

# Storia della Cattedrale

**1294:** Un'assemblea di illustri cittadini Fiorentini, si riunisce nella chiesa di Santa Reparata e decide di "rimuovere e crescere la chiesa maggiore".

**1296:** Si cominciano le fondazioni.

**1300:** (Primo Aprile) Con solenne decreto **Arnolfo di Cambio** viene nominato capo maestro di S.M. del Fiore.

**1301:** Morte di **Arnolfo**. Egli lascia tracciate solo le fondamenta e alzate alcune mura. Rallentamento dei lavori per questioni politiche e civili.

**1331:** Il Comune di Firenze decreta che l'**Arte della Lana** abbia "in guardia l'opera di S. Reparata".

**1334:** (Aprile) **Giotto** viene eletto Maestro della chiesa di S.Reparata. (18 luglio) Vengono gettate le fondamenta del campanile.

**1337:** (8 gennaio) **Giotto** muore. Viene nominato capo maestro dell'opera del campanile **Andrea Pisano**.

**1348:** Morte di **Andrea Pisano**.

**1351:** **Francesco Talenti** riceve la nomina di capo maestro. Sempre nel corso di quest'anno, si ha notizia dell'arrivo nella città di Firenze, di marmi bianchi e rossi provenienti da Carrara e dal senese utili per il campanile.

**1355:** Il **Talenti** prepara un progetto che viene ben accolto da un consiglio di cento cittadini illustri.

**1357:** Si decide di dedicare più attenzioni alla cattedrale piuttosto che al campanile, e il 19 giugno, viene fatto il fondamento della prima colonna.

**1359:** I capi mastri crescono di numero: oltre al **Talenti** ricopre tale carica anche **Giovanni di Lapo Ghini**.

**1360:** Un cronista racconta che in quell'anno vengono deliberate le misure per la chiesa. Le finanze del comune si trovano in difficoltà.

**1364:** (Maggio) Viene "serrata" la prima volta. Viene inoltre deciso che ogni mese deve aver luogo un consiglio di maestri e di cittadini. Quindi il **Talenti** e il **Ghini** hanno ora un'autorità limitata. Nel consiglio si trovano cittadini illustri quali **Andrea Orcagna**.

**1366:** (13 agosto) Il consiglio si riunisce e decide di scegliere un nuovo progetto presentato da un gruppo di maestri e pittori.

**1368:** (15 dicembre) Si introduce il tamburo ottagonale con gli occhi circolari su cui è impostata la cupola innalzandola di circa 12 metri. Si realizza un modello che sancisce "una volta per tutte" le dimensioni e l'aspetto della cattedrale.

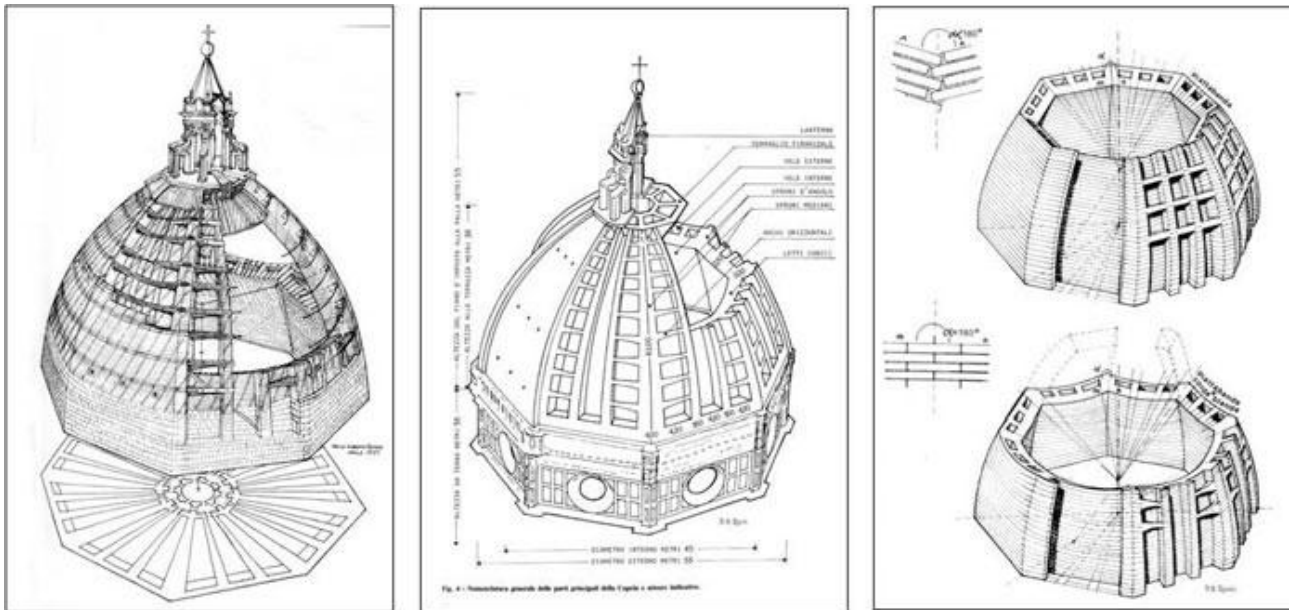
**1375:** Vengono distrutte le ultime mura di S. Reparata e sono cominciate le tribune.

**1380:** Si comincia a pensare agli arredi della cattedrale: il coro, le panche dell'altare, gli organi.

**1404:** Cominciano gli sproni. Il capo mastro si tiene più basso del dovuto e non osserva le debite misure. Quindi nel novembre di tale anno ebbe luogo un consiglio di maestri. Qui appare per la prima volta **Brunelleschi**.

**1405:** Come capomastro c'è **Jacopo di Piero Guidi** e con lui **Filippo di Ser Brunellesco** e **Lorenzo Ghiberti**.

**1405 – 1410:** Viene costruito il tamburo ottagonale di Santa Maria del Fiore.



## Storia della Cupola

Nel **1367** si modificarono le dimensioni di pianta e di alzata della cattedrale. Si ingrandirono quelle della base di imposta della Cupola, portandole alle dimensioni attuali ( 45 metri corrispondenti a 77 braccia a panno fiorentine di diagonale interna). Si introdusse il tamburo sotto la Cupola che, innalzandosi liberamente al di sopra del piano di copertura delle cappelle, denuncia con maggior efficacia il proprio ruolo nello schema formale.

Queste varianti, se da un lato resero più imponente il complesso della cattedrale fiorentina, dall'altro ne complicarono tutti i problemi costruttivi: si trattava infatti della più grande cupola del mondo da costruire in muratura, cioè di una delle più complesse strutture architettoniche che mente umana avesse concepito e iniziato a realizzare fino ad allora. La maggior difficoltà nella realizzazione è data dalla dimensione, dall'altezza del suo piano di imposta ( 55,70 metri dal suolo) e dalla forma poligonale (ottagono).

Queste caratteristiche rendono la Cupola unica nella storia dell'architettura, non confrontabile con altri monumenti. E' facile pensare che furono necessarie soluzioni particolari, per ogni problema specifico della sua edificazione: soluzioni che non poterono essere attinte dal patrimonio artigianale del tempo e dalle esperienze che fino ad allora si erano potute fare in campo architettonico.

Se la cupola di Santa Maria del Fiore è oggi un fatto compiuto lo dobbiamo solo alla genialità e alla tenacia di **Filippo Brunelleschi**. Fu lui a risolvere con l'invenzione di nuove tecniche costruttive, di

nuove macchine, ma soprattutto con il suo coraggio e la ostinazione tutte le incognite di tale costruzione. Si sa quanto ebbe a lottare contro l'arroganza e l'ignoranza dei costruttori più in vista del suo tempo e quanta incredulità le sue soluzioni innovative incutessero nei responsabili dell' **Arte della Lana**, preposti alla gestione dei lavori e dei capitali della Cupola.

Si pensa che l'unica proposta valida, nel concorso, sia stata quella di **Brunelleschi**, che fu accettata, perché faceva a meno delle armature e delle centine in legno. Questo aspetto, se da un lato era la causa principale dell'incredulità nei confronti della sua proposta, dall'altro riduceva enormemente i costi di costruzione. Fu proprio la possibilità di costi ridotti a convincere i responsabili della gestione del cantiere, gli "Operai dell'Opera di **Santa Maria del Fiore**" (così si chiamò ufficialmente la cattedrale dal 29 marzo 1412, anziché **Santa Reparata**), ad affidargli l'incarico, non senza preoccupazioni e perplessità.

Ci risulta che il **Brunelleschi** fosse più volte allontanato con la forza dai Consigli e dalle udienze per i fatti della Cupola e additato come «*somaro*» dai suoi concittadini. I quali però, vista l'impossibilità, i costi e le stravaganze delle soluzioni proposte dagli altri concorrenti, furono alla fine costretti ad affidargli l'incarico.

La tradizione e i biografi insistono sull'assenza di "centine" e di armature di sostegno.

Altre conferme del carattere innovativo della proposta del **Brunelleschi** e della sua "unicità" si deducono da un esame del concorso fatto su documenti pervenuti fino ai nostri giorni.

Il bando del concorso per la costruzione della Cupola fu reso pubblico il **19 agosto 1418**:

*"... deliberarono che per parte di detti Operai sia bandito pubblicamente per la città di Firenze, nei luoghi usitati, che chiunque ed in qualsiasi maniera voglia fare un modello o disegno per la volta della Cupola Maggiore di detta Chiesa di detta Opera, sia per l'armatura che per i ponteggi sia per qualsiasi altra cosa, sia per ogni altro ordigno pertinente alla costruzione conduzione e perfezione di detta Cupola e volta; Che si possa fare questo e sia fatto fino al mese di settembre prossimo futuro: ed in detto tempo dica se voglia dire qualcosa ai detti Operai, che gentilmente sarà ascoltato. Notificando..."*

La Cupola era dunque un dispositivo architettonico per il quale occorre nuove idee e nuovi artifici tecnici. **Filippo Brunelleschi**, come altri, realizzò un modello in mattoncini crudi.

Si cominciò quindi a costruire il modello il primo di settembre 1418 e fu terminata il 22 ottobre dello stesso anno. Evidentemente il maestro aveva partecipato con soli disegni ed idee al concorso ed in seguito a questo l'Opera gli concesse di costruire il modello, certamente per verificarne l'attendibilità.

Il 20 dicembre 1418 si effettuò uno stanziamento di lire dodici da assegnare ad "esperti nell'arte del murare"

La presenza di tre "supervisor" era sicuramente dovuta alla "originalità" e alla "unicità" del metodo di costruzione proposto da **Brunelleschi**, tanto insolito da meritarsi un rigido controllo da parte di persone di fiducia dei responsabili dell'Opera.

Per questo motivo sembra ragionevole sostenere che il **Brunelleschi** abbia veramente inventato un metodo costruttivo e che questo fosse così diverso dalle normali consuetudini da costituire un vero e proprio "segreto" in quanto la sua scoperta fu solo parzialmente resa nota e capita. Ne siano prova i

numerosi tentativi di analizzarne a fondo i dettami già in quel tempo. Anche **Lorenzo Ghiberti** (1378-1455) produsse un modello per il concorso, ma a quanto ci risulta l'Opera si limitò a fornirgli solo dei semplici manovali, "*senza controllarne la costruzione*".

Insieme al **Brunelleschi** troviamo **Donato di Niccolò di Betto Bardi** (Donatello, 1383-1466) e **Nanni d'Antonio di Banco** (1383-1422). Poiché i due erano rispettivamente un abile scultore e orafo e un pittore, è probabile che abbiano aiutato **Filippo Brunelleschi** nella decorazione dell'esterno del modello di mattoni crudi allo scopo di migliorarne il risultato estetico per meglio sostenere il confronto con quello di **Lorenzo Ghiberti** che, costando 300 fiorini d'oro, era certamente ben rifinito.

Con questo si giunse al marzo del 1420, quando un nuovo bando invitò maestri ed esperti a consigliare e a giudicare un modello definitivo.

I candidati alla vittoria del concorso furono i soli **Ghiberti** e **Brunelleschi** che, con i loro modelli, avevano eliminato tutti gli altri concorrenti.

In seguito abbiamo notizia di stanziamenti fatti per la costruzione di un unico modello della cattedra con la cupola. Il risultato del concorso fu quindi la nomina, a capomastri della Cupola, **Brunelleschi** e **Ghiberti** ai quali si aggiunse **Battista D'Antonio**.

Semberebbe giusto attribuire il progetto e la conseguente realizzazione della struttura ad entrambi, ma non sarebbe esatto. In tutti i documenti successivi e nei salari percepiti nel corso della costruzione della Cupola, **Filippo Brunelleschi** prevale su **Lorenzo Ghiberti**. L'assegnazione che i contemporanei fecero, e che la tradizione ha riportato, conferisce il merito dell'invenzione e della realizzazione della Cupola al solo **Brunelleschi**. La dedica del *De Pictura* nell'edizione in volgare, fatta da **Leon Battista Alberti** al **Brunelleschi** nel 1436, assegna a quest'ultimo il pieno ed esclusivo merito dell'impresa, relegando **Lorenzo Ghiberti** a semplice artista, anche se fra i più importanti di Firenze.

Il **Ghiberti** fu solamente, con tutta probabilità, un "guardiano" prudente voluto dall'autorità comunale per garantire con la sua provata diplomazia una forma di controllo su un personaggio ombroso e caparbio come il **Brunelleschi**.

Via via che le invenzioni e l'operato del maestro prendono forma, aumenta la fiducia e la stima nei suoi confronti, la figura del **Ghiberti** viene sempre più oscurata fino a sparire del tutto.

## La struttura della cupola

La tradizione vuole che **Brunelleschi**, nel corso della gara d'appalto, cercò in tutti i modi di imporre un cambiamento del progetto che modificasse l'originale cupola a sesto acuto a base ottagonale, in una a tutto sesto a base circolare; ma dovette arrendersi di fronte all'intransigenza dei membri dell'Opera e alle difficoltà concrete che derivavano dall'impostare una cupola circolare sul già esistente tamburo a forma di ottagono.

Le motivazioni alla base dell'opposizione ostentata da Brunelleschi non erano certo di natura formale. Egli, infatti, uomo del Rinascimento, aveva attentamente studiato gli edifici romani e aveva compreso il funzionamento spaziale delle cupole di rivoluzione (come quella del Pantheon), in particolare la loro capacità di autosostenersi durante la costruzione senza bisogno di armatura di supporto, e la distribuzione uniforme delle sollecitazioni derivante dalla simmetria radiale. Pur non

possedendo le cognizioni della moderna scienza delle costruzioni, grazie al suo genio e alla sua sensibilità statica, quindi, intuiva i problemi e le complicazioni che sarebbero derivate con la cupola ottagonale anziché rotonda.

In primo luogo il tamburo ottagonale d'imposta non offre un'uniforme resistenza nei confronti della spinta orizzontale che si produce per effetto del peso della cupola; in particolare esso risulta più debole nella mezzeria dei lati dell'ottagono dove è ipotizzabile lo sviluppo di sollecitazioni di flessione. Pertanto, preoccupazione principale di Brunelleschi fu quella di ridurre il più possibile il peso della cupola, cui risulta proporzionale la spinta sul tamburo. Questo obiettivo fu conseguito costruendo la volta, che ha uno spessore costante di **4,1 m**, non come un blocco monolitico, ma come una struttura scatolare costituita da **due calotte** separate da un'intercapedine di **110 cm**.

Le due calotte sono collegate tra loro da **24 costoloni**, di cui **16 interni** alle vele e **8 angolari**. I costoloni angolari (sproni) sono più spessi della cupola pertanto sono visibili all'esterno. Il collegamento è completato da **9 file di arconi orizzontali** che, impostati sulla calotta interna e sui costoloni angolari, sorreggono la calotta esterna più sottile, ottenendo in questo modo una struttura più leggera di una cupola monolitica, ma egualmente rigida. Dall'analisi della struttura ci si accorge, inoltre, che sia gli sproni angolari che i costoloni interni alle vele, pur appartenendo ad una volta di forma ottagonale sono disposti secondo giaciture radiali. E' come se Brunelleschi, non potendo dare alla cupola una forma circolare, abbia cercato di costruirla come se fosse tale.

La Cupola doveva essere curvata con una forma a «**quinto acuto**». La curvatura o forma della calotta prende il nome di «**sesto**». Il «**quinto acuto**» è la dimensione del raggio con cui si curva la calotta e corrisponde alla misura dei **quattro quinti** della diagonale dell'ottagono di base nella parte interna (il raggio è infatti **36 m** circa, corrisponde a **4/5** della diagonale interna dell'ottagono di base che misura **45 m**).

Da analisi e rilievi fatti sulla geometria della Cupola è risultato che **Brunelleschi** è estremamente preciso nel descrivere il «**sesto**» della struttura.

In pratica ci si trovava davanti a un enorme vuoto costituito dal piano di imposta ottagonale (**45 m** di diagonale interna), con l'imposta della Cupola situata a **55,70 m** circa dal pavimento sottostante. In mancanza delle centine, la struttura doveva essere definita punto per punto nel corso del suo sviluppo.

**Come si poterono fissare questi punti attraverso tale vuoto?**

**Come si riuscì a risolvere la geometria di una mole di quelle proporzioni in quelle condizioni di lavoro?**

Questi furono i veri problemi, così importanti da condizionare tutto il procedimento costruttivo.

L'armatura di una volta è costituita da una serie di dispositivi lignei che, opportunamente sagomati, la sostengono nel corso della costruzione.

Le armature hanno la funzione di sostenere le **centine** che servono a predefinire la curvatura della volta, guidando anche la messa in opera dei corsi di mattoni o di pietra e fornendo così un riferimento costante per le maestranze che la devono realizzare.

Nel caso della cupola di Santa Maria del Fiore questi dispositivi dovevano raggiungere i **90 m** di altezza con uno sviluppo radiale in pianta di almeno **20 m** per ogni armatura di spigolo. A queste eccessive dimensioni va aggiunto il carico di **25000 tonnellate** costituito dal peso proprio della Cupola.

Possiamo quindi concludere, come fu chiaro anche in occasione del concorso del 1418, che **queste strutture erano impossibili da realizzare**, non solo per l'enorme costo, ma soprattutto perché si sarebbero schiacciate alla base. L'impossibilità di impiegare questi dispositivi impose quindi l'adozione di un sistema costruttivo particolare, diverso da ogni altro fino ad allora adottato per la costruzione di strutture simili.

Per definire la geometria della Cupola con il solo ausilio di corde, è necessario disporre di un preciso piano di livello sul quale fare riferimento attraverso dei punti che servono da centri per le corde. Tale piano fu probabilmente realizzato in corrispondenza del piano d'imposta, sulla parte alta del tamburo ottagonale. Per la definizione geometrica della curvatura della cupola, ci si avvale di questo piano sul quale furono ritrovati i punti necessari da cui eseguire le misurazioni in sostituzione delle centine.

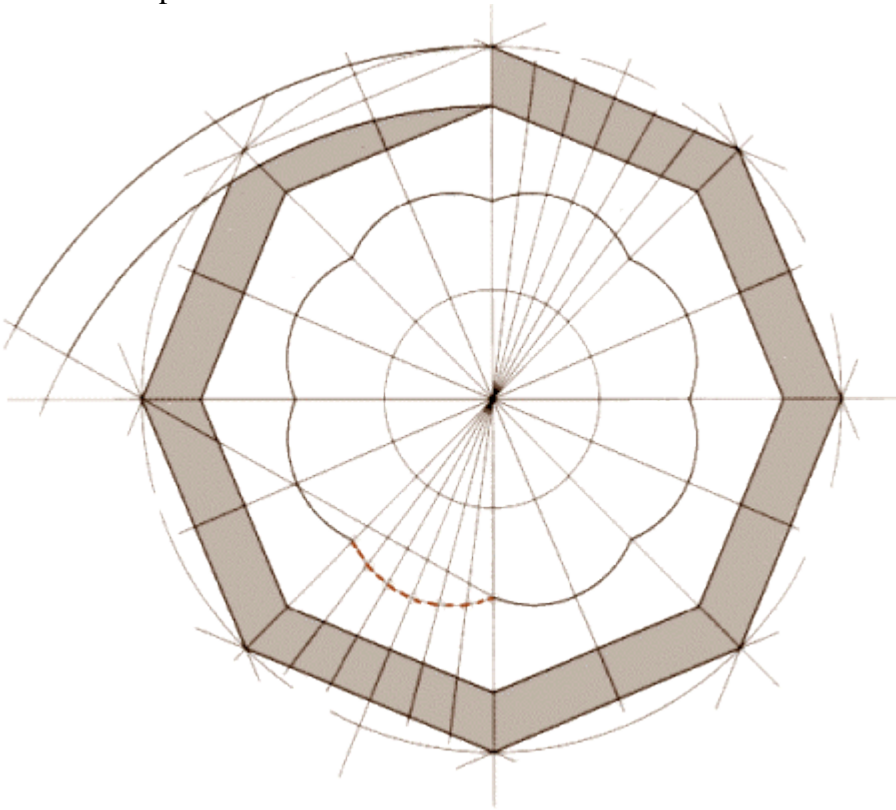
Dal punto di vista della geometria degli archi acuti, la centina che li definisce non è altro che una porzione di una circonferenza. A seconda di come si sceglie il raggio e la posizione del centro di rotazione (curvatura), l'arco assume una forma più o meno acuta. Brunelleschi non fece altro che calcolare prima di tutto questa curva e, in mancanza dell'armatura, diede corso alla costruzione di una struttura che fosse autoportante, cioè che si sostenesse da sola nel corso della costruzione. Una struttura di questo tipo presupponeva un incremento su superfici coniche dei letti di posa dei mattoni. Questa forma conica dei letti di posa è detta «**a corda blanda**». In pratica è proprio la forma di una **corda allentata**, che assume andamento non rettilineo a causa della sua freccia di inflessione.

Un altro problema da risolvere fu come definire l'assetto dei singoli mattoni, un problema che, su letti conici, è estremamente arduo.

Nella relazione sui lavori per la Cupola del 1425, si legge di uno strumento chiamato "**gualandrino a tre corde**" che doveva servire per murare i mattoni. Si trattava probabilmente di un dispositivo usato per piazzare il singolo mattone "capofila". Con l'adozione di procedimenti geometrici adeguati e del "**gualandrino**", il Brunelleschi sarebbe dunque riuscito a trasformare la difficilissima muratura conica della Cupola in un tipo di muratura più che tradizionale, rendendo facili le cose difficili, come ci ricorda la tradizione.

Altro interessante accorgimento utilizzato da Brunelleschi fu quello di disporre file di mattoni a "**spina di pesce**" ad intervalli regolari; anche per questo accorgimento egli fu in grado di costruire la cupola senza necessità di alcun tipo di "centina". Assicurando, infatti, all'intradosso della cupola delle sponde provvisorie tra due file di mattoni a spina di pesce emergenti dai piani di posa inferiori, egli evitò lo scivolamento dell'ultimo strato di mattoni posto in opera fintanto che la malta non

avesse fatto presa.



Sistema di riferimento per il tracciamento delle sezioni orizzontali delle vele della cupola, secondo la ricostruzione del Ricci. Il Brunelleschi avrebbe teso, fra le basi delle vele contrapposte, un sistema di cordicelle o fili di ferro. Sui fili, tesi orizzontalmente all'altezza del piano di imposta (a 55,7 m dal pavimento), definì un insieme di punti, disposti in modo da descrivere un arco di cerchio, uno per ogni spicchio (o "vela") della cupola. A ciascun punto dell'arco corrisponde un punto della vela contrapposta, per l'individuazione del quale si tendono tre cordicelle: due dai punti estremi dell'arco e una dal punto che gli corrisponde sull'arco (si veda la figura successiva). L'arco di cerchio tratteggiato si riferisce dunque alla vela antistante, e a una quota ben definita della vela: quanto maggiore è la quota di riferimento, tanto maggiore è il raggio di curvatura. I punti degli archi erano accessibili dal tavolato di servizio appoggiato alle mensole infisse nelle buche pontate, all'altezza del piano di imposta della cupola