the decoration is completed. In the field of stereotomy we often have to deal with very complex surfaces morphologically speaking, surfaces that cannot be developed in the plane, as in the case of the sphere. For these reasons, strategies are used to simplify the intrados surface of the spherical dome to portions of developable cones, to define the true dimensions of the individual faces that must be sculpted for each segment. In the examined case this problem is amplified by the transposition of the decoration which must perfectly coincide for appearing continuous and uniform. Galletti argues that de l’Orme used a technique, close to the Islamic and Spanish stereotomy, which allowed him to transfer the design of each individual segment before laying it, excluding the creation of the post-installation decoration of the whole stereotomic equipment.

Analysis of the geometrical structure characterizing the decoration of the dome

After having excluded the projective relationship between the hemispherical decorative apparatus and the marble traces present on the floor, we wondered about the geometric genesis of the hunched curves characterizing the ribs, supported by the digital model [3]. First of all, the idea of Robin Evans was verified, hypothesizing the genesis of the curves coming out from the intersection between straight circular cylinders and sphere. Considering the canonical construction of the *finestra di Viviani* (the one that fix the diameter of the cylinder base equal to the radius of the sphere) we have not obtained curves similar to those of the ribs. It was therefore decided to vary the size of the base in such a way as to make it tangent to the equator of the dome and, at the same time, to the oculus where the phytomorphic decoration is placed (fig. 04). Also this test did not give the desired results, but before abandoning the Evans hypothesis it was decided to consider cylinders with an elliptical base positioned in a similar way to the ones described before (fig. 05). Even this last attempt was unsuccessful. On the other hand it should be remembered that Vincenzo Viviani (1622-1703) defined mathematically the curve that took his name about a century after the construction of the chapel. The historical reality, however, does not exclude that the *finestra di Viviani* was already employed empirically at the time of de l’Orme in the environments of stonemasons, studied for example through the wooden models much appreciated by the architect in his treatise [Scolari 2005]. Assuming that the inspiring model of de l’Orme could have been deduced from a fascination for astrolabic and gnomonics, it has been considered the possibility that the curves of the hemispherical vault could present similarities with the hours systems characterizing the solar quadrants. More in detail, the curves of the work by de l’Orme are comparable to those visible in the Italic and Babylonian line systems, obviously if calculated on an internal hemispherical surface of a catoptric sundial. The two systems, adopted in the

Fig. 04. Abacus of the different solutions adopted to verify the correspondence between the ribs of the vault and the hunched curves that are generated by the intersection of a sphere with a straight circular cylinder. Digital processing E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

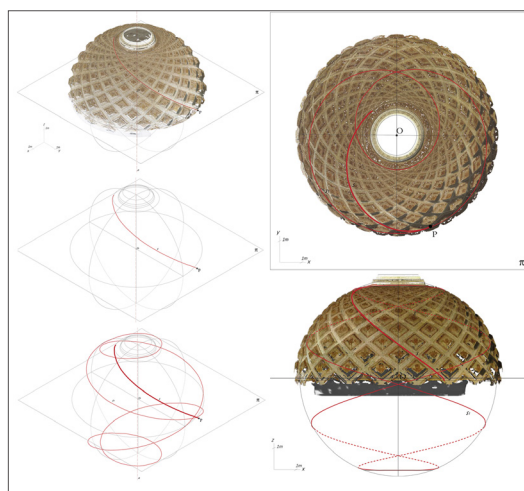
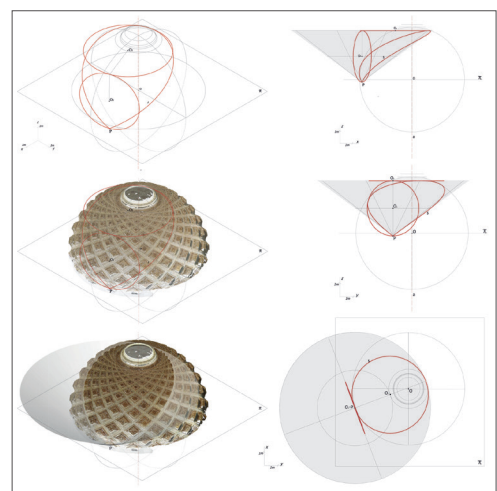


Fig. 05. Abacus of the different solutions adopted to verify the correspondence between the ribs of the vault and the hunched curves that are generated by the intersection of a sphere with a straight elliptical cylinder. Digital processing E. Mattiuzzo, L. Scarpel.



same period (often overlapped on those of astronomical and unequal hours), both provide the subdivision of the day into 24 hours: while the Italic one consider the counting of the hours from sunset, the Babylonian one start from the rising of the sun. The complementary nature of the paths made it possible to know the number of missing hours at sunset (by subtracting 24 from the value of the Italic hour), and to know the duration of the light day (by subtracting 24 from the Babylonian hour). These curves are generated by intersecting two sheaf of planes with the surface of the dome. These sheaf of planes are symmetrical to each other considering a vertical axis and with a center of rotation coinciding with the center of the sphere (fig. 06).

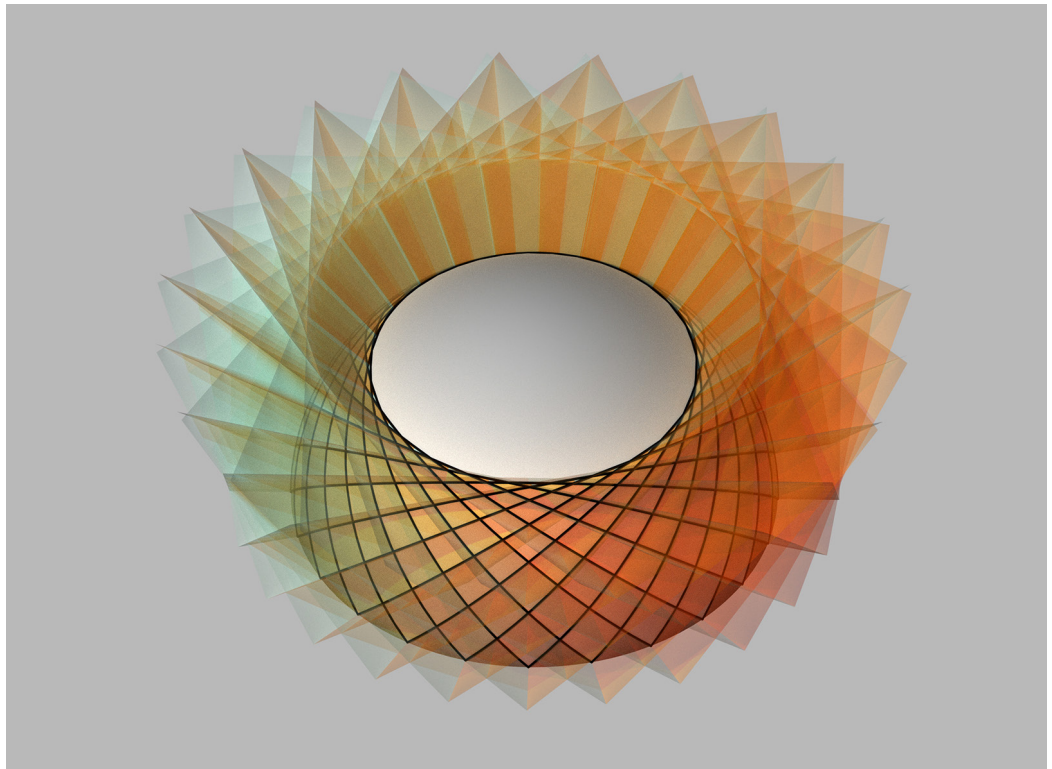


Fig. 06. Geometric genesis in a generic sundial of the Italic and Babylonian time systems if traced on a hemispherical surface. Digital processing A. Bortot

To adapt to the floor design, the number and inclination of these planes was chosen in such a way to generate curves that had the beginning, the center and the end as coincident as possible with the floor layouts. The hypothesis was not verified by the geometric comparison and therefore further three-dimensional curves were examined.

Not neglecting the idea that stereotomic solutions relating to hemispherical surfaces may have been inspired by other areas of investigation [4], such as the ones dedicated to the tracing of nautical routes (in this context we can quote loxodrome and orthodromy curves), the spherical helix has been considered. As we know, the spherical helix (or *clelia*) is determined by the trajectory described by a point P that moves at a constant speed along a meridian that rotates at the same time around the polar axis. A reference nurbs curve was then defined, drawn directly on the mesh, as near as possible to the profile of the ceiling coffer. Parallels and meridians were then drawn and considering the angle of incidence of the hunched curve previously traced with the latter, it was noted how the angle varied significantly as the curve approached the pole. The comparison between the described curvature of the nurbs with the spherical helix obtained analytically has highlighted the incompatibility of the two geometries, excluding in this way also this hypothesis (fig. 07).

Attention was therefore given to the the spherical cycloid, in particular the one that projected onto a horizontal plane creates a cardioid. As we known, the spherical cycloid derives from the

movement of a point belonging to a vertical circumference that rotates and moves around the vertical axis of the sphere following a direction that is also circular but placed on the horizontal plane. The curve also represents the intersection of a sphere with a cone that has the vertex on the circumference liable to the roto-translational motion (fig. 08). In the case examined, the cycloid encloses itself and generates a curve with a single pinnacle that is quite near to the reference nurbs curve drawn previously on the mesh of the ribs. The survey on the cardioid suggested considering curves generated by the intersection between cones and sphere. The most faithful result was found by intersecting the hemisphere with a straight cone with an elliptical base with a vertex very close to the equator (fig. 09). The resulting three-dimensional curve almost exactly follows the profiles of the ceiling coffer whose realization have been made through a polar series of afore mentioned elliptical cones (fig. 10).

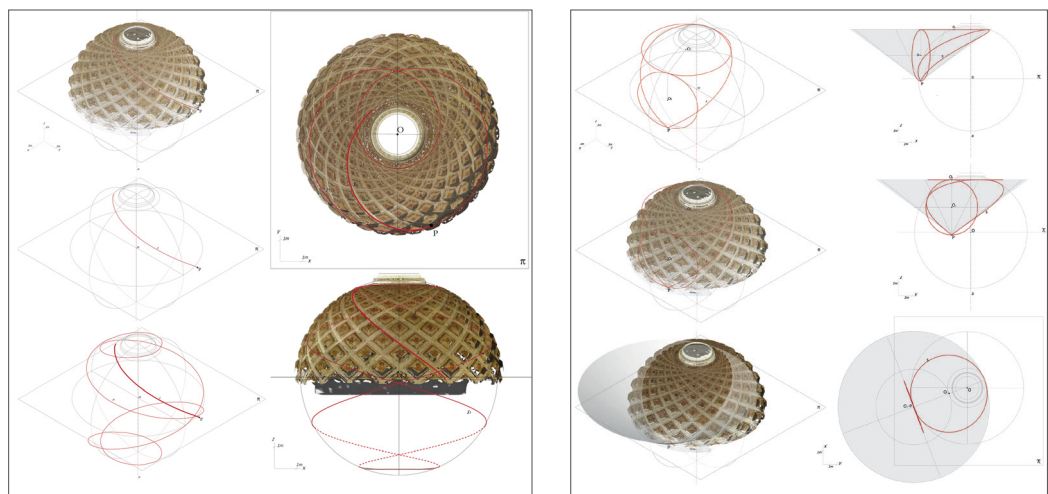


Fig. 07. Check of the correspondence of the rib curves with a spherical helix. Digital processing E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

Fig. 08. Check of the correspondence of the rib curves with a spherical cycloid. Digital processing E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

Conclusions

The cycloid in its planar form was a known curve at de l'Orme' time, the methods for constructing it geometrically were in fact described by Albrecht Dürer (1471-1528) in his *Underweysung der Messung* (1525). From a mathematical point of view, instead, it will be Étienne Pascal who will define its function, not by chance the curve is also defined as Limaçon de Pascal (1588-1651). However, it is difficult to think that its form as a quadric was geometrically definable in three dimensions. Perhaps Philibert de l'Orme visualized it through a physical model, for him a privileged tool for designing and controlling stereotomic systems, as we have already affirmed. From this perspective of analysis, the simulation of the rib profiles could have taken place through the use of a scale model: an oil lamp positioned on the springing line and below a flat brass ring would have produced a luminous cone and a shadow whose intersection with the hemisphere would have highlighted the curve (fig. 11). Finally, it can be notice that skiagraphic techniques for the projection of perspective images and also for the tracking of sundials were experimented, often described in numerous treatises published in those years. For these reasons we do not feel therefore to exclude *a priori* that a tool similar to the one described could have been used directly on site for the definition of the geometric skeleton of the decorative apparatus, perhaps supported by the use of wires simulating the projecting lines.

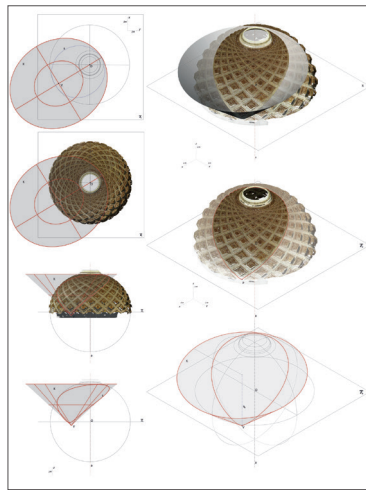


Fig. 09. Check of the correspondence of the rib curves with those generated by the intersection between an elliptical cone and a sphere. Digital processing E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

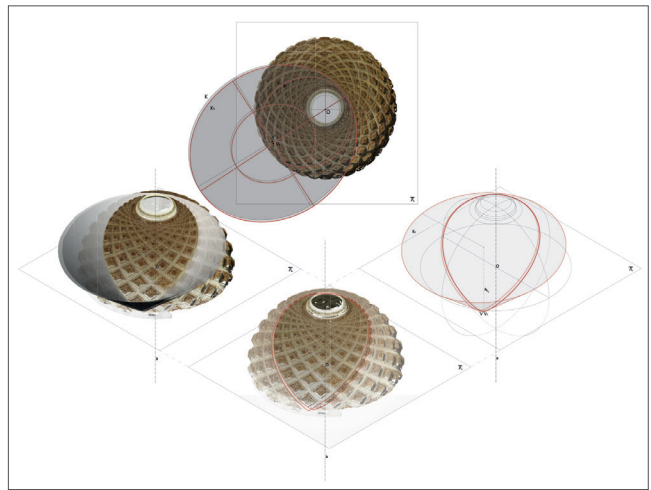


Fig. 10. Check of the correspondence of the rib curves with those generated by the intersection between an elliptical cone and a sphere. Digital processing E. Mattiuzzo, L. Scarpel.

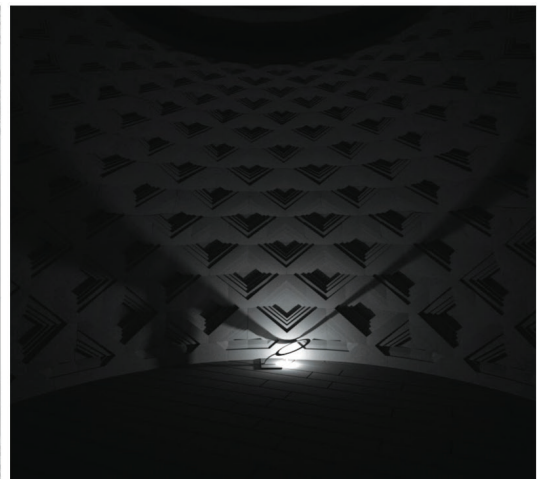
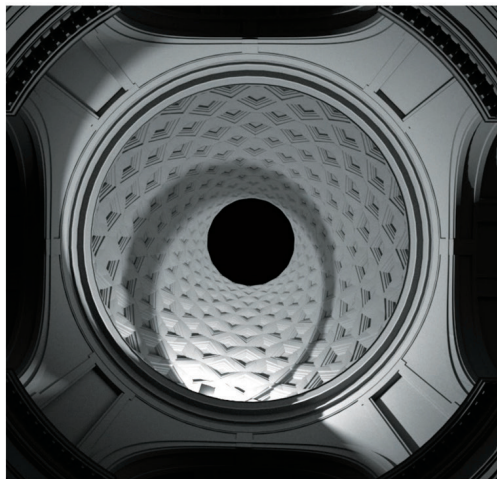


Fig. 11. Rendering of the hypothesis of skiagraphic projection for tracing the curves on the vaulted surface. Digital processing E. Mattiuzzo, L. Scarpel

Notes

[1] About architectural reference models see Blunt 1958; for other sources see Calandriello 2019 and Evans 1986, pp. 44-55.

[2] The *finestra di Viviani* is a skewed curve that is obtained from the intersection of a cylinder that crosses a sphere and is tangent to its equator, Evans also defines it as a *hippopede*. See Evans 1986, pp. 52-53.

[3] The survey was carried out in collaboration with the architects Elena Mattiuzzo and Luana Scarpel during the drafting of their degree thesis, (2020).

[4] On this topic see for example: Palacios Gonzalo 1987.

References

Blunt, A. (1958). *Philibert de l'Orme*. London: Zwemmer.

Calandriello, A. (2019). Terrestrial mirror, celestial mirror: the dome of Anet chapel. In Beraldi P. (a cura di). *Riflessioni l'arte del disegno/ il disegno dell'arte - The art of drawing/ the drawing of art*, pp. 1081-1086. Roma: Gangemi editore.

De l'Orme, P. (1567). *Le Premiere Tome de l'Architecture*. Paris: Federic Morel.

Evans, R. (1986). Traduzioni dal disegno all'edificio. In *Casabella*, n. 530, pp. 44-55.

Evans, R. (1997). *Translations from drawing to building and other essays*. London: Architectural Association.

Galletti, S. (2021). Philibert de L'Orme's Dome in the Chapel of the Château d'Anet: The Role of Stereotomy. In *Architectural History*, n. 64, pp. 253-284.

Mattiuazzo, E., Scarpel, L. (2020). *La cupola della Cappella di Anet: la stereotomia francese, fra geometria e pratica costruttiva*, tesi di laurea non pubblicata. Tesi di laurea in Architettura, relatore A. De Rosa, correlatori A. Bortot, A. Calandriello. Università luav di Venezia.

Palacios Gonzalo, J.C. (1987). La estereotomía de la esfera. In *Arquitectura*, n. 267, pp. 54-65.

Potí, P. (1996). *Philibert de l'Orme, figures de la pensée constructive*. Marseille: Parenthèses.

Scolari, M. (2005). *Il disegno obliquo. Una storia dell'antiprospectiva*. Venezia: Marsilio.

Authors

Alessio Bortot, Università di Trieste, alessio.bortot@iuav.it

Antonio Calandriello, Università luav di Venezia, acalandriello@iuav.it

To cite this chapter: Bortot Alessio, Calandriello Antonio (2022). La cupola della Cappella di Anet: indagine sui tracciati tridimensionali/The dome of Anet Chapel: investigation on geometrical drawing. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 189-204.